

Лекція № 1

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Механічний рух. Відносність руху.

Мета заняття: Охарактеризувати завдання вивчення розділу „Механіка”, розкрити роль знань з механіки в інших науках, у техніці. Дати уявлення про механічний рух та основну задачу механіки. Показати, що механічний рух — одна із форм існування матерії, один з численних видів змін у природі. Сформулювати поняття матеріальної точки, поступального руху. ознайомити учнів зі структурою підручника. Розвиток мислення та інтересу учнів до набування фізичних знань.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Механічний рух. 2. Відносність руху. Траєкторія. Пройдений тілом шлях. Швидкість руху. Вимірювання швидкості. Види рухів
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Механіка - наука про механічний рух матеріальних тіл і взаємодії між ними, які при цьому відбуваються. Слово механіка походить від грецького «механікс» - хитрість.

Найважливіший висновок, який зробила наука в процесі свого розвитку: нерухомих тіл у природі немає. У науці говорять, що рух є абсолютним. Проте повсякденний досвід спонукає нас думати, що існує багато тіл, які є нерухомими. Коли ми йдемо дорогою, то дерева біля неї, як і будинки, здаються нерухомими, хоча насправді вони рухаються разом із обертанням Землі навколо її осі, рухаються разом із Землею по орбіті навколо Сонця і т. д.

Таким чином, наука вивчає не абсолютні (істинні) рухи тіл, а їх рухи відносно інших тіл, які цілком умовно вважаються нерухомими.

Ви вже маєте багато відомостей про рухи тіл, їх швидкості тощо з повсякденного життя, уроків фізики, природознавства, математики та інших предметів. Тепер перед вами все ширше розкривається світ рухомих тіл та їх взаємодій, які вивчає фізика.

1 Навчальне питання Механічний рух

Бажаючи описати стан фізичних тіл довкола нас, ми часто називаємо одні з них нерухомими, інші - рухомими.

Дерева в лісі чи садку, різні будівлі, каміння на дні струмка, мости, береги річок ми вважаємо, не вагаючись, нерухомими, а воду в річці чи струмку, літаки в небі, автомобілі, що їдуть дорогою, - рухомими.

Що дає підставу поділяти тіла на нерухомі й рухомі? Чим рухомі тіла відрізняються від нерухомих?

Коли ми говоримо про автомобіль, який рухається, то маємо на увазі, що в певний момент часу він був поруч з нами, а в інші моменти відстань між нами і автомобілем змінювалася, хоч ми залишалися на тому самому місці.

Нерухомі тіла протягом усього спостереження не змінюють свого положення відносно спостерігача.

Проведемо такий дослід. Розмістимо, наприклад, вертикально прапорці на столі на деякій відстані один від одного на одній прямій. Поставимо біля першого з них візок з ниткою і почнемо його тягти. Спочатку він переміститься від одного прапорця до другого, потім — до третього і т. д. Тобто візок змінюватиме своє положення відносно прапорців

Зміну положення тіла в просторі називають механічним рухом. Якщо певне тіло змінює своє положення в просторі, то про нього кажуть, що воно здійснює механічний рух. Коли такої зміни немає, то це тіло вважається нерухомим, тобто таким, що перебуває у спокої.

Механічний рух відносний. Механічний рух, як і спокій, відносний. Одне й те саме тіло може бути нерухомим відносно однієї тіла і рухомим відносно іншого.

Наприклад, водій автомобіля, який рухається дорогою, є рухомим відносно спостерігача, що стоїть на узбіччі, і нерухомим відносно пасажирів в салоні автомобіля.

Механічний рух - це зміна положення тіла відносно інших тіл. Отже, щоб описати механічний стан тіла, треба чітко знати, відносно яких тіл проводиться порівняння. Відповідно до цього можна дати інше означення руху.

Для опису механічного руху обирають тіло відліку. Тіло, відносно якого визначається положення даного тіла, називається тілом відліку. Вибір тіла відліку може суттєво змінити опис стану тіла. Переконаємося в цьому на такому прикладі.

Розмістимо на столі довгий візок, а на нього поставимо короткий (мал. 2). Притримуючи короткий візок, переміщуватимемо довгий візок. Його положення змінюватиметься і відносно короткого візка, і відносно стола. Уявні спостерігачі, які стоятимуть на короткому візку і на столі, скажуть, що довгий візок здійснює механічний рух. Проте спостерігач, який стоятиме на

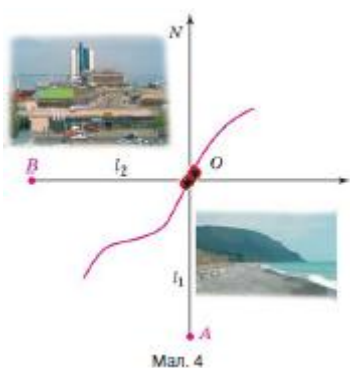
довгому візку, не знаючи, що його переміщують, скаже, що в стані механічного руху перебувають короткий візок і стіл.

2 Навчальне питання Відносність руху

Досліджуючи механічний рух, тіло відліку можна вибирати довільно, але звичайно його вибирають з міркувань зручності, щоб опис руху мав найпростіший вигляд. Зокрема, можна розглядати кілька різних тіл, з кожним з яких пов'язана своя система прямокутних координат з довільним орієнтуванням осей. Це дає можливість одночасно розглядати положення одного тіла в різних системах координат. Зрозуміло, що в різних системах координат положення того самого тіла може бути зовсім різним. Наприклад, положення автомобіля на шляху можна визначити, зазначивши, що він перебуває на відстані l_1 на північ від населеного пункту А (мал. 4). Водночас можна сказати, що автомобіль перебуває на відстані l_2 на схід від пункту В. Це означає, що положення тіла відносно: воно різне відносно різних тіл відліку і пов'язаних з ними систем координат.

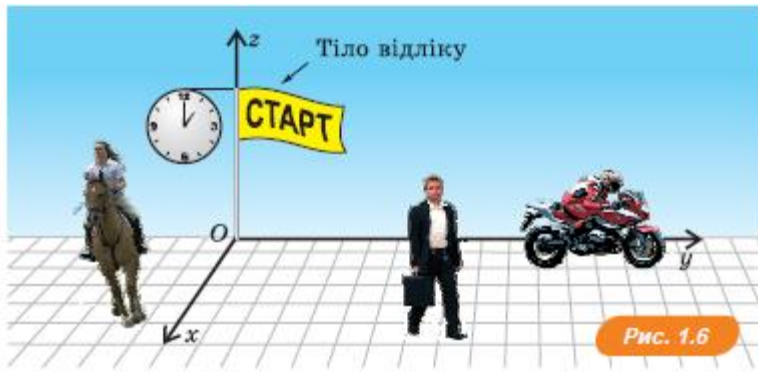
З відносності положення тіла впливає також відносність будь-якого механічного руху. У чому ж вона полягає?

Вибране тіло буде рухатись по-різному відносно інших тіл: людина, яка їде в потязі, відносно Землі рухається, а відносно вагону потяга перебуває у стані спокою. Літаки, що летять групою, перебувають один відносно одного у стані спокою, відносно Землі рухаються з великою швидкістю, наприклад км 900 год а відносно такої ж групи літаків, що рухаються у зворотному напрямі, вони рухаються зі швидкістю 1800 -км. год



Будь-який механічний рух і, зокрема, стан спокою тіла є відносними. Відповідаючи на запитання, рухається тіло чи перебуває у стані спокою, необхідно вказати, відносно яких тіл розглядається рух цього тіла. Безглуздо і неможливо розглядати якийсь «абсолютний безвідносно до певного тіла відліку».

Коли описують рух тіла, то завжди — явно чи неявно — мають на увазі рух цього тіла відносно якогось іншого тіла. Тіло, відносно якого розглядають рух усіх тіл у даній задачі, називають тілом відліку. Часто за тіло відліку приймають Землю. Наприклад, коли говорять: «Автомобіль їде зі швидкістю 100 км/год», мають на увазі швидкість автомобіля відносно Землі. Але якщо говорять, що пасажир їде по вагону зі швидкістю 4 км/год, мають на увазі швидкість пасажиря відносно вагона, тобто тілом відліку є вагон. Іноді без прямої вказівки на тіло відліку обійтися просто не можна: наприклад, фраза «ракета летить зі швидкістю 10км/с» буде незрозумілою, якщо не зазначити, відносно якого тіла розглядається рух ракети — Землі, Сонця чи іншої ракети. Положення тіла в даний момент часу задають за допомогою системи координат, пов'язаної з тілом відліку. А оскільки рух тіла характеризується зміною положення тіла з часом, для опису руху потрібен також годинник. Тіло відліку та пов'язані з ним система координат і годинник утворюють систему відліку (рис. 1.6).



Висновки

Щоб описати механічний рух і визначити його параметри - траєкторію, переміщення, пройдений шлях, швидкість тощо, треба насамперед обрати систему відліку і проаналізувати рух тіла або матеріальної точки відносно певного тіла відліку, яке обирається довільно. Тому в природі може існувати безліч систем відліку, і опис руху може одночасно здійснюватися в кожній з них. Наприклад, човен, що пливе річкою, рухається відносно її берегів, відносно теплохода, який пливе поруч, відносно автобуса, що їде мостом, відносно пішоходів, що йдуть берегом, і т. д.

Найчастіше систему відліку пов'язують з тілом, яке в даній ситуації вважається нерухомим: із землею, берегом річки, населеним пунктом, залізничною колією, стовпом на узбіччі дороги тощо. Така система відліку вважається нерухомою. З іншими тілами, що рухаються в нерухомих системах відліку рівномірно і прямолінійно, пов'язують рухомі системи відліку. Слід пам'ятати, що вдалий вибір системи відліку набагато спрощує розв'язування задачі.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Чим тіла, що рухаються, відрізняються від нерухомих?
2. Для чого вибирають тіло відліку?
3. Як впливає вибір тіла відліку на опис механічного руху?
4. Чому не можна описати рух, не вказавши часу?
5. Які прилади використовують для вимірювання шляху?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 2

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Рівномірний прямолінійний рух

Мета заняття: Розширити знання учнів про рівномірний прямолінійний рух. Сформулювати знання про швидкість як векторну фізичну величину, що характеризує швидкість зміни переміщення, а також уміння знаходити проекцію швидкості та розв'язувати основну задачу механіки для цього руху. Дати знання про швидкість як фізичну величину. Встановити залежність між шляхом, часом та швидкістю. Розвинути вміння графічно зображувати рівномірний рух. Ознайомити учнів із методами прямого вимірювання швидкості в науці і техніці.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Прямолінійний рівномірний рух. 2. Швидкість прямолінійного рівномірного руху. Одиниці швидкості. Розрахунок шляху й часу руху. Вимірювання швидкості. Графіки руху тіла
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Найпростішим є рівномірний рух тіла вздовж прямої в одному напрямі. З курсу фізики 8 класу ви знаєте, що прямолінійним рівномірним рухом називають такий рух уздовж прямої, під час якого тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить однакові шляхи. Дано інше визначення такого руху і з'ясуємо певні відмінності.

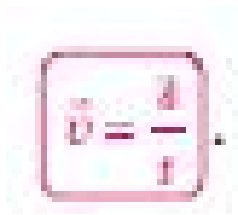
Прямолінійним рівномірним рухом називають рух уздовж прямої", під час якого тіло за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення. Обидва визначення прямолінійного рівномірного руху значною мірою еквівалентні щодо його ознак, але у другому визначенні фігурує векторна величина переміщення, на відміну від скалярного шляху, тобто у ньому враховано напрям руху тіла і тому нове визначення більш змістовне, оскільки дає змогу повніше і детальніше описати рух.

Дуже важливими у визначеннях прямолінійного рівномірного руху є те, що рівність шляхів, або переміщень розглядається за будь-які рівні інтервали часу. Якби цієї умови не було, то можна було б підібрати для прикладу такі рухи, для яких ознака рівності шляхів виконувалася б для вибраних рівних інтервалів часу, а протягом цих окремих інтервалів умова рівності шляхів-переміщень не виконувалася б. У цьому разі рух безумовно не був би рівномірним, хоча ознака рівномірності формально і виконувалася б. Умова визначення вимагає, щоб рівності переміщень виконувались, наприклад, і для інтервалів 0,01 с, і для інтервалів 1 с, і для всіх довільних, що лежать поза межами цих значень.

Вимога рівності переміщень тіла за будь-які рівні інтервали часу є дуже жорсткою, тому на практиці рівномірні рухи бувають рідко. Проте на прикладі цього найпростішого виду руху можна дослідити більшість характеристик механічного руху і використати їх для вивчення складніших рухів. Значною мірою прямолінійним і рівномірним рухом можна вважати рух металевої кульки у воді, дощових крапель, парашутиста під куполом парашута, транспортних засобів на окремих ділянках шляху.

1 Навчальне питання Прямолінійний рівномірний рух.

Порівнюючи рух різних тіл, користуються такими характеристиками, як повільно, швидко, які є якісними і відносними. Щоб порівняти різні рухи кількісно, треба порівняти, наприклад, переміщення різних тіл за одиницю часу. Якщо за і одиниць часу здійснено переміщення з то відносі відношення показує, яке переміщення здійснило тіло за одиницю часу. Це відношення називають швидкістю руху тіла і позначають малою латинською літерою V :


$$V = \frac{s}{t}$$

Швидкість прямолінійного рівномірного руху — це стала векторна величина, яка характеризує переміщення тіла за одиницю часу і визначається відношенням переміщення тіла до інтервалу часу, за який це переміщення відбулося. Знаючи швидкість руху тіла V можна визначити переміщення тіла за будь-який час t :


$$s = Vt$$

Напрямок швидкості рівномірного прямолінійного руху показує напрям руху тіла і збігається з напрямом переміщення тіла.

2 Навчальне питання Швидкість прямолінійного рівномірного руху

Прямолінійним рівномірним рухом називають такий рух тіла, під час якого воно за будь-які рівні відрізки часу робить рівні переміщення. Наприклад, таким є рух автомобіля по прямому шосе, коли стрілка спідометра (приладу, що показує швидкість автомобіля) «застигає» в одному й тому самому положенні. Прямолінійний рівномірний рух — найпростіший для вивчення. Природа теж любить простоту: як ми невдовзі побачимо, тіло рухається прямолінійно і рівномірно, якщо на нього не діють інші тіла.

Швидкістю V прямолінійного рівномірного руху називають фізичну величину, що дорівнює відношенню переміщення s до відрізка часу t , за який відбулося це переміщення:

$$\bar{v} = \frac{\bar{s}}{t}.$$

Як видно з означення, швидкість — величина векторна. Напрямок швидкості $\bar{v}$ збігається з напрямком переміщення $\bar{s}$, а модуль швидкості

$$v = \frac{s}{t},$$

де s — модуль переміщення. За умови прямолінійного рівномірного руху модуль переміщення s збігається зі шляхом l , тому в цьому випадку

$$v = \frac{l}{t}.$$

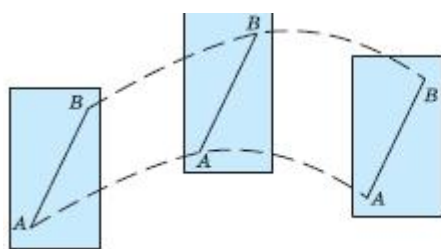
можна

записати,

що

Одиниця швидкості в СІ — 1 м/с. Це швидкість неспішної прогулянки. Ідучи з такою швидкістю, людина проходить за одну годину 3 600 м, тобто її швидкість дорівнює 3,6 км/год. Швидкість автомобілів і потягів задають зазвичай у кілометрах за годину. Швидкість ракет та штучних супутників Землі задають у кілометрах за секунду (км/с). Як ми побачимо в § 10. Закон всесвітнього тяжіння, швидкість руху штучного супутника Землі

Способи опису руху Поступальний рух. Матеріальна точка. Тіло може рухатись так, що під час руху всі його точки описують однакові траєкторії. Такий рух називається поступальним. Поступальний рух - це рух тіла, при якому пряма, яка сполучає дві будь-які його точки, при переміщенні тіла буде паралельною сама собі (мал. 13).



Мал. 13. Поступальний рух тіла

Оскільки при поступальному русі всі точки тіла описують однакові траєкторії, здійснюють однакові переміщення, рухаються з однаковими швидкостями, то, описуючи рух тіла, ми можемо розглядати його як точку. У фізиці прийнято говорити матеріальною точкою. Матеріальна точка - це тіло, розмірами і формою якого у певній задачі можна знехтувати, а всю масу тіла можна вважати зосередженою у точці. Слід зазначити, що одне й те саме тіло не завжди можна вважати матеріальною точкою. Наприклад, велосипедиста, який рухається по дорозі і долає відстань 1 км, можна вважати матеріальною точкою, але не можна - якщо треба визначити, на який кут він нахиляється при повороті.

Можна чи не можна вважати тіло матеріальною точкою - залежить не від розмірів тіла, а від поставленої задачі.

Надалі, якщо ми розглядатимемо поступальний рух тіла або рух тіла, розміри якого малі,

порівняно з довжиною пройденого шляху, то вважатимемо тіло матеріальною точкою. Відносність руху. Система відліку. Основною ознакою механічного руху тіла є те, що воно змінює своє положення. Щоб фіксувати зміну положення тіла у просторі, необхідно встановити, відносно чого відбувається саме ця зміна. Як ви, напевно, бачили, крім рухомих тіл є нерухомі. Не рухаються будинки, мости, дерева. Але не рухаються відносно чого? Відносно Землі, так - вони нерухомі, а відносно Сонця - вони обертаються навколо нього разом із Землею. Отже, відносність — важлива ознака механічного руху.

Поняття «рух» і «спокій» - відносні і залежать від обраної системи відліку. Для розв'язання будь-якої задачі про рух необхідно передусім вибрати систему відліку, в якій досліджуватиметься рух тіла.

Наприклад, автомобіль їде по дорозі. Положення автомобіля змінюється відносно дерев, будинків, що стоять на узбіччі. У цьому випадку дерево чи будинок можна вважати за тіло відліку, відносно якого розглядається рух автомобіля. Тілом відліку може бути й інший автомобіль, що їде по дорозі. Тіло відліку можна обирати довільно. Але для опису механічного руху тіла обрати тільки тіло відліку недостатньо. Ще необхідно фіксувати, як саме змінюється його положення відносно обраного тіла відліку. Для цього вибирають систему координат і прилад для вимірювання часу (найчастіше годинник). Як правило, початок координат суміщають з тілом відліку. У цьому разі зміна положення рухомого тіла відносно тіла відліку визначатиметься зміною його координат у часі. Кінематичні способи визначення положення тіла. Систему відліку в кінематиці вибирають, керуючись лише міркуваннями зручності для математичного опису руху. Наприклад, нам необхідно дослідити рух тіла, кинутого вертикально вгору. У такому випадку за тіло відліку зручно обрати землю і розглядати рух тіла відносно однієї вертикально направленої координатної осі (рух уздовж прямої). А якщо, наприклад, тіло кинути під кутом до горизонту, то його рух описуватиметься двома координатами (рух у площині). Рух тіла у просторі зазвичай описується трьома його координатами.

Сукупність тіла відліку, пов'язаної з ним системи координат і приладу для відліку часу утворює систему відліку.

Рівняння, яке встановлює залежність координат тіла (матеріальної точки) від часу називається кінематичним рівнянням (законом) руху.

Кінематика поступального та обертального рухів матеріальної точки Математично це записують так: $x = x(i)$; $y = y(i)$; $g =$

Дослідити рух тіла (зміну його положення у просторі з плином часу) можна і за його траєкторією.

Траєкторія — неперервна уявна лінія, яку описує тіло під час свого руху в обраній системі відліку.

Траєкторія руху деяких тіл може бути заздалегідь відомою, так само, як траєкторія руху потяга, що визначена залізничною колією, або траєкторія руху плота течією річки. Досить часто траєкторію руху тіла необхідно розрахувати, виходячи з інших характеристик руху. Наприклад, щоб запустити супутник, який обертатиметься навколо Землі, йому необхідно надати певної початкової швидкості.

Траєкторія руху може бути видимою (слід лижника, слід від пензлика на папері (мал. 14)) і невидимою (політ птаха).

Залежно від форми траєкторії розрізняють прямолінійний і криволінійний рух. Зрозуміло, що траєкторією прямолінійного руху тіла є пряма лінія. Траєкторії криволінійного руху можуть бути дуже складними і різноманітними. Але, як зазначалося, будь-який складний рух можна вивчити за допомогою простішого. Так, будь-який криволінійний рух можна подати як послідовність ділянок, що складаються з дуг кіл різних радіусів (мал. 15). Оскільки тіло відліку можна вибрати довільно, то траєкторія руху одного і того самого тіла відносно різних систем відліку буде різною. Наприклад, усі точки колеса велосипеда відносно його осі описують кола. Проте в системі відліку, пов'язаній із землею, ця лінія складніша — її називають циклоїдою (мал. 16).

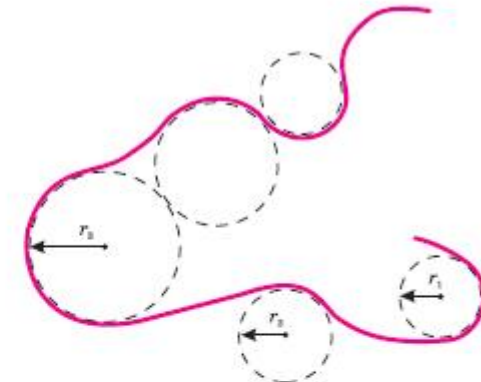
За траєкторією руху легко визначити шлях, пройдений тілом. Для цього необхідно виміряти

довжину траєкторії між початковим і наступним положеннями тіла. Шлях дорівнює довжині траєкторії, яку описує тіло за час руху. Довжина пройденого шляху позначається латинською літерою l . Одиницею шляху є метр, $[l] = 1 \text{ м}$.

Шлях - величина скалярна, тобто не визначає напрям і характеризується тільки числовим значенням довжини пройденого шляху. Якщо відомо, де розташовано тіло на початку руху, його траєкторія і пройдений шлях, то можна визначити, де буде тіло у кінці руху. Якщо траєкторія руху невідома і якщо не має значення, якою саме траєкторією рухається тіло, а важливо визначити зміну положення тіла у просторі з плином часу, тоді користуються поняттями «радіус-вектор» і «переміщення» (мал. 17).

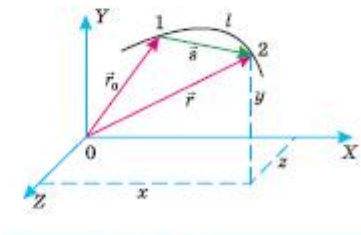
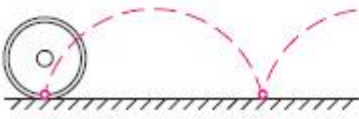


Мал. 14. Траєкторії руху тіл



Мал. 15. Моделювання траєкторії криволінійного руху

Мал. 16. Траєкторія точки колеса відносно землі



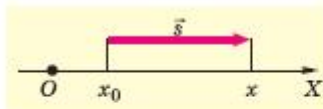
Мал. 17. Визначення положення тіла у просторі

Радіусом-вектором r точки називається вектор, що сполучає початок відліку з цією точкою. Наприклад, у початковий момент часу тіло перебуває у точці 1, положення якої визначається радіусом-вектором r_0 . Протягом інтервалу часу Δt тіло перемістилось у точку 2, положення якої визначається радіусом-вектором r . Зміну положення тіла можна визначити за пройденим шляхом або за переміщенням. Переміщення s - вектор, що сполучає початкове положення тіла з його положенням у вибраний момент часу.

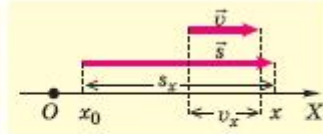
Висновки

Найпростішим видом механічного руху є рівномірний прямолінійний рух. Це такий рух, під час якого тіло, рухаючись уздовж прямої, за будь-які однакові інтервали часу здійснює однакові переміщення. Траєкторія такого руху - пряма лінія. Тому його можна описати зміною однієї з координат, наприклад $x = x(t)$, якщо систему відліку обрати так, щоб координатна вісь збігалася з напрямом руху. Нехай тіло в момент початку $t = 0$ руху знаходиться в точці з координатою x_0 (мал. 1.8); через деякий час, здійснивши переміщення s , воно матиме координату x . Переження тіла в просторі з часом, може відбуватися з різною

швидкістю. Швидкість рівномірного руху - це фізична величина, що дорівнює відношенню переміщення до часу, протягом якого воно відбулося:

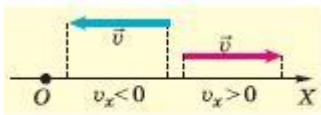


Мал. 1.8. Зміна координат тіла під час руху



Мал. 1.9. Проекції переміщення і швидкості на вісь OX

Оскільки переміщення s - векторна величина, а час t - скалярна, яка завжди більша за 0, то швидкість та координата на величину, напрям якої збігається з напрямом переміщення (мал. 1.9). У разі рівномірного руху значення швидкості і швидкості на вісь OX ті залишається сталим, оскільки за будь-які рівні інтервали часу здійснюються однакові переміщення. Як відомо, основною задачею механіки є визначення положення тіла в просторі у будь-який момент часу. Отже, щоб її розв'язати, треба знайти координати тіла або їх зміну в часі: $x = x(t)$. У механіці таке рівняння називається рівнянням руху. При розв'язуванні задач векторні фізичні величини, що характеризують рух тіла, записують у проекціях на відповідну вісь.



Мал. 1.10. Проекції вектора швидкості

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Який рух називають рівномірним? Наведіть приклади рівномірного руху.
2. Що показує швидкість тіла при рівномірному русі?
3. Виразіть у км / год такі швидкості: 0,5 м / с, 3 м / с, 20 м / с.
4. Виразіть у м / с такі швидкості: 3,6 км / год, 72 км / год, 108 км / год.
5. Яка швидкість більша: 15 м / с чи 36 км / год?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 3

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Швидкість руху. Закон додавання швидкостей
Мета	<u>Ввести поняття миттєвої, середньої та середньої шляхової швидкостей.</u>
заняття:	<u>Сформувати уявлення про нерівномірний прямолінійний рух, середню швидкість нерівномірного руху. Розвинути вміння визначати цю швидкість. Показати, що середню швидкість не можна розраховувати як середнє арифметичне швидкостей на різних ділянках шляху. Сформувати практичні навички знаходження середньої швидкості нерівномірного прямолінійного руху. Навчити учнів аналізувати графіки швидкості, шляху цього руху. Розвиток мислення та інтересу учнів до набування фізичних знань</u>

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, плакат

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Середня швидкість нерівномірного руху. 2. Нерівномірний рух Шлях і час при нерівномірному русі. Миттєва швидкість
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Найпростішим є рівномірний рух тіла вздовж прямої в одному напрямі. З курсу фізики 8 класу ви знаєте, що прямолінійним рівномірним рухом називають такий рух уздовж прямої, під час якого тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить однакові шляхи. Дало інше визначення такого руху і з'ясуємо певні відмінності.

Прямолінійним рівномірним рухом називають рух уздовж прямої", під час якого тіло за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення. Обидва визначення прямолінійного рівномірного руху значною мірою еквівалентні щодо його ознак, але у другому визначенні фігурує векторна величина переміщення, на відміну від скалярного шляху, тобто у ньому враховано напрям руху тіла і тому нове визначення більш змістовне, оскільки дає змогу повніше і детальніше описати рух.

Дуже важливими у визначеннях прямолінійного рівномірного руху є те, що рівність шляхів, або переміщень розглядається за будь-які рівні інтервали часу. Якби цієї умови не було, то можна було б підібрати для прикладу такі рухи, для яких ознака рівності шляхів виконувалася б для вибраних рівних інтервалів часу, а протягом цих окремих інтервалів умова рівності шляхів-переміщень не виконувалася б. У цьому разі рух безумовно не був би рівномірним, хоча ознака рівномірності формально і виконувалася б. Умова визначення вимагає, щоб рівності переміщень виконувались, наприклад, і для інтервалів 0,01 с, і для інтервалів 1 с, і для всіх довільних, що лежать поза межами цих значень.

Вимога рівності переміщень тіла за будь-які рівні інтервали часу є дуже жорсткою, тому на практиці рівномірні рухи бувають рідко. Проте на прикладі цього найпростішого виду руху можна дослідити більшість характеристик механічного руху і використати їх для вивчення складніших рухів. Значною мірою прямолінійним і рівномірним рухом можна вважати рух металевої кульки у воді, дощових крапель, парашутиста під куполом парашута, транспортних засобів на окремих ділянках шляху.

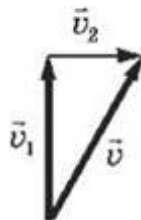
1 Навчальне питання Середня швидкість нерівномірного руху.

Відносність механічного руху полягає в тому, що вид траєкторії, шлях і переміщення залежать від вибору системи відліку.

Класичний закон додавання швидкостей:

швидкість тіла відносно системи, яку вважають нерухомою, дорівнює геометричній сумі швидкості тіла в рухомій системі відліку й швидкості власне рухомої системи відліку (рис. 9):

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 .$$



2 Навчальне питання Нерівномірний рух

Прямолінійним рівномірним рухом називають такий рух тіла, під час якого воно за будь-які рівні відрізки часу робить рівні переміщення. Наприклад, таким є рух автомобіля по прямому шосе, коли стрілка спідометра (приладу, що показує швидкість автомобіля) «застигає» в одному й тому самому положенні. Прямолінійний рівномірний рух — найпростіший для вивчення. Природа теж любить простоту: як ми недовго побачимо, тіло рухається прямолінійно і рівномірно, якщо на нього не діють інші тіла.

Швидкістю V прямолінійного рівномірного руху називають фізичну величину, що дорівнює відношенню переміщення s до відрізка часу t , за який відбулося це переміщення:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

Як видно з означення, швидкість — величина векторна. Напрямок швидкості $\vec{v}$ збігається з напрямком переміщення $\vec{s}$, а модуль швидкості

$$v = \frac{s}{t},$$

де s — модуль переміщення.

За умови прямолінійного рівномірного руху модуль переміщення s збігається зі шляхом l , тому в цьому випадку

$$v = \frac{l}{t}.$$

можна

записати,

що

Одиниця швидкості в 81 — 1 м/с. Це швидкість неспішної прогулянки. Ідучи з такою швидкістю, людина проходить за одну годину 3 600 м, тобто її швидкість дорівнює 3,6 км/год. Швидкість автомобілів і потягів задають зазвичай у кілометрах за годину. Швидкість ракет та штучних супутників Землі задають у кілометрах за секунду (км/с). Як ми побачимо в § 10. Закон всесвітнього тяжіння, швидкість руху штучного супутника Землі

Способи опису руху Поступальний рух. Матеріальна точка. Тіло може рухатись так, що під час руху всі його точки описують однакові траєкторії. Такий рух називається поступальним. Поступальний рух - це рух тіла, при якому пряма, яка сполучає дві будь-які його точки, при переміщенні тіла буде паралельною сама собі (мал. 13).

Оскільки при поступальному русі всі точки тіла описують однакові траєкторії, здійснюють однакові переміщення, рухаються з однаковими швидкостями, то, описуючи рух тіла, ми можемо розглядати його як точку. У фізиці прийнято говорити матеріальну точку. Матеріальна точка - це тіло, розмірами і формою якого у певній задачі можна знехтувати, а всю масу тіла можна вважати зосередженою у точці. Слід зазначити, що одне й те саме тіло не завжди можна вважати матеріальною точкою. Наприклад, велосипедиста, який рухається по дорозі і долає відстань 1 км, можна вважати матеріальною точкою, але не можна - якщо треба визначити, на який кут він нахилиється при повороті.

Можна чи не можна вважати тіло матеріальною точкою - залежить не від розмірів тіла, а від поставленої задачі.

Надалі, якщо ми розглядатимемо поступальний рух тіла або рух тіла, розміри якого малі, порівняно з довжиною пройденого шляху, то вважатимемо тіло матеріальною точкою.

Відносність руху. Система відліку. Основною ознакою механічного руху тіла є те, що воно змінює своє положення. Щоб фіксувати зміну положення тіла у просторі, необхідно встановити, відносно чого відбувається саме ця зміна.

Як ви, напевно, бачили, крім рухомих тіл є нерухомі. Не рухаються будинки, мости, дерева. Але не рухаються відносно чого? Відносно Землі, так - вони нерухомі, а відносно Сонця - вони обертаються навколо нього разом із Землею. Отже, відносність — важлива ознака механічного руху.

Поняття «рух» і «спокій» - відносні і залежать від обраної системи відліку. Для розв'язання будь-якої задачі про рух необхідно передусім вибрати систему відліку, в якій досліджуватиметься рух тіла.

Наприклад, автомобіль їде по дорозі. Положення автомобіля змінюється відносно дерев, будинків, що стоять на узбіччі. У цьому випадку дерево чи будинок можна вважати за тіло відліку, відносно якого розглядається рух автомобіля. Тілом відліку може бути й інший автомобіль, що їде по дорозі. Тіло відліку можна обирати довільно. Але для опису механічного руху тіла обрати тільки тіло відліку недостатньо. Ще необхідно фіксувати, як саме змінюється його положення відносно обраного тіла відліку. Для цього

вибирають систему координат і прилад для вимірювання часу (найчастіше годинник). Як правило, початок координат суміщають з тілом відліку. У цьому разі зміна положення рухомого тіла відносно тіла відліку визначатиметься зміною його координат у часі. Кінематичні способи визначення положення тіла. Систему відліку в кінематиці вибирають, керуючись лише міркуваннями зручності для математичного опису руху. Наприклад, нам необхідно дослідити рух тіла, кинутого вертикально вгору. У такому випадку за тіло відліку зручно обрати землю і розглядати рух тіла відносно однієї вертикально направленої координатної осі (рух уздовж прямої). А якщо, наприклад, тіло кинути під кутом до горизонту, то його рух описуватиметься двома координатами (рух у площині). Рух тіла у просторі зазвичай описується трьома його координатами. Сукупність тіла відліку, пов'язаної з ним системи координат і приладу для відліку часу утворює систему відліку.

Рівняння, яке встановлює залежність координат тіла (матеріальної точки) від часу називається кінематичним рівнянням (законом) руху. Кінематика поступального та обертального рухів матеріальної точки Математично це записують так: $x = x(i)$; $y = y(i)$; $z = z(i)$. Дослідити рух тіла (зміну його положення у просторі з плином часу) можна і за його траєкторією.

Траєкторія — неперервна уявна лінія, яку описує тіло під час свого руху в обраній системі відліку.

Траєкторія руху деяких тіл може бути заздалегідь відомою, так само, як траєкторія руху потяга, що визначена залізничною колією, або траєкторія руху плота течією річки. Досить часто траєкторію руху тіла необхідно розрахувати, виходячи з інших характеристик руху. Наприклад, щоб запустити супутник, який обертатиметься навколо Землі, йому необхідно надати певної початкової швидкості.

Траєкторія руху може бути видимою (слід лижника, слід від пензлика на папері (мал. 14)) і невидимою (політ птаха).

Залежно від форми траєкторії розрізняють прямолінійний і криволінійний рух. Зрозуміло, що траєкторією прямолінійного руху тіла є пряма лінія. Траєкторії криволінійного руху можуть бути дуже складними і різноманітними. Але, як зазначалося, будь-який складний рух можна вивчити за допомогою простішого. Так, будь-який криволінійний рух можна подати як послідовність ділянок, що складаються з дуг кіл різних радіусів (мал. 15). Оскільки тіло відліку можна вибрати довільно, то траєкторія руху одного і того самого тіла відносно різних систем відліку буде різною. Наприклад, усі точки колеса велосипеда відносно його осі описують кола. Проте в системі відліку, пов'язаній із землею, ця лінія складніша — її називають циклоїдою (мал. 16).

За траєкторією руху легко визначити шлях, пройдений тілом. Для цього необхідно виміряти довжину траєкторії між початковим і наступним положеннями тіла. Шлях дорівнює довжині траєкторії, яку описує тіло за час руху. Довжина пройденого шляху позначається латинською літерою l . Одиницею шляху є метр, $[l] = 1$ м.

Шлях - величина скалярна, тобто не визначає напрям і характеризується тільки числовим значенням довжини пройденого шляху.

Якщо відомо, де розташовано тіло на початку руху, його траєкторія і пройдений шлях, то можна визначити, де буде тіло у кінці руху.

Якщо траєкторія руху невідома і якщо не має значення, якою саме траєкторією рухається тіло, а важливо визначити зміну положення тіла у просторі з плином часу, тоді користуються поняттями «радіус-вектор» і «переміщення» (мал. 17).

Радіусом-вектором r точки називається вектор, що сполучає початок відліку з цією точкою. Наприклад, у початковий момент часу тіло перебуває у точці 1, положення якої визначається радіусом-вектором r_0 . Протягом інтервалу часу Δt тіло перемістилось у точку 2, положення якої визначається радіусом-вектором r . Зміну положення тіла можна визначити за пройденим шляхом або за переміщенням.

Переміщення s - вектор, що сполучає початкове положення тіла з його положенням у вибраний момент часу.

Висновки

Найпростішим видом механічного руху є рівномірний прямолінійний рух. Це такий рух, під час якого тіло, рухаючись уздовж прямої, за будь-які однакові інтервали часу здійснює однакові переміщення. Траєкторія такого руху - пряма лінія. Тому його можна описати зміною однієї з координат, наприклад $x = x(t)$, якщо систему відліку обрати так, щоб координатна вісь збігалася з напрямом руху.

Нехай тіло в момент початку $t = 0$ руху знаходиться в точці з координатою x_0 (мал. 1.8); через деякий час, здійснивши переміщення s , воно матиме координату x . Переження тіла в просторі з часом, може відбуватися з різною швидкістю. Швидкість рівномірного руху - це фізична величина, що дорівнює відношенню переміщення до часу, протягом якого воно відбулося:

Оскільки переміщення s - векторна величина, а час t - скалярна, яка завжди більша за 0, то швидкість та кожне її значення, напрям якої збігається з напрямом переміщення (мал. 1.9). У разі рівномірного руху значення швидкості v і швидкості на вісь Ox ті залишається сталим, оскільки за будь-які рівні інтервали часу здійснюються однакові переміщення. Як відомо, основною задачею механіки є визначення положення тіла в просторі у будь-який момент часу. Отже, щоб її розв'язати, треба знайти координати тіла або їх зміну в часі: $x = x(t)$. У механіці таке рівняння називається рівнянням руху. При розв'язуванні задач векторні фізичні величини, що характеризують рух тіла, записують у проекціях на відповідну вісь.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що таке нерівномірний рух? Наведіть кілька прикладів такого руху.
2. Що ми розуміємо під словами: „середня швидкість автомобіля дорівнює 70 км / год”?
3. Автомобіль проїжджав за кожну годину 80 км. Чи можна стверджувати, що його рух був рівномірним?
4. Опишіть нерівномірний рух, за якого кожні 4 хв тіло проходить 400 м.
5. Відома середня швидкість за повний проміжок часу. Чи можна знайти пройдений шлях за половину цього проміжку?
6. Як пов'язаний модуль середньої швидкості зі шляхом при прямолінійному русі в одному напрямку?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 4

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Вільне падіння тіл. Прискорення вільного падіння. Рівняння руху
Мета	<u>З'ясувати фізичну суть вільного падіння тіл, поглибити знання учнів про рівноприскорений рух; формувати знання про явище вільного падіння, прискорення вільного падіння; виробити вміння застосовувати знання про рівноприскорений рух до вільного падіння тіла до рухів тіла, кинутого вертикально вгору, горизонтально і під кутом до горизонту.</u>
заняття:	

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, модель

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Вільне падіння тіл, 2. Прискорення вільного падіння, 3. Вільне падіння, прискорення.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Прискорення вільного падіння (позначення g) — прискорення, яке отримує тіло, рухаючись під впливом сили тяжіння Землі. Воно однакове для всіх тіл, залежить від географічної широти місцезнаходження тіла, його висоти підняття над рівнем моря та інших факторів.

Прискорення — векторна фізична величина, похідна швидкості за часом та за величиною дорівнює зміні швидкості тіла за одиницю часу.

1 Навчальне питання Вільне падіння тіл

Прискорення вільного падіння не залежить від маси тіл, але сильно змінюється в залежності від маси самої планети (і навіть від положення на ній, від полюса до екватора), див. таблицю значень g для інших небесних тіл.

Для проведення розрахунків, згідно з рішенням третьої Генеральної конференції з мір та ваг у 1901 році, було прийняте стандартне значення прискорення вільного падіння $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$.

Прискорення вільного падіння також використовується як позасистемна одиниця виміру прискорення.

Падіння тіл є вільним лише в тому випадку, коли на тіло, що падає, діє лише сила тяжіння. Падіння тіл у повітрі можна приблизно вважати вільним лише за умови, що опір повітря незначний і ним можна знехтувати.

Рух тіл за умов, коли опором повітря можна знехтувати, називають вільним падінням.

Вільне падіння тіл першим досліджував Галілей і встановив, що тіла, які вільно падають, рухаються рівноприскорено з однаковим для всіх тіл прискоренням. Це наочно видно з такого досліду. Помістимо в довгу скляну трубку (один кінець якої запаяний, а на іншому вмонтовано кран для ізолювання об'єму трубки після відкачки повітря) три різні за масою предмети, наприклад, шротинку, пробку та пташину пір'їнку. Якщо трубку швидко перевернути, то на її дно спочатку впаде шротинка, потім пробка, а після цього — пір'їнка. Відбувається це тому, що в трубці міститься повітря, яке створює різний опір руху цих тіл. Якщо повітря з трубки викачати, то всі три тіла падають одночасно. Отже, у вакуумі всі тіла незалежно від їхніх мас падають з однаковим прискоренням.

Достеменно переконатися в тому, що вільне падіння тіл є рівноприскореним рухом, і водночас виміряти прискорення вільного падіння можна завдяки досліду з використанням методу стробоскопічного освітлення.

Численні досліді показують: якщо можна знехтувати опором повітря, то поблизу поверхні Землі всі тіла падають з постійним і однаковим прискоренням g , спрямованим униз.

Це прискорення називають прискоренням вільного падіння. Вимірювання показують, що поблизу поверхні Землі $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ (у різних точках земної поверхні залежно від географічної широти й висоти над рівнем моря числове значення g виявляється неоднаковим, змінюючись приблизно від $9,83 \text{ м/с}^2$ на полюсах до $9,78 \text{ м/с}^2$ на екваторі).

Поняття вільного падіння має широке значення: тіло здійснює вільне падіння не лише в тому випадку, коли його початкова швидкість дорівнює нулю. Якщо тіло кинуте вниз із початковою швидкістю v_0 , то воно при цьому також вільно падатиме. Навіть більше, вільне падіння не обов'язково являє собою рух униз. Якщо початкова швидкість тіла спрямована вгору, то тіло під час вільного падіння певний час летітиме вгору, зменшуючи свою швидкість, і лише потім почне падати вниз.

Під час підйому тіла його швидкість зменшується відповідно до формули. Отже, швидкість дорівнюватиме нулю через час. Досягши найвищої точки, тіло на мить зупиниться і почне рухатися з прискоренням вільного падіння. Швидкість тіла під час руху вниз збільшуватиметься відповідно до формули $v=gt$, де час t відлічується тепер від моменту, коли тіло перебуває в найвищій точці.

2 Навчальне питання Прискорення вільного падіння

Прискорення вільного падіння не однакове скрізь на Землі. Стандартне значення приблизно відповідає прискоренню падіння тіла на широті 45° і на висоті рівня моря. Відхилення від стандартної величини обумовлено низкою причин:

- Обертанням Землі. Внаслідок обертання Землі, за рахунок дії доцентрової сили, прискорення вільного падіння тіла на полюсах вище, ніж на екваторі.
- Формою Землі. Земля не ідеальна сфера, а має сплюснуту на полюсах форму.
- Висотою над рівнем моря.
- Неоднорідністю Землі.

Чисельне значення прискорення вільного падіння на невеликих висотах h (в метрах) над рівнем моря на географічній широті ϕ можна отримати з наступної формули.

3 Навчальне питання Вільне падіння, прискорення

Вільне падіння тіл — це окремий випадок прямолінійного рівноприскореного руху без початкової швидкості. Вільне падіння — це рух тіл у вакуумі під дією однієї сили — сили тяжіння. Прискорення при цьому однакове для всіх тіл. Цей факт підтверджується експериментально. Помістимо в трубку три різні предмети (свинцеву шротинку, корок і пташину пір'їнку). Потім швидко перевернемо трубку. Усі три тіла впадуть на її дно в такій послідовності: шротинка, корок і пір'їна (рис. 1). Так падають тіла тоді, коли в трубці є повітря. Якщо ж повітря з трубки відкачати насосом (рис. 2) і, закривши після відкачування кран, знову перевернути трубку (рис. 3), всі три тіла впадуть одночасно. Це й свідчить, що у вакуумі всі тіла падають з однаковим прискоренням.

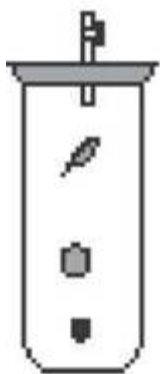


рис. 1



рис. 2

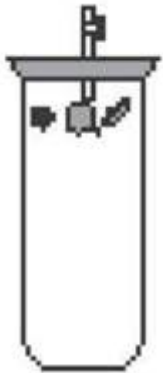


рис. 3

Приклади різних випадків вільного падіння (рис. 4)

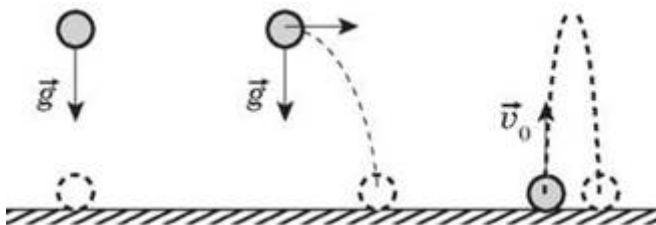


рис. 4

ВИСНОВОК

Способи вимірювання прискорення земного тяжіння (вільного падіння):

1. За допомогою математичного маятника шляхом вимірювання його довжини і періоду коливань T .
2. Вимірювання часу вільного падіння без початкової швидкості і використання формули:

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad g = \frac{2h}{t^2}.$$

Основні формули для вільного падіння без початкової швидкості:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \pm \vec{g}t; \quad h = \frac{gt^2}{2}; \quad v = \sqrt{2gh}.$$

Основні формули для тіла, яке у початковий момент мало вертикально напрямлену швидкість v_0 :

$\vec{v} = \vec{v}_0 \pm \vec{g}t; \quad h = v_{0t} \pm 0,5gt$ (знак «-» — для тіла, кинутого вертикально вгору, знак «+» — для тіла, кинутого вертикально вниз).

На прискорення вільного падіння впливають:

- обертання Землі навколо власної осі: максимальне значення на полюсах, мінімальне на екваторі;
- деформації Землі: на зменшення значення g_0 на екваторі впливає і те, що екваторіальний радіус Землі більший від полярного;
- значення g_0 більше на довільній широті, там, де містяться поклади залізної й інших важких руд, менше — над родовищами газу.

Рух тіла, кинутого вертикально вгору,— це рух з прискоренням вільного падіння, яке, як завжди, напрямлене вертикально вниз. Під час піднімання напрям швидкості протилежний до напрямку прискорення, отже, швидкість зменшується від початкового значення 0 до нуля. У цьому разі під час розв'язування задач можна початок координат осі Оу поєднати з початком положення тіла на поверхні Землі і спрямувати вісь вертикально вгору. Тоді загальне рівняння руху матиме вигляд:

$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Отже, якщо тіло, кинуте вертикально вгору з початковою швидкістю, його миттєва швидкість за модулем зменшується (під час піднімання до найвищої точки), і рух описується так:

$$v = v_0 - gt; \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}; \quad v^2 = v_0^2 - 2gh.$$

Максимальна висота піднімання $h_{\max}$ і час t_1 піднімання до цієї висоти:

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що називають вільним падінням?
2. Чому дорівнює прискорення вільного падіння?
3. Як напрямлене прискорення тіла, кинутого вертикально вгору, під час піднімання?
4. Тіло кидають вертикально вгору зі швидкістю 25 м/с. За який час тіло підніметься до найвищої точки?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 5

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Рівномірний рух тіла по колу

Мета заняття: Формувати знання про переміщення, шлях, швидкість і прискорення, про напрям миттєвої швидкості під час криволінійного руху, про період і частоту обертання тіла; порівняти переміщення, шлях, швидкість під час прямолінійного рівномірного, нерівномірного та криволінійного рухів; розповісти про широке застосування криволінійних рухів у техніці, сільському господарстві.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Рівномірний рух тіла по колу
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Найпростішим видом криволінійного поступального руху тіла є його рух по колу, коли всі точки цього тіла рухаються по однакових колах. Такий рух зустрічається досить рідко: так рухаються кабінки оглядових коліс у міських парках. Водночас будь-який складний криволінійний рух тіла на досить малій ділянці його траєкторії можна наближено розглядати як рівномірний рух по колу. Тому вивчати довільний криволінійний рух треба починати від простішого: вивчення рівномірного руху по колу. Прикладами рівномірного руху по колу можна наближено вважати: рух штучних супутників Землі, рух обертових частин у механізмах тощо.

1 Навчальне питання Рівномірний рух тіла по колу

Почнемо вивчення цього руху з важливої кінематичної величини — миттєвої швидкості. Миттєва швидкість у будь-якій точці криволінійної траєкторії руху тіла напрямлена по дотичній до траєкторії в цій точці.

У цьому можна переконатися, спостерігаючи за роботою на точилі. Якщо притиснути до обертового точильного каменя кінець сталеві дротини, то ви побачите, як розжарені частинки відриваються від каменя у вигляді іскор. Ці частинки летять з тією швидкістю, яку вони мали в момент відривання від каменя. Напрямок руху іскор збігається з дотичною до кола в тій точці, де дротина торкається каменя. По дотичній до кола рухаються також бризки від коліс автомобіля, що пробуксовує.

Модуль миттєвої швидкості під час рівномірного руху по колу з плином часу не змінюється. Рівномірним рухом по колу називають рух, під час якого тіло (матеріальна точка) за будь-які рівні проміжки часу проходить однакові відрізки дуг. Прикладами рівномірного руху по колу можна наближено вважати: рух штучних супутників Землі, рух частин, що обертаються в механізмах тощо. Швидкість такого руху матеріальної точки по лінії (колу) за модулем є сталою і в кожній точці кола напрямлена по дотичній.

Положення точки А, що рухається вздовж кола, визначають радіус-вектором $\vec{R}$, проведеним з центра кола О до цієї точки (рис. 1). Модуль радіуса-вектора дорівнює радіусу цього кола R.

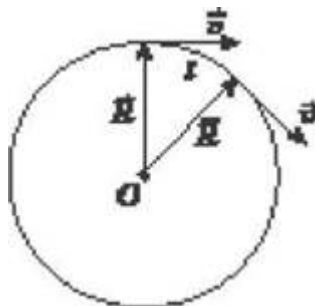


Рис. 1

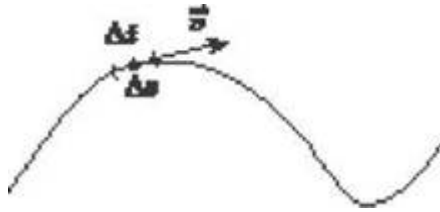


Рис. 2

Швидкість руху тіла по колу (лінійну швидкість) за аналогією з рівномірним прямолінійним рухом можна знайти за формулою:

$$v = \frac{l}{t},$$

де l — довжина дуги кола, пройденої матеріальною точкою за час t (рис. 2).

Нехай тіло здійснить один оберт по колу, тоді формула для визначення швидкості набуде вигляду:

$$v = \frac{2\pi R}{T},$$

де T — це час одного оберту по колу радіусом R . Цей час називають періодом обертання. Лінійну швидкість вимірюють у метрах за секунду (м/с).

Набагато частіше в природі й техніці зустрічається обертальний рух тіла, коли нерухомою залишається одна точка або сукупність точок, що лежать на осі обертання. Таким є рух дзиги, колеса нерухомого велосипеда, стрілок годинника тощо. Під час обертання навколо нерухомої осі O різні точки 1, 2, 3 тіла (рис. 3) матимуть різні лінійні швидкості v_1, v_2, v_3 , тому не можна говорити про швидкість тіла. Бажано знайти такі характеристики обертального руху тіла, які були б спільними, однаковими для всіх його точок.

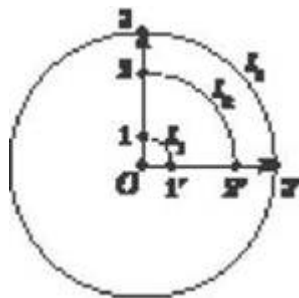


Рис. 3

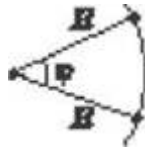


Рис. 4

Як видно з рис. 3, кожна з точок цього диска має свою лінійну швидкість, бо за один і той же час вони проходять відповідно відрізки дуг $l_1 > l_2 > l_3$. Однаковою для цих точок буде кутова швидкість обертання. Кутова швидкість ω точки, що рівномірно рухається по колу, чисельно дорівнює відношенню кута φ , на який повертається радіус-вектор, до часу t і залишається сталою:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

У фізиці кути вимірюють у радіанах (рад). Щоб знайти значення кута φ у радіанах слід провести з його вершини довільну дугу і знайти відношення довжини цієї дуги до радіуса R (рис. 4):

$$\varphi = \frac{l}{R}.$$

Отже, одиницею вимірювання кутової швидкості є 1 рад/с, що відповідає швидкості точки, яка обертається рівномірно й радіус-вектор якої за 1 с описує кут в 1 рад. А формула для одного оберту по колу набуде вигляду:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Величину, обернену до періоду обертання, називають частотою обертання і вимірюють кількістю обертів за одиницю часу ($[v] = 1/\text{с}$):

$$n = \frac{1}{T}.$$

Для довільної кількості обертів частоту обертання знаходять за формулою:

$$n = \frac{N}{t},$$

де N — кількість обертів, t — час обертання тіла.

Після підстановки виразу для частоти обертання маємо:

$$v = 2\pi Rn, \quad \omega = 2\pi n.$$

Знайдемо співвідношення лінійної і кутової швидкостей на підставі формули:

$$v = \omega R.$$

Оскільки лінійна швидкість змінюється за напрямом, то матеріальна точка, що рухається по колу, набуває прискорення. Прискорення тіла, яке рівномірно рухається по колу, у будь-якій його точці є доцентровим, тобто напрямлене по радіусу кола до його центра. У будь-якій точці вектор прискорення перпендикулярний до вектора швидкості. Цю особливість прискорення рівномірного руху по колу зображено на рис. 5.

Чому дорівнює модуль доцентрового прискорення? Числове значення (модуль) прискорення можна легко знайти з рис. 5.

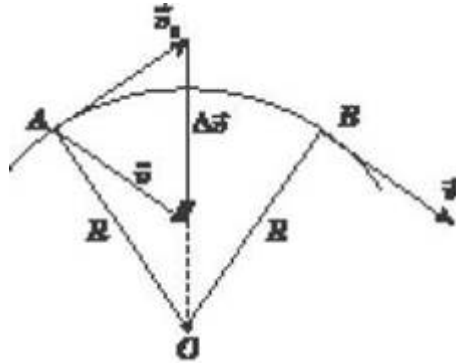


Рис. 5

Трикутник, утворений векторами v_0 , v і Δv , рівнобедрений, бо $v = v_0$. Трикутник OAB на рис. 5 також рівнобедрений, оскільки сторони OA і OB — радіуси кола. Кути при вершинах обох трикутників рівні, бо вони утворені взаємно перпендикулярними сторонами: $v_0 \perp OA$ і $v \perp OB$. Тому трикутники подібні як рівнобедрені з рівними кутами при вершинах. З подібності трикутників випливає пропорційність відповідних сторін:

$$\frac{\Delta v}{AB} = \frac{v}{R},$$

де v і Δv — модулі швидкості й зміни швидкості під час переходу з точки A в точку B, R — радіус кола. Якщо точки A і B дуже близькі одна до одної, то хорду AB не можна відрізнити від дуги AB. А довжина дуги AB — це шлях, пройдений тілом зі сталою за модулем швидкістю v . Він дорівнює vt . Тому можна записати:

$$\frac{\Delta v}{vt} = \frac{v}{R} \text{ або } \frac{\Delta v}{t} = \frac{v^2}{R}.$$

Оскільки інтервал часу t , що розглядається, дуже малий, то $\Delta v/t$ — це модуль прискорення. Отже,

$$a_n = \frac{v^2}{R}.$$

Інші вирази для доцентрового прискорення:

$$a_n = v\omega = R\omega^2 = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 n^2 R.$$

Таким чином, під час рівномірного руху по колу в усіх точках кола доцентрове прискорення за модулем однакове. Проте напрямлене воно завжди по радіусу до центра (рис. 6) так, що напрям прискорення від точки до точки змінюється. Тому рівномірний рух тіла по колу не можна вважати рівноприскореним.

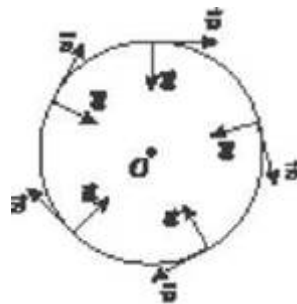


Рис. 6

Будь-який рух по криволінійній траєкторії можна подати як рух по дугах кіл різних радіусів. Одну зі складних траєкторій, за якою рухається тіло, і доцентрове прискорення тіла в різних її точках зображено на рис. 7:



Рис. 7

ВИСНОВОК

Отже, у будь-якій точці криволінійної траєкторії тіло рухається з прискоренням, напрямленим до центра того кола, частиною якого є ділянка траєкторії поблизу цієї точки. А модуль прискорення залежить від швидкості тіла та від радіуса відповідного кола.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Як напрямлена миттєва швидкість під час криволінійного руху?
2. Чим відрізняються зміни швидкості під час криволінійного і прямолінійного рухів?
3. Чи може тіло рухатися за криволінійною траєкторією без прискорення?
4. Чи можуть збігатися напрями векторів швидкості й прискорення під час криволінійного руху?
5. Який зв'язок між криволінійним рухом і рухом по колу?
6. Що називають лінійною швидкістю матеріальної точки? Як її виражають через кутову швидкість?
7. Як напрямлене прискорення тіла, що рухається по колу зі сталою за модулем швидкістю?
8. Чи можна вважати доцентрове прискорення сталим, а рівномірний рух по колу рівноприскореним?
9. Якщо під час руху тіла по колу модуль його швидкості змінюється, то чи буде прискорення тіла напрямлене до центра кола?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 6

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Період і частота обертання. Кутова і лінійна швидкість
Мета	формування уявлень студентів про особливості руху по колу; формування та
заняття:	вдосконалення знань про основні характеристики руху по колу, про зв'язок лінійних характеристик із кутовими; розвиток творчих здібностей студентів; виховання наполегливості у досягненні поставленої мети.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники, модель

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Період і частота обертання 2. Кутова і лінійна швидкість
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Найпростішим видом криволінійного поступального руху тіла є його рух по колу, коли всі точки цього тіла рухаються по однакових колах. Такий рух зустрічається досить рідко: так рухаються кабінки оглядових коліс у міських парках. Водночас будь-який складний криволінійний рух тіла на досить малій ділянці його траєкторії можна наближено розглядати як рівномірний рух по колу. Тому вивчати довільний криволінійний рух треба починати від простішого: вивчення рівномірного руху по колу. Прикладами рівномірного руху по колу можна наближено вважати: рух штучних супутників Землі, рух обертових частин у механізмах тощо.

1 Навчальне питання Період і частота обертання

У природі та техніці дуже часто зустрічається криволінійний рух. Він складніший за прямолінійний, тому що існує безліч криволінійних траєкторій. Але рух по будь-якій криволінійній траєкторії можна приблизно уявити як рух по дугах кола. По траєкторіях, які близькі до кола, рухаються планети, Місяць та штучні супутники Землі, точки коліс та деталі машин, що обертаються.

Рух тіла по колу характеризують такі величини:

1. **Період обертання тіла** — це час, за який тіло робить один повний оберт. Період обертання позначається літерою T та вимірюється у секундах. Для того щоб виконати один повний оберт, тіло повинно пройти відстань, яка дорівнює довжині кола (довжина кола дорівнює 2π , помножене на радіус кола). Тому для того щоб знайти період обертання, треба довжину кола поділити на швидкість руху тіла.
2. **Частота обертання тіла** — це число обертів за одиницю часу. Частота обертання позначається літерою ν та вимірюється в герцах. Для того щоб знайти частоту, треба одиницю поділити на період.
3. **Лінійна швидкість** — відношення переміщення тіла до часу. Для того, щоб знайти лінійну швидкість тіла по колу, необхідно довжину кола поділити на період обертання тіла.

2 Навчальне питання Кутова і лінійна швидкість

Рух точки по колу характеризується лінійною і кутовою швидкостями.

Лінійна швидкість руху точки по колу — це її миттєва швидкість, яка завжди напрямлена по дотичній в даній точці траєкторії. Якщо рух рівномірний, модуль миттєвої швидкості з часом не змінюється

Кутова швидкість — векторна величина, напрямлена вздовж осі обертання. Її напрям визначається за правилом свердлика. Усі кутова швидкість вимірюється в радіанах за

секунду ($\frac{\text{рад}}{\text{с}}$).

Модуль лінійної швидкості точки при рівномірному русі по колу

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r \nu,$$

де r — радіус кола траєкторії руху.

Модуль кутової швидкості ω точки, що рівномірно рухається по колу, — це величина, яка вимірюється відношенням кута повороту φ рухомого радіуса до інтервалу часу t , протягом якого відбувся цей поворот.

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Модуль кутової швидкості при рівномірному русі тіла по колу

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu.$$

Зв'язок між модулями лінійної і кутової швидкостей такий:

$$v = \omega r.$$

ВИСНОВОК

Отже, у будь-якій точці криволінійної траєкторії тіло рухається з прискоренням, напрямленим до центра того кола, частиною якого є ділянка траєкторії поблизу цієї точки. А модуль прискорення залежить від швидкості тіла та від радіуса відповідного кола.

Питання та завдання до контролю знань студентів

10. Як напрямлена миттєва швидкість під час криволінійного руху?
11. Чим відрізняються зміни швидкості під час криволінійного і прямолінійного рухів?
12. Чи може тіло рухатися за криволінійною траєкторією без прискорення?
13. Чи можуть збігатися напрями векторів швидкості й прискорення під час криволінійного руху?
14. Який зв'язок між криволінійним рухом і рухом по колу?
15. Що називають лінійною швидкістю матеріальної точки? Як її виражають через кутову швидкість?
16. Як напрямлене прискорення тіла, що рухається по колу зі сталою за модулем швидкістю?
17. Чи можна вважати доцентрове прискорення сталим, а рівномірний рух по колу рівноприскореним?
18. Якщо під час руху тіла по колу модуль його швидкості змінюється, то чи буде прискорення тіла напрямлене до центра кола?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 7

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Доцентрове прискорення тіла

Мета формування уявлень студентів про особливості руху по колу; формування та
заняття: вдосконалення знань про основні характеристики руху по колу, про зв'язок лінійних характеристик із кутовими; розвиток творчих здібностей студентів; виховання наполегливості у досягненні поставленої мети.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Доцентрове прискорення тіла
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

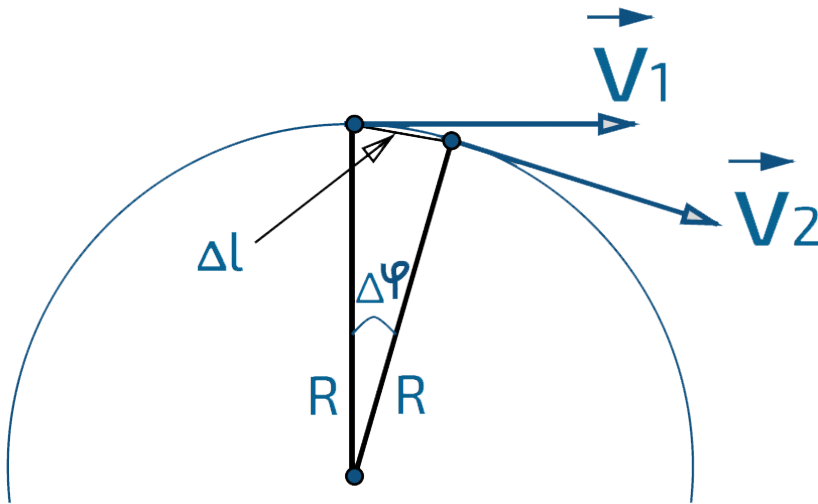
Навчальні матеріали лекції

1 Навчальне питання Доцентрове прискорення тіла

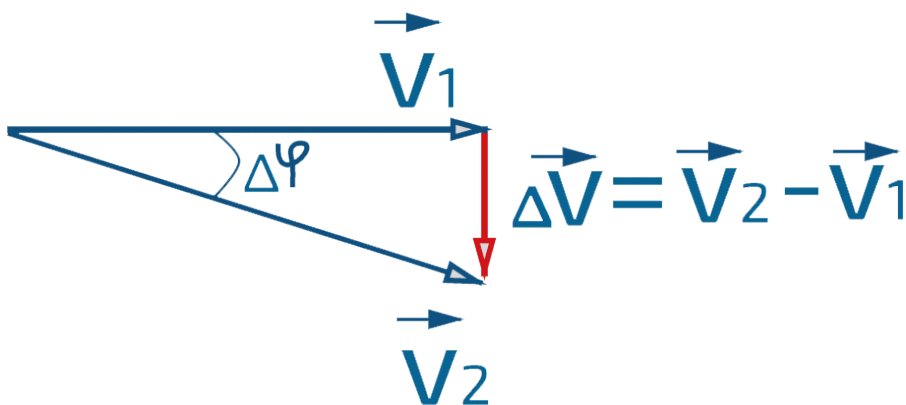
Цей підпункт для тих, хто зацікавлений у тому, як саме було отримано формулу для доцентрового прискорення. Тут буде трішки математичних концепцій, але навіть якщо ви поки що не маєте відповідних знань – не страшно. Я впевнений, що на рівні розуміння ви впораєтесь із цим виведенням. Ми з вами вже мали досвід у визначенні миттєвих величин у точці. Зараз нам потрібно визначити миттєве прискорення.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Цей математичний запис означає, що ми повинні розібратися з тим, як змінюється швидкість за дуже-дуже малий проміжок часу (саме це означає напис $\Delta t \rightarrow 0$). Зобразимо для наочності на рисунку зміну швидкості через умовно маленький проміжок часу.



Звертаємо вашу увагу на те, що, звичайно, візуалізувати надзвичайно маленький проміжок – неможливо, але можна наблизитись у розумінні того, що буде відбуватися під час подальшого зменшення проміжку, який ми розглядаємо. Розгляньмо зміну швидкості за цей час, тобто зведемо вектори $\vec{v}_1 \rightarrow \vec{v}_1 \rightarrow$ та $\vec{v}_2 \rightarrow \vec{v}_2 \rightarrow$ у одну точку.



Бачимо, що при виборі дуже малого проміжку часу вектор $\Delta \vec{v} \rightarrow \Delta \vec{v} \rightarrow$ буде наближатися до перпендикуляра до швидкості у точці. Отже, з напрямом більш-менш розібралися. Тепер подивімося на дані трикутники. У нас є трикутник (верхній рисунок), що утворений двома радіусами та хордою Δl , і трикутник з векторною різницею швидкостей (нижній рисунок). Ви вже помітили, що в обох випадках маємо кут $\Delta \varphi$. При наближенні малих кутів ці трикутники – подібні. Трикутники, які, по суті, є змаштабованою копією одне одного. Це означає, що

співвідношення між сторонами одного трикутника дорівнює співвідношенню між відповідними сторонами іншого.

$$\Delta v \approx \Delta l R \Delta v = v R \Delta l \Delta v \approx \Delta l R \Delta v = v R \Delta l$$

Щоб отримати прискорення, нам потрібно поділити Δv на маленький проміжок часу Δt . Ділимо обидві частини рівняння:

$$a_d = v R \Delta l \Delta t \quad a_d = v R \Delta l \Delta t$$

Також важливим є те, що з наближенням проміжку часу до нуля довжина Δl чимраз більше наближується до довжини дуги між двома точками. А довжина дуги, поділена на час, за який ця дуга була пройдена, – визначає лінійну швидкість v : $v = \Delta l / \Delta t$: $v = \Delta l / \Delta t$.

Отже, маємо:

$$a_d = v^2 R \quad a_d = v^2 R$$

Аналіз формули: Чим більша швидкість, тим більшим повинним бути доцентрове прискорення. Інтуїтивно зрозумілий такий момент: чим швидше рухається машина перед поворотом, тим більше в неї шансів «вилетіти». Доцентрове прискорення у випадку з машиною обумовлене тертям між шинами та поверхнею дороги. Саме тому під час дощу, коли дорога більш слизька, вірогідність «вилетіти» підвищується. Ми ще повернемося до цього у розділі «динаміка руху тіла по колу».

ВИСНОВОК

Тепер поговоримо про радіус. Чим менший радіус, тим більше потрібне доцентрове прискорення. Тут треба чітко розрізняти поняття радіус та кривизна. Чим більший радіус, тим менша кривизна. Поворот меншого радіуса означає, що це більш «крутий» поворот. Отже, потрібно, щоб було більше зчеплення з дорогою і, відповідно, більше доцентрове прискорення.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Куди направлено доцентрове прискорення, і як воно залежить від швидкості і радіуса кола?
2. Чому рівні модулі тангенціального і нормального прискорення при рівномірному русі по колу?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 8

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Інерціальна система відліку. Перший закон Ньютона. Принцип відносності

Мета заняття: З'ясувати, що вивчає динаміка; розкрити зміст першого закону Ньютона; ввести поняття інерційної та неінерційної системи відліку; поглибити знання учнів про інерцію та інертність; розвивати вміння застосовувати знання для пояснення конкретних явищ; повідомити про використання інерції в побуті і техніці; переконати у необхідності враховувати це явище на практиці

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1 Явище інерції та закон інерції 2 Перший закон Ньютона
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Розділ механіки, у якому розглядається вплив взаємодії тіл на їхній рух, називається динамікою.

У динаміці за відомими силами й масами визначають характер руху тіл, їхні прискорення й швидкості, а за характером спостережуваних рухів встановлюють закони взаємодії тіл, в основу механіки покладено три закони Ньютона. Коли відомі причини, за яких змінюється рух тіл, тобто сили, то можна відшукати і їхні наслідки — прискорення. Якщо відомі маси взаємодіючих тіл, то можна знайти і співвідношення між їхніми швидкостями.

1 Навчальне питання Явище інерції та закон інерції

Спираючись на спостереження явищ руху, грецькі учені 2400 років тому дійшли висновку, що природним положенням тіла є спокій, оскільки всі тіла від природи «ліниві», або інертні (від лат. *iners* — бездіяльний, нерухомий). Виникнення рухів тіл можливе лише в результаті дії активної сили, а припинення дії цієї сили призводить до зупинки тіла.

Математично міркування греків можна записати так: $\vec{v} = \text{const}$, доки $\vec{F} = \text{const}$. Тоді, коли спостерігали рух, але не розуміли його причин (рух Сонця, Місяця, зірок та інших небесних тіл), давали таке пояснення: предмети рухають боги. Така механіка на той час була до вподоби церкві. Давньогрецький учений Аристотель стверджував: щоб тіло рухалося, його необхідно весь час «рухати», причому чим більшою є швидкість тіла, тим більше зусиль потрібно для цього докладати.

Цей вплив одного тіла на інше він називав силою. За Аристотелем, сила — це причина руху.

Помилки в розумінні механічних рухів давньогрецьких учених виправив італійський учений Г. Галілей, що спирався на експерименти з нескладними механічними системами. У дослідях зі скочуванням свинцевої кульки з похилої площини він помітив, що відстань s_1 руху кульки по піску (по горизонтальній поверхні) (рис. 1) менша від відстаней s_2 і s_3 , які пройшла кулька по

гладкій дошці і мармурі. Цю відмінність Галілей пояснив тим, що сила тертя $\vec{F}_1$ під час руху по піску набагато більша за силу $\vec{F}_2$ під час руху кульки по дошці або відшліфованому мармурі.

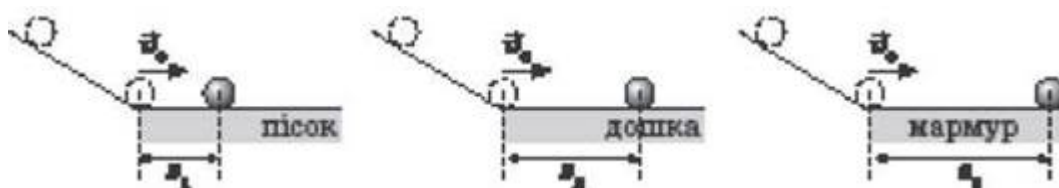


Рис. 1

Результати експериментів Галілея свідчили про те, що чим менший опір рухові, тим менша зміна швидкості і тим довше рухається кулька. Розмірковуючи над такими результатами, Галілей дійшов геніального висновку: за цілковитої відсутності сили тертя або опору швидкість тіла є сталою, і для підтримання руху не потрібно докладати жодної сили. Математично це можна

записати так: $\vec{v} = \text{const}$, якщо $\vec{F} = \text{const}$. Явище збереження тілом швидкості за відсутності зовнішніх дій на нього з боку інших тіл називають інерцією, а цю властивість тіла — інертністю. А закон, відкритий Галілеєм, називають законом інерції і формулюють так: якщо на тіло не діють інші тіла, воно рухається прямолінійно і рівномірно або перебуває у стані спокою.

Зазначимо, що фізичний зміст закону інерції полягає в тому, що вільні одна відносно одної матеріальні точки (матеріальні точки, на які не діють інші тіла) рухаються прямолінійно і рівномірно.

Про те, що тілу властиво зберігати не будь-який рух, а саме прямолінійний, свідчить такий дослід (рис. 2). Кулька, що рухається прямолінійно по плоскій горизонтальній поверхні, стикаючись з перешкодою, яка має криволінійну форму, під дією цієї перешкоди змушена рухатися по дузі. Однак коли кулька доходить до кінця перешкоди, вона перестає рухатися криволінійно і знову починає рухатися по прямій.

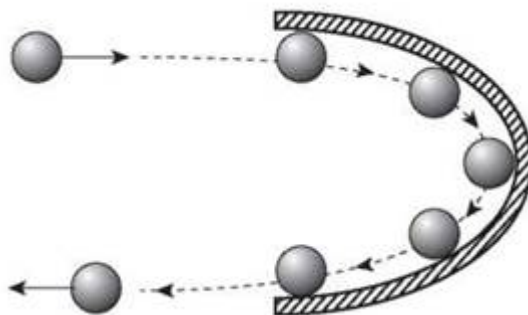


Рис. 2

Розглядаючи механічні рухи в будинку на березі моря і в каюті корабля, Г. Галілей виявив, що вони здійснюються однаково, коли корабель пливе по гладкій поверхні без прискорення. Дуже важливим для всього подальшого розвитку фізики виявилось твердження Галілея про те, що жодними механічними дослідженнями, які проводяться всередині інерційної системи відліку (для пасажера нею є каюта корабля), неможливо встановити, чи перебуває ця система в спокої, чи рухається рівномірно і прямолінійно. Це твердження називають принципом відносності Галілея. Людина в каюті корабля може встановити факт руху тільки тоді, коли вона спостерігатиме зовнішні тіла: острів, берег моря тощо.

Інерційними Ньютон назвав такі системи, для яких єдиним джерелом прискорення є сила, тобто взаємодія з іншими тілами. Системи відліку, які рухаються відносно інерційних систем із прискоренням (поступально чи обертально), він назвав неінерційними. Ньютон, розглядаючи інерційну систему відліку (ICB), так і не зміг вказати тіло, яке б було для неї тілом відліку. Оточуючі тіла рухаються прискорено: дім обертається навколо осі Землі, а разом з її поверхнею — навколо Сонця. Системи відліку, які пов'язані із оточуючими тілами, неінерційні, але їхні прискорення здебільшого дуже малі. Прискорення автобуса становить близько 1 м/с^2 , великого корабля — кілька см/с^2 , Землі — 6 мм/с^2 , Сонця — близько 10^{-4} см/с^2 . Відповідно, чим більша маса тіла відліку, тим менше його прискорення. Тому ICB — це абстрактне поняття, якби вона існувала, то мала б нескінченно велику масу. Очевидно, що найбільшу масу з тіл, що оточують нас, має Сонце, тому пов'язана з ним система відліку є майже інерційною. У цій ICB початок відліку координат суміщають з центром Сонця, а координати осей проводять у напрямі до реальних зірок, які можна вважати нерухомими.

Проте для опису багатьох механічних явищ за земних умов ICB пов'язують із Землею, нехтуючи при цьому обертальними рухами Землі навколо своєї осі і навколо Сонця. Наприклад, вивчаючи вільне падіння, потрібно було б враховувати прискорення лабораторії ($2\text{--}3 \text{ см/с}^2$), оскільки Земля обертається навколо своєї осі. Але прискорення лабораторії в декілька сотень разів менше від прискорення вільного падіння g , тому ним зазвичай нехтують. У більшості задач Землю вважають ідеальним тілом відліку, а пов'язані з нею системи — інерційними.

Наразі зрозуміло, що абсолютно нерухомих тіл або тіл, які рухаються строго рівномірно і прямолінійно, в природі не існує, тому інерційна система відліку — така сама абстракція, як і матеріальна точка або абсолютно тверде тіло. Інерційними системами відліку називають системи, відносно яких тіло рухається рівномірно прямолінійно або перебуває в спокої. Час в усіх ICB вимірюють однаково. Маса тіла $m = \text{const}$, його прискорення і сили взаємодії не залежать від швидкості ICB. У будь-яких ICB усі механічні явища відбуваються однаково за одних і тих самих початкових умов (інше формулювання принципу відносності Галілея).

2 Навчальне питання Перший закон Ньютона

. Визначивши роль системи відліку, сформулюємо перший закон Ньютона так: в інерційній системі відліку матеріальна точка зберігає стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, якщо на неї не діють інші тіла або дія зовнішніх тіл скомпенсована. Фізичний зміст першого закону Ньютона: тіло в інерційній системі відліку не може самовільно змінити свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху. Цей стан воно змінює лише під дією інших тіл. Отже, перший закон відображає причинно-наслідковий зв'язок явищ. Досвід показує, що жодне явище природи не може виникнути само по собі: воно виникає лише як наслідок іншого явища.

Суттєвим є те, що в ІСВ (наприклад, автобус на зупинці) для збереження спокою не потрібно докладати жодних зусиль, а в неінерційній системі відліку (наприклад, автобус в момент різкого гальмування) пасажиром для цього доводиться напружувати м'язи, тримаючись за поруччя. Аналізувати механічний рух і взаємодію тіл найлегше в ІСВ, тому надалі будемо використовувати саме такі системи відліку. Як впливає із першого закону Ньютона, за умов рівноваги всіх прикладених до тіла сил, воно рухається прямолінійно зі сталою швидкістю, як кажуть, «за інерцією». Тому цей закон іноді називають також законом інерції, вважаючи за «інертність» не млявість тіл, а їхню властивість зберігати стан свого руху, доки дія зовнішніх сил не змінить його.

Поступальний рух за інерцією відбувається нечасто. Прикладами тут може бути падіння парашутиста за умови зрівноваження сили тяжіння силою опору повітря, рівномірний рух транспорту по горизонтальній поверхні тощо.

Висновки

Перший закон є узагальненням багатовікового досвіду людей і підтверджується у всіх своїх наслідках. Добре відомо, наскільки високі точності обчислень руху космічних кораблів, станцій, штучних супутників Землі й інших планет. Ці обчислення виконуються з урахуванням закону інерції, і їх точність є гарним підтвердженням першого закону Ньютона. Рух транспортних засобів обчислюється з урахуванням інертності тіл і підтверджується практикою. Такий збіг теорії і досвіду і для інших технічних обчислень свідчить про практичну дієвість першого закону Ньютона.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Наведіть приклади, які свідчать, що швидкість довільного тіла змінюється тільки під дією інших тіл. Що називають інерцією?
2. У чому полягає властивість тіл, яку називають інертністю?
3. Як формулюється перший закон Ньютона?
4. Які системи відліку є інерціальними? Неінерціальними?
5. Чи можна вважати інерціальними системи відліку, які нерухомо пов'язані із Землею?
6. Сформулюйте принцип відносності Галілея.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 9

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Маса. Сила. Другий закон Ньютона. Вимірювання сил.
Мета заняття:	<u>Сформулювати та записати в математичній формі другий закон Ньютона; пояснити залежність між величинами, що входять до формули цього закону; розвивати логічне мислення, вміння пояснювати вияви другого закону Ньютона в природі; формувати інтерес до вивчення фізики, виховувати працьовитість, відповідальність.</u>

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, таблиці

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Залежність прискорення тіла від сили. 2. Другий закон Ньютона.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

За допомогою законів Ньютона можна не лише пояснювати спостережувані механічні явища, а й передбачати їх перебіг. Нагадаємо, що пряма основна задача механіки полягає в знаходженні положення і швидкості тіла в будь-який момент часу, якщо відомі його положення і швидкість у початковий момент часу і сили, які діють на нього. Ця задача розв'язується за допомогою другого закону Ньютона, який сьогодні ми будемо вивчати.

1 Навчальне питання Залежність прискорення тіла від сили

Залежність прискорення тіла від сил, що діють на нього. Встановити дослідним шляхом зв'язок між прискоренням і силою абсолютно точно неможливо, оскільки будь-яке вимірювання дає лише наближене значення вимірюваної величини. Але визначити характер залежності прискорення від сили можна за допомогою нескладних дослідів. Уже прості спостереження показують: чим більша сила діє на тіло, тим швидше змінюється швидкість тіла, тобто тим більше його прискорення. Природно припустити, що прискорення прямо пропорційне силі. Перевіряти це припущення зручно на прикладі поступального руху візка з легенькими колесами, який рухається з малим тертям і у якого маса коліс мала порівняно з масою візка. На основі дослідів роблять висновок: набуте тілом прискорення прямо пропорційне силі, що на нього діє. На дослідах з обертовим диском показати, що під час руху по колу прискорення теж пропорційне прикладеній силі. Силу, що діє на візок, можна змінювати, замінюючи підвішений тягар. Візок із тягарцем під дією тієї самої сили набуває меншого прискорення, ніж порожній. Ця відмінність зумовлена властивістю тіла, що називається інертністю. Інертність — властивість, яка полягає в тому, що для зміни швидкості тіла на задану величину необхідно, щоб дія на нього певного іншого тіла тривала певний час. Чим більшим є цей час, тим інертнішим є тіло.

Коефіцієнт пропорційності між силою та прискоренням для різних тіл може бути різним. Цей коефіцієнт пропорційності є мірою інертності певного тіла і називається його масою. Чим більшою є маса тіла, тим більшу силу потрібно прикласти, щоб надати тілу певного прискорення.

Більш інертне тіло має більшу масу, менш інертне — меншу:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

2 Навчальне питання Другий закон Ньютона

Кількісна залежність між прискоренням, діючою силою й масою тіла виражає важливий закон природи — другий закон Ньютона. У фізиці дію одного тіла на інше, дію, яка спричиняє прискорення, називають силою. Можна сказати, що сила — це і причина прискорення. Саме так означав силу І. Ньютон: «Прикладена сила є дія, виконувannya над тілом, щоб змінити його стан спокою або рівномірного прямолінійного руху». Цю дію виконує якесь інше тіло. Якщо, наприклад, тіло, яке вільно падає, рухається з прискоренням, то воно спричинене дією на це тіло Землі. Прискорення тіла, яке падає, спричинене силою, прикладеною до нього (або яка діє на нього). Цю силу називають силою тяжіння.

Інший приклад. Нехай один кінець спіральної пружини закріплено. Прикріпимо до другого кінця брусок — він залишається в спокої. Видовжимо пружину на Δl і знову прикріпимо до неї брусок.

Відпустивши розтягнуту пружину, побачимо, що брусок рухається з прискоренням. Очевидно, воно спричинене взаємодією бруска й пружини. Але тепер на брусок діє сила з боку пружини, яка й спричинила прискорення бруска. Цю силу називають силою пружності.

Другий закон динаміки Ньютона встановлює зв'язок між кінематичними та динамічними величинами. Найчастіше він формулюється так: прискорення, якого набуває тіло, прямо пропорційне масі тіла і має той самий напрям, що й сила:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

де $\vec{a}$ — прискорення, $\vec{F}$ — рівнодійна сил, що діють на тіло, Н; m — маса тіла, кг.

Якщо з цього виразу визначити силу $\vec{F} = m\vec{a}$, то одержимо другий закон динаміки у такому формулюванні: сила, що діє на тіло, дорівнює добутку маси тіла на прискорення, якого надає ця сила.

Ньютон сформулював другий закон динаміки дещо інакше, використавши поняття кількості руху (імпульсу тіла). Імпульс — добуток маси тіла на його швидкість (те саме, що й кількість руху) — одна з мір механічного руху: $m\vec{v}$. Імпульс (кількість руху) є величиною векторною. Оскільки

прискорення $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$, то

$$\frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t} = \vec{F}, \text{ або } \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \vec{F}.$$

Ньютон сформулював свій закон так: зміна кількості руху тіла пропорційна діючій силі і відбувається у напрямі тієї прямої, вздовж якої ця сила діє.

Варто розглянути ще одне з формулювань другого закону динаміки. У фізиці широко використовується векторна величина, яка називається імпульсом сили, — це добуток сили на час її дії: $\vec{F} \cdot \Delta t$. Використовуючи це, дістанемо $\Delta(m\vec{v}) = \vec{F} \Delta t$. Зміна імпульсу тіла дорівнює імпульсу сили, яка на нього діє.

Другий закон динаміки Ньютона узагальнив виключно важливий факт: дія сил не спричиняє власне руху, а лише змінює його; сила викликає зміну швидкості, тобто прискорення, а не саму швидкість. Напрямок сили збігається з напрямом швидкості лише в частковому випадку прямолінійного рівноприскореного ($\Delta v > 0$) руху. Наприклад, під час руху тіла, кинутого горизонтально, сила тяжіння напрямлена вниз, а швидкість утворює із силою певний кут, що під час польоту тіла змінюється. А у випадку рівномірного руху тіла по колу сила весь час напрямлена перпендикулярно до швидкості руху тіла.

Одиницю виміру сили в СІ визначають на основі другого закону Ньютона. Одиниця виміру сили називається [Н] і визначається так: сила в 1 ньютон надає тілу масою 1 кг прискорення 1 м/с². Таким чином,

$$1 \text{ Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}.$$

Приклади застосування другого закону Ньютона

Як приклад застосування другого закону Ньютона можна розглянути, зокрема, вимірювання маси тіла за допомогою зважування. Прикладом вияву другого закону Ньютона в природі може бути сила, що діє на нашу планету з боку Сонця, і т. ін.

Межі застосування другого закону Ньютона:

- 1) система відліку має бути інерційною;
- 2) швидкість тіл має бути набагато меншою, ніж швидкість світла (для швидкостей, близьких до швидкості світла, другий закон Ньютона використовується в імпульсному вигляді: $\vec{F} \cdot t = \Delta \vec{p}$).

Висновки

При розгляді різних динамічних задач механіка ставить і розв'язує два питання: 1) за відомим рухом тіл обчислити сили, що діють на них; 2) за відомими силами визначити рух тіл. Задачі першого типу порівняно прості. Вони зводяться до обчислення прискорень матеріальних точок (диференціювання), з яких складається система. Задачі другого типу є набагато складнішими і є основними в механіці. Тут насамперед потрібно написати рівняння руху для кожної матеріальної точки, що входить у систему, на яку діють сили, що залежать від координат та швидкостей цих же матеріальних точок. У результаті отримаємо систему диференціальних рівнянь, розв'язок якої (при певних початкових умовах) дасть повну уяву про всі деталі руху. Таким чином, для розв'язання таких задач потрібно проінтегрувати диференціальні рівняння, а це значно складніше диференціювання.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Як зв'язані між собою такі фізичні величини, як прискорення, сила і маса тіла?
2. Чи можна за формулою стверджувати, що сила, яка діє на тіло, залежить від його маси і прискорення?
3. Що таке імпульс тіла (кількість руху)?
4. Що таке імпульс сили?
5. Які формулювання другого закону Ньютона ви знаєте?
6. Який важливий висновок можна зробити з другого закону Ньютона?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 10

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Третій закон Ньютона.

Мета заняття: Охарактеризувати завдання вивчення розділу „Механіка”, розкрити роль знань з механіки в інших науках, у техніці. Дати уявлення про механічний рух та основну задачу механіки. Показати, що механічний рух — одна із форм існування матерії, один з численних видів змін у природі. Сформулювати поняття матеріальної точки, поступального руху. ознайомити учнів зі структурою підручника. Розвиток мислення та інтересу учнів до набування фізичних знань.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Третій закон ньютона
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Ви знаєте, що не буває односторонньої дії одного тіла на інше, тіла завжди взаємодіють один з одним. Наприклад, під час забивання цвяха не тільки молоток діє на цвях, але й цвях, в свою чергу, діє на молоток, в результаті чого молоток зупиняється.

1 Навчальне питання Третій закон Ньютона

Що можна сказати про сили, з якими два тіла діють один на одного?

Для відповіді на це питання проробимо такі досліди.

До укріпленого на штативі демонстраційного динамометру підвісимо другий такий же динамометр. При цьому стрілки приладів відхиляться в протилежні сторони, але їх свідчення будуть однакові (рис. 22). Отже, динамометри взаємодіють рівними за модулем і протилежно спрямованими силами.

Тіла діють один на одного з рівними по модулю силами і в тому випадку, якщо взаємодія відбувається на відстані. Досвід, що доводить це, зображений на малюнку 23. На стрижні динамометрів надіті круглі столики, до яких клейкою стрічкою прикріплені плоскі керамічні магніти. Магніти відштовхуються, оскільки звернені один до одного однойменними полюсами.

До початку досліду динамометри були розведені на таку відстань, при якому сили взаємодії магнітів були практично рівні нулю і не реєструвалися динамометрами.

Коли один з динамометрів стали наближати до іншого, їх стрілки почали відхилятися від нуля в різні боки. Це означає, що сили, з якими магніти діють один на одного, протилежні за напрямком.

При зближенні магнітів показання динамометрів зростають, але в кожен момент вони дорівнюють один одному – значить, магніти відштовхуються з рівними по модулю силами.

Тепер розглянемо досвід, в якому сили взаємодії вимірюються в процесі руху взаємодіючих тіл. На малюнку 24 зображено саморушійний іграшковий трактор, який тягне на буксирі металеву коробку з вантажем. В якості буксирного троса використані зчеплені один з одним трубчасті динамометри, один з яких прикріплений до трактора, а другий – до коробки. Показання динамометрів однакові, значить, рухомі трактор і коробка діють один на одного з рівними по модулю силами.

Ці та багато інших досліди свідчать про те, що сили, з якими два тіла діють один на одного, рівні за модулем і протилежні за напрямком. Цей закон був відкритий Ньютоном і називається третім законом Ньютона.

Математично він записується в наступному вигляді:

$$F_1 = -F_2.$$

Знак «мінус» показує, що вектори сил направлені в різні боки.

Будь-яке з спостережуваних нами рухів різних тіл можна пояснити за допомогою законів Ньютона.

Наприклад, йде людина рухається вперед завдяки тому, що він відштовхується ногами від землі, т. Е. Взаємодіє з нею. Людина і земля діють один на одного з однаковими за модулем і протилежно спрямованими силами і отримують прискорення, обернено пропорційні їх масам. Оскільки маса Землі величезна в порівнянні з масою людини, то прискорення Землі практично дорівнює нулю, т. Е. Вона не змінює свою швидкість. Людина ж приходить в рух відносно Землі.

Слід зазначити, що сили, що виникають в результаті взаємодії тіл, є силами однієї природи. Наприклад, Земля і Місяць взаємодіють один з одним за допомогою сил всесвітнього тяжіння, сталевий цвях і магніт притягуються завдяки дії магнітних сил.

Сили не врівноважують один одного

Сили, що діють на легковий і вантажний автомобілі, що не врівноважують один одного, так як вони прикладені до різних тіл. Катер знаходиться в рівновазі

Катер знаходиться в рівновазі, так як $F_A = -F_{тяж}$

Ви вже знаєте, що під дією тяжіння до Землі предмети, що лежать на опорі, трохи стискаються самі і стискають знаходяться під ними опору (зазвичай ці деформації такі малі, що ми не помічаємо їх). В результаті і в самих тілах, і в опорі виникають сили пружності, за допомогою яких тіло і опора взаємодіють один з одним.

Силу, прикладену до опорі і спрямовану вертикально вниз, називають вагою тіла P , а силу, прикладену до тіла і спрямовану вертикально вгору, – силою реакції опорі N . Як вже зазначалося, обидві ці сили є силами пружності.

Висновки

Слід пам'ятати, що сили, про які йдеться в третьому законі Ньютона, ніколи не врівноважують один одного, оскільки вони прикладені до різних тіл. (Дві рівні по модулю і протилежно спрямовані сили врівноважують один одного в тому випадку, якщо вони прикладені до одного тілу. Тоді їх рівнодіюча дорівнює нулю, і тіло при цьому знаходиться в рівновазі, т. Е. Або покоїться, або рухається рівномірно і прямолінійно.)питання

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Сформулюйте третій закон Ньютона. Як він записується математично?
2. Що можна сказати про прискорення, яке отримує Земля при взаємодії з йдуть по ній людиною? Відповідь обґрунтуйте.
3. Наведіть приклади, що показують, що сили, що виникають в результаті взаємодії двох тіл, однакові за своєю природою.
4. Чому невірно говорити про рівновагу сил, що виникають при взаємодії тіл?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 11

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Закон всесвітнього тяжіння. Вага і невагомість. Штучні супутники Землі.

Мета показати практичну значущість вивченої теми для пояснення природних явищ;

заняття: провести міждисциплінарні зв'язки з курсом астрономії

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Закон Всесвітнього тяжіння 2. Вага і невагомість 3. Штучні супутники Землі
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Людина, вивчаючи явища, досягає їх сутність і відкриває закони природи. Так, підняте над Землею і надане самому собі тіло почне падати. Воно змінює свою швидкість, отже, на нього діє сила тяжіння. Це явище спостерігається всюди на нашій планеті: Земля притягує до себе всі тіла, в тому числі і нас з вами. Чи тільки Земля має властивість діяти на всі тіла силою тяжіння?

Майже всі в Сонячній системі обертаються навколо Сонця. У деяких планет є супутники, але й вони, здійснюючи свій шлях навколо планети, разом з нею рухаються навколо Сонця. Сонце має масу, що перевершує масу всього іншого населення Сонячної системи в 750 разів. Завдяки цьому Сонце змушує планети і все інше рухатися по орбітах навколо себе. У космічних масштабах маса є головною характеристикою тіл, тому що всі небесні тіла підпорядковуються закону всесвітнього тяжіння.

Виходячи із законів руху планет, встановлених І. Кеплером, великий англійський вчений Ісаак Ньютон (1643-1727), в ту пору ніким ще визнаний, відкрив закон всесвітнього тяжіння, за допомогою якого вдалося з великою точністю для того часу розрахувати рух Місяця, планет і комет, пояснити припливи і відливи в океані.

Ці закони людина використовує не тільки для більш глибокого пізнання природи (наприклад, для визначення мас небесних тіл), але і для вирішення практичних завдань (космонавтика, астродінаміка).

1 Навчальне питання Закон Всесвітнього тяжіння

Вихідний факт, покладений в основу Ньютонової теорії тяжіння, — вага, яку мають всі тіла, що знаходяться на Землі. З рівності прискорення для всіх падаючих тіл, доведеної численними експериментами, Ньютон встановлює, що ваги тіл, рівновіддалених від центра Землі, відносяться як кількості матерії, чи маси тіл. За умови однакової віддаленості від центра Землі сили, з якими тіла притягають до себе Землю, відповідно пропорційні масам. Звідси випливає, що сила тяжіння, властива конкретному тілу, складається із сил тяжіння його частин. Тому всі земні тіла притягаються одне до одного із силою, пропорційною кількості матерії, тобто масі кожного тіла.

Установивши властивості земної ваги, Ньютон поставив за мету визначити тяжіння в небесному просторі. Як було зазначено вище, сила, що є причиною доцентрового прискорення планети, спрямована, як і саме прискорення, до Сонця, інакше кажучи, ця сила притягає планету до Сонця. Вона дорівнює прискоренню, помноженому на масу. З іншого боку, вага, що надає тілам рівномірного прискорення, спрямована до центра Землі й пропорційна масі. Ньютон припустив, що йдеться не про аналогію, а про тотожність, тобто ототожнив рух небесних тіл з падінням вантажів на Землі.

Установивши цей факт, Ньютон завершив об'єднання астрономії і земної механіки. Усю геніальну сміливість цієї ідеї важко зараз оцінити, настільки глибоко увійшов закон всесвітнього тяжіння в науку.

Згодом Ньютон досліджує, чи можна за допомогою астрономічних спостережень підтвердити обернену пропорційність між квадратами відстаней і доцентровим прискоренням. Він припустив, що Місяць на орбіті утримують ті ж сили, що притягають предмети до Землі. Взявши за основу астрономічні дані, Ньютон підрахував, наскільки відхиляється Місяць за секунду від прямої лінії, по якій він повинен був би рухатися, якби його не притягувала Земля. Ця величина дещо більша, ніж 1,25 мм. Місяць знаходиться в 60 разів далі від центра Землі, ніж ми. Отже, якщо закон оберненої і пропорційної залежності від квадрата відстані є вірним, то предмет біля поверхні Землі при падінні повинен пролітати за секунду $1,25 \cdot 60^2$, тому що на орбіті Місяця предмети притягаються в 60-60 разів слабкіше. Отже, $1,25 \cdot 60^2$ — це приблизно 5 м. Вимірювання Галілея показали, що, падаючи біля поверхні Землі, тіла пролітають за секунду 5 м. Це означало, що Ньютон на вірному шляху, тому що якщо раніше були відомі два незалежних факти: по-перше, період обертання Місяця й величина його орбіти і, по-друге, відстань, яку пролітає тіло, падаючи біля поверхні Землі, — то тепер ці факти виявилися тісно пов'язаними.

Таким чином, доцентрова сила, яка впливає на рух Місяця, на поверхні Землі повинна була б дорівнювати силі ваги. Сила, з якою Земля притягує Місяць і спричинює його рух по криволінійній орбіті, є земна сила ваги, дія якої поширюється аж до Місяця.

Якщо Земля притягує Місяць, то і Місяць з такою ж силою притягує Землю. З кеплерівських законів обертання планет навколо Сонця випливає, що доцентрова сила планет спрямована до центра Сонця, а доцентрова сила супутників — до центрів планет; ці сили оберненопропорційні квадратам відстаней до центрів тяжіння. Таким чином, закон тяжіння пояснює також рух планет і їхніх супутників. Досліджуючи рух комет, припливи й т.д., Ньютон в усьому бачить підтвердження свого закону.

Пізніше він переходить від небесних тіл до мікросвіту й прагне довести, що дрібні частинки речовини також зазнають взаємного тяжіння, яке пропорційне їх масі. Учений стверджує, що всі, без винятку, тіла — від нерухомих зірок до дрібних частинок — зазнають тяжіння, величина якого пропорційна добутку їхніх мас та оберненопропорційна квадрату відстані. Земля притягує Місяць, але і її саму притягує Сонце, і все це доповнюється зворотним впливом Місяця на Землю, Землі на Сонце й т.д. Відповідно, формула доцентрового прискорення перетворюється на формулу взаємного тяжіння

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

де G - множник пропорційності, а

m_1 і m_2 — маси тіл, які взаємно притягаються одне до одного.

Віддаючи данину генію Ньютона, усе-таки слід зазначити, що закон всесвітнього тяжіння має ряд недоліків: він неспроможний, коли йдеться про обчислення руху Меркурія, передавання тяжіння через порожнечу, він визнає необхідність першого поштовху. На що "тірокляті питання" старої механіки дала відповідь загальна теорія відносності.

2 Навчальне питання Вага і невагомість

Вага тіла — це сила, з якою тіло внаслідок його притягання до Землі діє на опору або підвіс.

Сила реакції опори — сила дії опори або підвісу на тіло. Якщо тіло знаходиться у спокою, то вага тіла чисельно дорівнює силі тяжіння. Але не можна забувати про різницю між силою тяжіння і вагою тіла: **сила тяжіння** — це гравітаційна сила, прикладена до тіла; **вага тіла** — це сила пружності, прикладена до опори.

Вага тіла не завжди дорівнює силі тяжіння. При русі тіла з прискоренням його вага може зменшуватися або збільшуватися.

Якщо прискорення тіла спрямоване в бік, протилежний прискоренню вільного падіння, вагу тіла розраховують як добуток маси тіла на суму прискорення тіла та прискорення вільного

падіння. У цьому випадку вага тіла буде більшою, ніж сила тяжіння. Збільшення ваги тіла, викликане його прискореним рухом, називають **перевантаженням**.

Якщо прискорення тіла і прискорення вільного падіння спрямовані в один бік, вагу тіла розраховують як добуток маси тіла на різницю між прискоренням вільного падіння і прискоренням тіла. У цьому випадку вага тіла буде меншою, ніж сила тяжіння.

Невагомість — стан тіла, при якому воно рухається тільки під дією сили тяжіння. Це відбувається, коли тіло рухається з прискоренням, спрямованим униз і чисельно рівним прискоренню вільного падіння. Найвідомішим прикладом невагомості є невагомість в умовах космічного корабля.

Стан невагомості є зовсім не рідкісним для людини. У такому стані знаходиться стрибун із моменту відриву від землі і до моменту приземлення; плавець, який стрибає з вишки, тощо.

3 Навчальне питання Штучні супутники Землі

Штучні супутники Землі - космічні літальні апарати, виведені на навколоземні орбіти. Вони призначаються для вирішення різних наукових і прикладних задач.

Фізичні основи пристрою ракети.

Принцип реактивного руху, відкритий Ісааком Ньютоном в 1686 році, коротко можна сформулювати так: дія дорівнює і протилежно по напрямку протидії. Але застосування цього універсального принципу до вирішення найскладнішої і захоплюючої задачі про польоти на космічних кораблях у світові глибини було блискуче здійснено нашим геніальним співвітчизником К. Е. Ціалковського. Саме Ціалковського дав повне вирішення проблеми міжпланетних перельотів на основі використання ракети як засіб польоту.

Ракетою, згідно К. Е. Ціалковського, називається всякий реактивний прилад, який рухається в напрямку, протилежному напрямку струменя, що утворилася в результаті згоряння палива в спеціальній камері.

Основними частинами космічної ракети є: корпус, двигуни, паливні баки з допоміжними приладами, система управління, стабілізатори, кабіна.

У звичайній одноступеневої ракеті енергія робочого тіла витрачається не цілком раціонально - для розгону не тільки самої ракети, а й звільнилися від палива баків, які вже зробили свою справу і є зайвим вантажем. Найбільш вигідна, звичайно, самоочищається ракета, в якій безперервно згоряє в повному паливо, але і вільні від палива частини баків. Зараз конструювання таких безперервних ракет важко здійснювати з технічних причин, однак можна сказати, що створені по ідеї Ціалковського багатоступінчасті ракети - це відоме наближення до безперервним ракетам: вони складаються з декількох ракетних ступенів, які в міру витрати палива автоматично чи за командою з Землі відокремлюються від ракети, звільняючи її від непотрібного вантажу.

У сучасних ракетах реактивні двигуни працюють як на твердому, так і на рідкому хімічному паливі. Основну роль у космічних ракетах грають рідкі палива. З їх допомогою людина вступила в боротьбі з силою земного тяжіння і переміг. Але зараз ведуться пошуки нових видів твердого палива, яке має низку переваг перед рідким. Ракети на твердому паливі можуть заправлятися задовго до запуску і тривалий час перебувати на стартових майданчиках, готові в будь-яку хвилину злетіти вгору. За кордоном нині часто застосовуються комбіновані ракети, у яких частина ступенів працює на рідкому паливі, а частина на твердому.

Основною характеристикою реактивних двигунів є сила тяги. Відповідно до третього законом механіки при витіканні газів з'являється відповідна сила, що штовхає ракету в протилежному напрямку. Ця сила і називається силою тяги двигунів. У техніці зазвичай оперують з питомою тягою, тобто з тягою, що розвивається двигуном при згорянні 1 кг. палива в 1 сек. Сила тяги ракетних двигунів обчислюється за формулою: $P = m_{\text{сек}} + S(p - p_h)$, де $m_{\text{сек}}$ - маса сгораемого палива, що викидається щомиті, тобто секундний витрата палива, S - швидкість витікання газів, p_h - атмосферний тиск на висоті h над рівні моря, S - площа перетину на зрізі сопла.

З формули видно, що збільшення сили тяги ракетних двигунів теоретично можна отримати різним чином. Наприклад, можна домогтися збільшення швидкості закінчення газів або площі вихідного перетину. Однак на практиці збільшення тяги являє собою складну задачу. Так, наприклад, збільшення площі призводить до збільшення сили опору повітря і, отже, до гальмування. Швидкість витікання газів також не може збільшена безмежно. Тому вибирають оптимальне, тобто найбільш вигідне і доцільне рішення з урахуванням багатьох факторів. Це рішення виходить в результаті численних експериментів в різних атмосферних і кліматичних умовах.

Три космічні швидкості.

У перший час після запуску штучного супутника Землі часто можна було чути запитання: "Чому супутник після вимкнення двигунів продовжує звертатися навколо Землі, не падаючи на Землю?". Чи так це? Насправді супутник "падає" - він притягується до Землі під дією сили тяжіння. Якби не було тяжіння, то супутник полетів би за інерцією від Землі в напрямку придбаної ним швидкості. Земний спостерігач сприйняв би такий рух супутника як рух вгору. Як відомо з курсу фізики, для руху по колу радіуса R тіло повинно мати доцентровим прискоренням $a = V^2 / R$, де a - прискорення, V - швидкість. Оскільки в даному випадку рольдоцентровий прискорення грає прискорення сили тяжіння, то можна написати: $g = V^2 / R$. Звідси неважко визначити швидкість $V_{кр}$, необхідну для кругового руху на відстані R від центру Землі: $V_{кр}^2 = gR$. У наближених розрахунках приймається, що прискорення сили тяжіння постійно і дорівнює $9,81 \text{ м / с}^2$. Ця формула справедлива і в більш загальному випадку, тільки прискорення сили тяжіння слід вважати змінною величиною. Таким чином, ми знайшли швидкість кругового руху. Яка ж та початкова швидкість, яку потрібно повідомити тілу, щоб воно рухалося навколо Землі по колу? Нам вже відомо, що чим більшу швидкість повідомити тілу, тим на більшу відстань воно полетить. Траєкторії польоту будуть еліпсами (ми нехтуємо впливом опору земної атмосфери і розглядаємо політ тіла в порожнечі). При деякій досить великій швидкості тіло не встигне впасти на Землю і, зробивши повний оборот навколо Землі, повернеться в початкову точку, щоб знову почати рух по колу. Швидкість супутника, що рухається по круговій орбіті поблизу земної поверхні, називається круговою або першою космічною швидкістю і являє собою ту швидкість, яку потрібно повідомити тілу, щоб воно стало супутником Землі. Перша космічна швидкість біля поверхні Землі може бути обчислена за наведеною вище формулою для швидкості кругового руху, якщо підставити замість R величину радіуса Землі (6400 км), а замість g - прискорення вільного падіння тіла, рівне $9,81 \text{ м / с}^2$. В результаті знайдемо, що перша космічна швидкість дорівнює $V_{кр} = 7,9 \text{ км / сек}$.

Познайомимося тепер з другою космічною або параболічною швидкістю, під якою розуміють швидкість, необхідну для того, щоб тіло подолато земне тяжіння. Якщо тіло досягне другої космічної швидкості, то воно може віддалитися від Землі на будь-яке як завгодно велику відстань (передбачається, що на тіло не будуть діяти ніякі інші сили, крім сил земного тяжіння). Найпростіше для отримання величини другої космічної швидкості скористатися законом збереження енергії. Цілком очевидно, що після виключення двигунів сума кінетичної і потенційної енергії ракети повинна залишатися постійною. Нехай в момент вимикання двигунів ракета знаходилася на відстані R від центру Землі і мала початкову швидкість V (для простоти розглянемо вертикальний політ ракети). Тоді в міру віддалення ракети від Землі швидкість її буде зменшуватися. На деякій відстані r_{max} ракета зупиниться, так як її швидкість звернеться в нуль, і почне вільно падати на Землю. Якщо в початковий момент ракета володіла найбільшою кінетичною енергією $mV^2 / 2$, а потенційна енергія дорівнювала нулю, то в найвищій точці, де швидкість дорівнює нулю, кінетична енергія звертається в нуль, переходячи цілком у потенційну. Відповідно до закону збереження енергії, знаходимо:
 $mV^2 / 2 = fmM (1 / R - 1 / r_{max})$ або $V^2 = 2fM (1 / R - 1 / r_{max})$.
вважаючи r_{max} , нескінченно, знайдемо значення другої космічної швидкості:
 $V_{пар} = 2fM / R = 2 fM / R = 2 V_{кр}$.

Виявляється, вона перевищує першу космічну швидкість в 2 раз. Якщо згадати, що прискорення вільного падіння $g = fM / R^2$, то приходимо до формули $V_{пар} = 2gR$. Щоб визначити другу космічну швидкість біля поверхні Землі, слід в цю формулу підставити $R = 6400 \text{ км}$, в результаті чого отримаємо: $V_{кр} \gg 11,19 \text{ км / сек}$

За наведеними формулами можна обчислити параболічну швидкість на будь-якій відстані від Землі, а також визначити її значення для інших тіл сонячної системи.

Виведений вище інтеграл енергії дозволяє вирішити багато завдань космонавтики, наприклад, дозволяє виробляти прості наближені розрахунки руху супутників планети, космічних ракет і великих планет. Виведена формула параболічної швидкості може бути використана і в наближених розрахунках міжзоряного польоту. Щоб здійснити політ до зірок, необхідно подолати сонячне тяжіння, тобто Зореліт повинна бути повідомлена швидкість, при якій він буде рухатися відносно Сонця по параболічній або гіперболічній орбіті. Назвемо найменшу початкову швидкість третьою космічною швидкістю. Підставляючи в формулу параболічної швидкості замість M значення маси Сонця, а замість R - середня відстань від Землі до Сонця, знайдемо, що зореліт, що стартує з земної орбіти, повинна бути повідомлена швидкість близько 42,2 км / сек. Отже, якщо тілу повідомити геліоцентричну швидкість в 42,2 км / сек, то воно назавжди покине сонячну систему, описавши щодо Сонця параболічну орбіту. З'ясуємо, якою має бути величина швидкості відносно Землі, щоб забезпечити видалення тіла не тільки від Землі, але і від Сонця? Іноді міркують так: оскільки середня швидкість Землі щодо Сонця дорівнює 29,8 км / сек, то необхідно повідомити космічному кораблю швидкість, рівну 42,2 км / сек - 29,8 км / сек, тобто 12,4 км / сек. Це невірно, тому що в цьому випадку не враховується рух Землі по орбіті під час видалення космічного корабля і притягання з боку Землі, поки корабель перебуває у сфері її дії. Тому третя космічна швидкість відносно Землі більше 12,4 км / сек і дорівнює 16,7 км / сек.

Рух штучних супутників Землі.

Рух штучних супутників Землі не описується законами Кеплера, що обумовлюється двома причинами:

- 1) Земля не є точно кулею з однорідним розподілом щільності за обсягом. Тому її полі тяжіння не еквівалентно полю тяжіння точкової маси, розташованої в геометричному центрі Землі;
- 2) Земна атмосфера надає гальмує дію на рух штучних супутників, внаслідок чого їх орбіта змінює свою форму і розміри і в кінцевому результаті супутники падають на Землю.

За відхилення руху супутників від кеплерівського можна вивести висновок про форму Землі, розподілі щільності по її об'єму, будову земної атмосфери. Тому саме вивчення руху штучних супутників дозволило отримати найбільш повні дані з цих питань.

Якби Земля була однорідним кулею і не існувало б атмосфери, то супутник рухався б по орбіті, площа зберігає незмінну орієнтацію в просторі щодо системи нерухомих зірок. Елементи орбіти в цьому випадку визначаються законами Кеплера. Так як Земля обертається, то при кожному наступному обороті супутник рухається над різними точками земної поверхні. Знаючи трасу супутника за один який-небудь оборот, неважко передбачити його положення в усі наступні моменти часу. Для цього необхідно врахувати, що Земля обертається із заходу на схід з кутовою швидкістю приблизно 15 градусів на годину. Тому на наступному обороті супутник перетинає тугіше широту захід на стільки градусів, на скільки Земля повернеться на схід за період обертання супутника.

Через опір земної атмосфери супутники не можуть довго рухатися на висотах нижче 160 км. Мінімальний період обігу на такій висоті по круговій орбіті дорівнює приблизно 88 хв, тобто приблизно 1,5 год. За цей час Земля повертається на 22,5 градуса. На широті 50 градусів цього кутку відповідає відстань в 1400 км. Отже, можна сказати, що супутник, період обертання якого 1,5 години, на широті 50 градусів буде спостерігатися при кожному наступному обороті приблизно на 1400 км західніше, ніж на попередньому.

Однак такий розрахунок дає достатню точність прогнозів лише для декількох обертів супутника. Якщо мова йде про значне проміжку часу, то треба взяти до уваги відміну зоряних доби від 24 годин. Оскільки один оборот навколо Сонця відбувається Землею за 365 діб, то за одну добу Земля навколо Сонця описує кут приблизно в 1 градус (точніше, 0,99) в тому ж напрямку, в якому обертається навколо своєї осі. Тому за 24 години Земля повертається щодо нерухомих зірок не так на 360 градусів, а на 361 і, отже, робить один оборот не за 24 години, а за 23 години 56 хвилин. Тому траса супутника за широтою зміщується на захід не так на 15 градусів на годину, а на 15,041 градусів.

Висновки

Кругова орбіта супутника в екваторіальній площині, рухаючись по якій він знаходиться весь час над однією і тією ж точкою екватора, називається геостаціонарній. Майже половина земної поверхні може бути пов'язана із супутником на синхронній орбіті прямолінійно поширюється сигналами високих частот або світловими сигналами. Тому супутники на синхронних орбітах мають велике значення для системи зв'язку.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Чи є у Землі природні супутники?
2. Якою має бути швидкість штучного супутника Землі?
3. Якої швидкості треба надати космічному кораблю для виходу за сферу тяжіння Сонця?
4. Про які космічні швидкості ви дізналися з тексту?
5. Що довів К. Е. Ціолковський?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 12

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Рух тіла під дією кількох сил. Рівновага тіл. Момент сили.

Мета Сформувати вміння студентів використовувати перший і другий закони динаміки
заняття: Ньютона для опису руху тіл по горизонтальній і по похилій площині.
Відпрацювати практичні навички розв'язування задач на рух тіла під дією кількох сил

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Рух тіла під дією кількох сил 2. Рівновага тіл 3. Момент сили
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

За другим законом Ньютона причиною зміни руху, тобто причиною прискорення тіл, є сила. У механіці розглядаються сили різної фізичної природи. Багато механічні явища і процеси визначаються дією сил тяжіння. Закон всесвітнього тяжіння відкрили І.Ньютоном в 1682 року. Ще 1665 року 23-річний Ньютон висловив припущення, що сили, утримують Місяць їхньому орбіті, тієї ж природи, як і сили, змушують яблуко падати на Землю. За його гіпотези між всіма тілами Всесвіту діють сили тяжіння (гравітаційні сили), спрямовані лінійно, що з'єднує центри мас. У тіла як однорідної кулі центр мас збігаються з центром кулі

1 Навчальне питання Рух тіла під дією кількох сил

Прикладом системи двох взаємодіючих тіл може бути система Земля–Луна. Місяць перебуває від Землі з відривом $L = 3,84 \cdot 10^6$ м. Це відстань приблизно 60 разів перевищує радіус Землі R_3 . Отже, прискорення вільного ал, обумовлене земним притяганням, на орбіті Місяця становить

З такою прискоренням, спрямованим до центра Землі, Місяць рухається орбітою. Отже, це прискорення є доцентровим прискоренням. Його можна розрахувати покинематической формулі для центростремительного прискорення:

де $T = 27,3$ сут. – період обертання Місяця навколо Землі. Збіг результатів розрахунків, виконаних у різний спосіб, підтверджує припущення Ньютона про єдиної природі сили, утримує Місяць на орбіті, і сили тяжкості. Власне гравітаційного поля Місяця визначає прискорення вільного падіння гл їхньому поверхні. Маса Місяця 81 разів менша маси Землі, та її радіус приблизно 3,7 рази менше радіуса Землі. Тому прискорення гл визначиться вираженням: За умов такої слабкої гравітації виявилися космонавти, що висадилися на Місяці. Людина перетворюється на такі умови може виконувати гігантські стрибки. Наприклад, Якщо людина в земних умовах підстрибує на висоту 1 м, то, на Місяці міг би підстрибнути на висоту більше шести м.

2 Навчальне питання Рівновага тіл

Що фізики вкладають у поняття рівноваги?

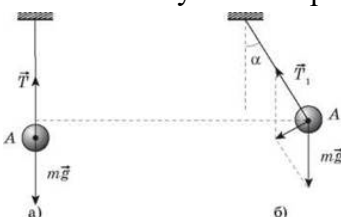
❖ **Рівновага — це стан тіла знаходиться у спокої відносно обраної системи відліку.**

Види рівноваги

Якщо підвісити на цвях учнівську лінійку, то після кількох коливань лінійка зупиниться в стані рівноваги. У цьому випадку сила пружності цвяха й сила тяжіння спрямовані вздовж однієї прямої й зрівноважують одна одну. Якщо відхилити лінійку від положення рівноваги, то лінійка знову повернеться в попередній стан. Таку рівновагу називають **стійкою**.

❖ **Рівновагу тіла називають стійкою, якщо після будь-яких незначних відхилень тіла від положення рівноваги тіло знову повертається в початкове положення.**

Аналізуючи зображення, можемо зробити висновок, що рівнодійна сил повертає тіло у початкове положення.



У загальному випадку тіло перебуває в стані стійкої рівноваги, коли рівнодійна сил повертає тіло в стан рівноваги, або моменти цих сил прагнуть повернути тіло в положення рівноваги.

❖ **Рівновагу тіла називають нестійкою, якщо після будь-яких незначних відхилень тіла від положення рівноваги тіло ще більше відхиляється від початкового положення.**

У цьому випадку центр мас тіла опускається, а моменти сил, що діють на тіло, прагнуть ще більше відхилити тіло від положення рівноваги.

❖ **Рівновагу тіла називають байдужою, якщо після будь-яких незначних відхилень тіла від положення рівноваги тіло залишається у своєму новому положенні.**

Умова рівноваги тіла за відсутності обертання

Знати умови рівноваги дуже важливо, адже, проектуючи будь-яку споруду, що має перебувати в стані спокою (від табурета до залізничного моста), потрібно бути впевненим, що воно справді залишатиметься в такому стані.

Якщо тіло рухається поступально, то за умови рівноваги швидкість поступального руху залишається незмінною. Але будь-яке реальне тіло, крім поступального, може здійснювати й обертотий рух відносно деякої осі обертання.

Наприклад, кулька, що скочується по похилому жолобу, може одночасно здійснювати поступальний та обертотий рухи

Кулька може перебувати в рівновазі лише за умови, що швидкості її поступального й обертотого рухів зберігаються.

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ Якщо тіло не може обертатися, то всі його точки рухаються тільки поступально. У цьому випадку для того, щоб тіло залишалося в стані спокою, необхідно, щоб векторна сума всіх прикладених до тіла сил дорівнювала нулю:

Використовуючи цю умову рівноваги, можна розрахувати сили, що діють з боку тіла, яке перебуває в стані спокою, на кілька опор або підвісів.

Якщо в цій задачі тіло може розглядатися як матеріальна точка, виконання цієї умови рівноваги достатньо для того, щоб тіло залишалося в стані спокою.

Але якщо ми розглянемо, наприклад, сірникову коробку, поставлену вертикально на лінійку, один кінець якої піднімають, то коробка не встигне почати ковзати — вона перевернеться!

3 Навчальне питання Момент сили

Нехай на деяке тверде тіло діє сила, яка може обертати його відносно нерухокої осі, що проходить через точку O і спрямована перпендикулярно площині рисунка.

Проведемо з точки O перпендикуляр до лінії дії сили. Довжину цього перпендикуляра називають **плечем сили**.

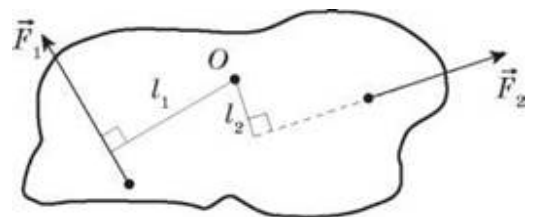
Для характеристики здатності сили обертати тверде тіло вводимо фізичну величину, що називається **моментом сили**.

❖ **Моментом сили відносно осі обертання тіла називають узятий зі знаком плюс або мінус добуток модуля сили на її плече:**

$$M = \pm Fl.$$

У СІ момент сили вимірюється в ньютон-метрах (Н·м). Моментом сил, що обертають тіло проти годинникової стрілки, прийнято приписувати позитивний знак, а за годинниковою стрілкою — негативний.

Умова рівноваги тіла з рухливою віссю обертання



❖ **Поняття моменту сили допомагає сформулювати умову рівноваги тіла: тіло перебуває в рівновазі, якщо момент сили, що прагне обертати тіло в одному напрямі, дорівнює моменту сили, яка прагне обертати його в протилежному напрямі.**

Якщо до тіла, закріпленому на осі, прикладено кілька сил, то умова рівноваги тіла має вигляд: тіло, закріплене на осі, перебуває в стані рівноваги, якщо алгебраїчна сума моментів сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0.$$

Умову рівноваги тіла в такому вигляді називають **правилом моментів**.

Умова рівноваги тіла в загальному випадку

На практиці часто трапляються випадки, коли тіло може одночасно здійснювати й поступальний, і обертовий рухи (автомобіль, що виконує розворот; драбина, притулена до стіни; фігурист, який виступає на змаганнях).

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ Якщо нерухоме тіло може переміщатися поступально, а також виконувати обертовий рух навколо деякої осі, то тіло може перебувати в рівновазі, якщо одночасно виконуються дві умови рівноваги.

1. Рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю:
2. Алгебраїчна сума моментів усіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0.$$

Важіль. Умова рівноваги важеля.

Використовуючи різні пристосування, людина з незапам'ятних часів прагнула полегшити свою роботу, пов'язану з переміщенням і підйомом важких предметів.

У фізиці пристосування для перетворення руху й сили називають механізмами. Більшість із них були винайдені ще до нашої ери. Ще давні єгиптяни використали важіль і похилу, щоб підняти важкі кам'яні блоки до вершини піраміди.

Механізми, що використовуються людиною, можуть бути влаштовані дуже складно, однак для розуміння їх роботи достатньо вивчити так звані **прості механізми** — важіль і похилу площину.

Кожному відомо, що важкий предмет можна зрушити з місця за допомогою досить довгого стрижня. Причому цей стрижень обертається навколо нерухомої точки опори (цю точку називають віссю обертання).

❖ **Важіль — це твердий стрижень, що може обертатися навколо нерухомої опори.**

Важіль — перший найпростіший механізм, яким людина користувалася протягом десятків тисяч років. Зображення важеля можна знайти в стародавніх книгах, на стінах храмів, папірусах.

Прикладом важелів можуть служити ножиці, плоскогубці.

Важіль — це необов'язково довгий і тонкий предмет. Наприклад, колесо — теж важіль, тому що це тверде тіло, що обертається навколо осі.

Уведемо ще два визначення. Лінією дії сили назвемо пряму, що проходить через вектор сили. Найкоротшу відстань від осі важеля до лінії дії сили назвемо плечем сили.

З курсу геометрії ви знаєте, що найкоротша відстань від точки до прямої — це перпендикуляр до цієї прямої.

Вивчимо умови рівноваги важеля дослідним шляхом. Візьмемо як важіль міцний стрижень із поділками, нанесеними на рівних відстанях одна від одної, який може вільно обертатися

навколо осі, що проходить через його середину. Будемо підвішувати до важеля різні вантажі, домагаючись того, щоб важіль із вантажами перебував у рівновазі.

Поставивши кілька дослідів, ми виявимо, що важіль перебуває в рівновазі під дією двох сил, якщо:

1) прикладені до важеля сили намагаються обернути його в протилежних напрямках;

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ 2) модулі прикладених до важеля сил обернено пропорційні плечам цих сил.

Висновки

Умова, за якої тіло не може рухатися поступально:

- Векторна сума всіх прикладених до тіла сил має дорівнювати нулю: $1 + 2 + 3 + \dots = 0$.
- Довжину перпендикуляра, опущеного з осі обертання на лінію дії сили, називають плечем сили.
- Моментом сили відносно осі обертання тіла називають узятий зі знаком плюс або мінус добуток модуля сили на її плече:
- Правило моментів: тіло, закріплене на осі, перебуває в стані рівноваги, якщо алгебраїчна сума моментів сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю:
- Умова рівноваги тіла в загальному випадку.

1. Рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю:

2. Алгебраїчна сума моментів всіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що розуміють у механіці під терміном «рівновага»?
2. Чи обов'язково рівновага означає стан спокою?
3. Коли тіло, закріплене на осі, перебуватиме в рівновазі під дією двох сил?
4. Чи можна застосовувати умови рівноваги тіла, коли явної осі обертання немає?
5. За яких умов може перебувати в рівновазі тіло, що може рухатися поступально й обертатися?
6. Чому зігнутою в лікті рукою можна підняти більший вантаж, ніж у витягнутій?
7. Чому в автомобілів і велосипедів гальма краще ставити на задні, а не на передні колеса?
8. Довгий стрижень легше утримувати в горизонтальному положенні за середину, ніж за кінець. Чому?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 13

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Умова рівноваги тіла, що має вісь обертання.
Мета	<u>подати пізні види рівноваги тіл; вивести формулу умови рівноваги тіл та момент сили; формувати вміння оцінювати ситуацію</u>
заняття:	
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:	
Опорні конспекти	

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 3. Момент сил. 4. Умова рівноваги тіл.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Розділ механіки, в якому вивчаються умови рівноваги тіл, називається **статикою**.

Рівновагою тіла називають такий стан, коли будь-яке прискорення тіла дорівнює нулю, тобто всі дії на тіло сил і моментів сил зрівноважені. При цьому тіло може:

- знаходитись у стані спокою (рис.2.2.35, а);
- рухатись рівномірно і прямолінійно (рис.2.2.35, б);
- рівномірно обертатись навколо осі, яка проходить через центр його тяжіння, (рис.2.2.35, в).

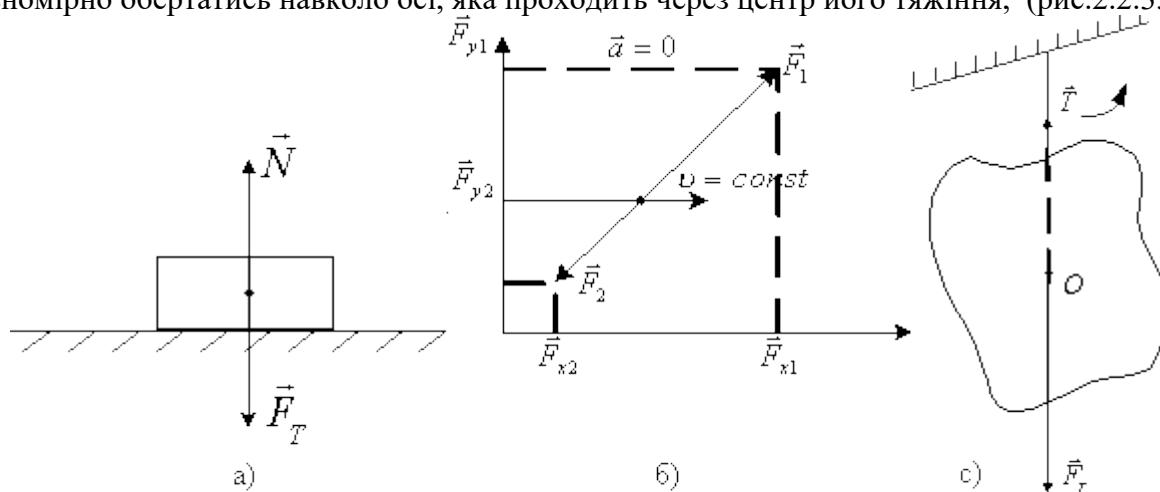


Рис.2.2.35.

1 Навчальне питання Момент сил

1) *геометрична сума всіх сил, прикладених до тіла дорівнює нулю:*

$$\sum \vec{F} = 0$$

2) *алгебраїчна сума моментів сил дорівнює нулю:*

$$\sum M = 0 (M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0)$$

При цьому будь-яке тіло може рухатись поступально і одночасно обертатись навколо деякої осі. Розглянемо випадок, коли тіло не обертається. Для того щоб тіло не оберталось і знаходилося в

рівновазі, необхідно, щоб сума проекцій всіх сил на довільну вісь ($\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum F_z = 0$) дорівнювала нулю, тобто рівнодійна сил $\vec{R} = 0$.

Тоді тіло або перебуває в спокої, або рухається рівномірно і прямолінійно.

Тіло, яке має вісь обертання, перебуватиме в рівноважному стані, якщо виконується **правило моментів сил**: сума моментів сил, які обертають тіло за годинниковою стрілкою, має дорівнювати сумі моментів сил, які обертають його проти годинникової стрілки.

Моментом сили називають взятий зі знаком "+" або "-" добуток модуля сили на плече:

$$M = \pm F d$$

Момент сили додатний, якщо тіло обертається під дією цієї сили проти годинникової стрілки, від'ємний, якщо тіло обертається за годинниковою стрілкою. Одиниця вимірювання в СІ Н·м.

Плече сили d - це найкоротша відстань від осі обертання до лінії дії цієї сили (рис.2.2.36).

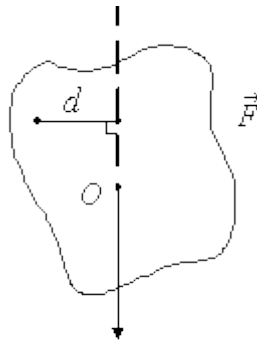


Рис.2.2.36.

Щоб отримати потрібний момент за найменшого зусилля, потрібно прикладати силу якомога далі від осі обертання, збільшуючи тим самим плече сили і відповідно зменшуючи значення сили.

Приклади тіл, які мають вісь обертання: важіль, двері, блоки, коловорот тощо.

Важелем називають тверде тіло з нерухомою віссю обертання, на яке діють сили, що намагаються повернути його навколо цієї осі.

Розглянемо умови рівноваги важеля. Важіль з віссю обертання O між вантажем вагою $\vec{F}_0$ і силою $\vec{P}$

називають важелем першого роду (рис.2.2.37). За відсутності тертя для утримання важеля із вантажем в рівновазі необхідно, щоб значення моменту, що обертає важіль за годинниковою

стрілкою (тут - момент сили $\vec{F}_0$) відносно осі обертання важеля, дорівнювало значенню моменту сили $\vec{P}$ відносно тієї ж осі, що обертає важіль у протилежному напрямі:

$$F_0 L = P l \rightarrow \frac{F_0}{P} = \frac{l}{L} \quad (2.2.23)$$

На основі таких міркувань отримуємо **умови рівноваги важеля**: важіль знаходиться в рівновазі, якщо сили, які діють на тіло будуть обернено пропорційні плечам.

Із подібності трикутників COA_1 і DOB_1 (рис. 2.2.38)

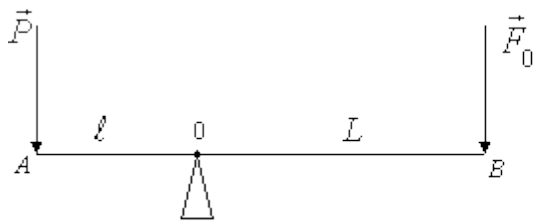


Рис.2.2.37.

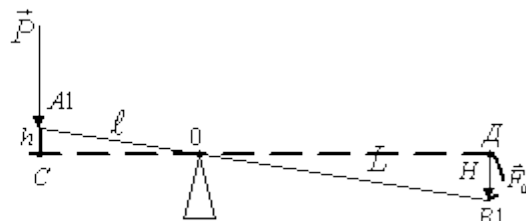


Рис.2.2.38.

$$\frac{l}{L} = \frac{h}{H}$$

та з урахуванням формули (2.2.23)

$$F_0 = P \frac{h}{H}$$

Розрізняють три види рівноваги тіл, що мають точку опори (рис.2.2.39):

2 Навчальне питання Умова рівноваги тіл

1. **стійку рівновагу**, якщо тіло, будучи виведеним із положення рівноваги в сусіднє найближче положення і залишене в спокої, повернеться в це положення;
2. **нестійку рівновагу**, якщо тіло будучи виведеним із положення рівноваги в сусіднє положення і залишене в спокої, буде ще більше відхилятися від цього положення.

3. **байдужу рівновагу** - якщо тіло, будучи виведеним в сусіднє положення і залишене в спокої, залишиться в новому своєму положенні.



Рис.2.2.39.

Рівновага тіла із закріпленою віссю обертання (рис. 2.2.40), буде:

- 1) **стійкою**, якщо в положенні рівноваги центр тяжіння C займає найнижче положення з усіх можливих ближніх положень, а його потенціальна енергія матиме найменше значення із усіх можливих значень в сусідніх положеннях (рис.2.2.40, а);
- 2) **нестійкою**, якщо центр тяжіння C займає найвище із всіх ближніх положень, а потенціальна енергія має найбільше значення (рис.2.2.40, б);
- 3) **байдужою**, якщо центр тяжіння тіла C в усіх ближніх можливих положеннях знаходиться на одному рівні, а потенціальна енергія при переході тіла, не змінюється (рис.2.2.40, в).

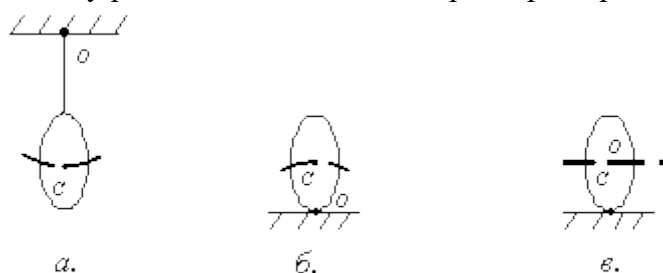


Рис.2.2.40.

Центром тяжіння тіла називають точку всередині тіла (або поза ним), відносно якої сума моментів сил тяжіння, які діють на окремі частини тіла, дорівнює нулю.

Положення центра тяжіння будь-якого тіла можна знайти, розбиваючи тіло на частини більш

прості форми і визначаючи центри прикладання рівнодійної $\vec{R}$ сил тяжіння, які діють на ці частини. Наприклад, тонка однорідна пластинка (рис.2.2.41).

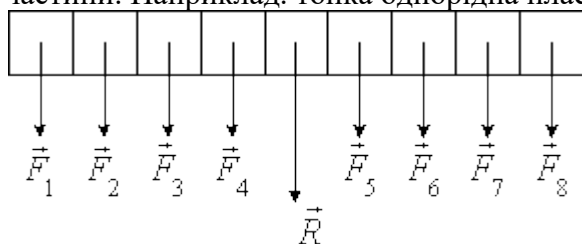


Рис.2.2.41.

Розіб'ємо пластинку на багато малих рівних між собою смужок. На кожну з них діє сила тяжіння - всі ці сили рівні між собою. Складаємо по дві сили, рівновіддалені від середини смужок. Рівнодійні будь-яких двох таких сил прикладено в середині смужки. Звідси випливає, що центр тяжіння однорідної тонкої пластинки знаходиться в її середині. Так само можна встановити, що центр тяжіння однорідного прямокутного стрижня знаходиться в його середині (рис.2.2.42), трикутника - в точці перетину його медіан (рис.2.2.43), паралелограма - в точці перетину його діагоналей (рис.2.2.44), однорідного кільця - в його геометричному центрі (рис.2.2.45)

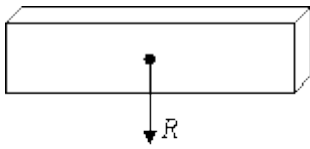


Рис.2.2.42.

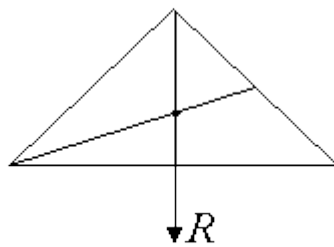


Рис.2.2.43.

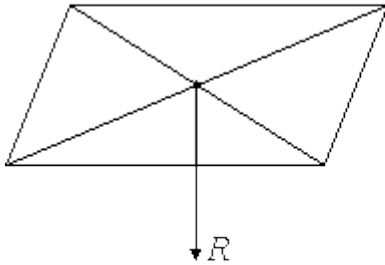


Рис.2.2.44.

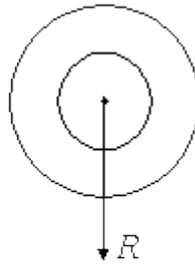


Рис.2.2.45.

Наведені приклади доводять, що якщо тіло має центр симетрії, то центр тяжіння збігається з центром симетрії. Якщо тіло має вісь симетрії, то його центр тяжіння лежить на цій осі. Якщо тіло має площину симетрії, то його центр тяжіння лежить в цій площині.

Висновки

- Рівновага тіла – це збереження стану руху або спокою з плином часу;
- Умова рівноваги тіла: тіло, що рухається поступально, зберігає швидкість свого руху постійно, якщо рівнодійна сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю $F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$
- Момент сили M – це фізична величина, що дорівнює добутку модуля сили F , яка діє на тіло, на плече L цієї сили: $M = FL$
- Правило моментів: тіло, яке має нерухому вісь обертання, перебуває в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів усіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю $M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n = 0$
- Центр мас тіла – це точка перетині прямих, уздовж яких напрямлені сили, що викликають тільки поступальний рух тіла
- Види рівноваги: стійка, нестійка, байдужа

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що означає вираз "тіло або система тіл знаходиться в стані рівноваги"?
2. Виконавши пояснювальні рисунки, охарактеризуйте види рівноваги тіл, що мають: точку опори, нерухому вісь обертання, площу опори. Які умови рівноваги цих тіл?
3. Яку рівновагу називають нестійкою? Стійкою? Байдужою?
4. Як впливають розміри площі опори тіла на стійкість цього тіла?
5. У чому полягає умова рівноваги тіл, що рухаються поступально (не обертаючись)?
6. Що називають плечем сили?
7. Що називають моментом сили? Яка формула виражає зміст цього поняття? Назвіть одиницю вимірювання моменту сили в СІ?
8. Яку роль відіграє момент сили в обертальному русі?
9. Як визначають знак моменту сили? Чому дорівнює момент сили, що проходить через вісь обертання?

10. Сформулюйте і запишіть умову рівноваги тіла із закріпленою віссю обертання, тобто правило моментів.

11. Які загальні умови рівноваги довільного твердого тіла?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 14

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.

Мета
заняття: Подати пізні види рівноваги тіл; вивести формулу умови рівноваги тіл та момент сили; формувати вміння оцінювати ситуацію. формувати вміння аналізувати, встановлювати зв'язки між елементами змісту раніше вивченого матеріалу з основ механіки, навички пошукової пізнавальної діяльності, здатність до самоаналізу.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, плакат

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Імпульс тіла. 2. Закон збереження імпульсу. 3. Реактивний рух
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Закони Ньютона в принципі дозволяють розв'язати всі задачі, пов'язані із взаємодією тіл. Але знайти сили, що взаємодіють, нерідко досить складно, а без цього неможливо з найги прискорення, якого набувають тіла, та, відповідно, їхні швидкості переміщення. Для розв'язання подібних задач в механіці введено спеціальні поняття та величини, за їхньої допомоги встановлено співвідношення між ними. При цьому виявилось, що числові значення введених величин не змінюються в процесі взаємодії тіл, тому найважливіші співвідношення між величинами, що зберігаються, отримали назву законів збереження. Закон збереження енергії вже розглядався в попередніх курсах у різних інтерпретаціях. Зараз ми ознайомимось також із законом збереження імпульсу.

Закони збереження, як і закони Ньютона, є результатом теоретичного узагальнення дослідних фактів. Закони збереження — фундаментальні закони фізики. Вони мають винятково велике значення, бо застосовуються не тільки в механіці, а й в інших розділах фізики.

1 Навчальне питання Імпульс тіла

Під терміном «імпульс» (від латин, *impulsus* — поштовх) в механіці розуміють імпульс сили й імпульс тіла.

Запитання до класу. Як ви вважаєте, чи залежить результат взаємодії від часу, чи він визначається лише силою взаємодії?

Демонстрація 1. На горизонтальну поверхню покласти сталеву кульку. Швидко пронести над нею магніт. Кулька ледве зрушить з місця (рис. 1, а). Повторити дослід, проносячи магніт уже повільно. Кулька почне рухатись за магнітом (рис. 1, б).

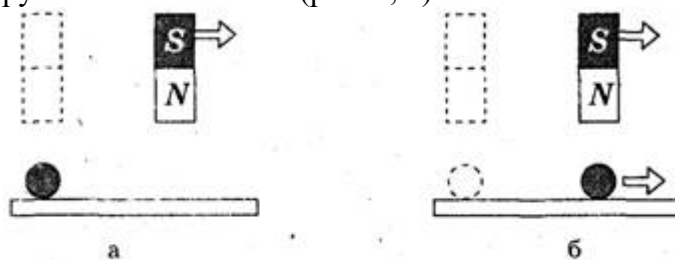


Рис. 1

Демонстрація 2.

На край стола покласти аркуш паперу і поставити, на нього склянку з водою. Якщо повільно тягти папір, то склянка рухається разом з ним (рис. 2, а). Якщо ж аркуш смикнути різко, він висмикнеться з-під склянки, а склянка залишиться на місці (рис. 2, б).

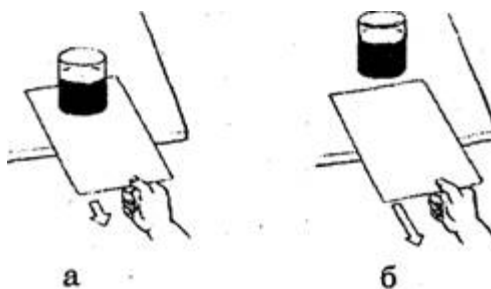


Рис. 2

Запитання. Про що свідчать ці досліди?

Взаємодія тіл залежить не тільки від сили, але й від часу її дії, тому для характеристики дії сили ввели спеціальну характеристику — імпульс сили.

Імпульс сили — фізична величина, яка є мірою дії сили за деякий інтервал часу і чисельно визначається добутком сили на час її дії: $\vec{I} = \vec{F} \cdot t$.

Одиницею в СІ є ньютон-секунда (Н*с). Імпульс сили є векторною величиною: напрям імпульсу сили збігається з напрямом сили, що діє на тіло.

2. імпульс тіла

Уявимо собі, що кулю масою 10 г кинули зі швидкістю 5 м/с. Таку кулю можна зупинити аркушем цупкого картону чи товстою тканиною, але якщо її випустити з гвинтівки зі швидкістю 800 м/с, то навіть за допомогою трьох товстих дощок майже неможливо зупинити.

Запитання. Який висновок можна зробити з цього прикладу?

Отже, для характеристики руху недостатньо знати тільки масу тіла і швидкість. Тому як одну з мір механічного руху введено імпульс тіла (або кількість руху).

Імпульс тіла — фізична величина, яка є мірою механічного руху і чисельно визначається добутком маси тіла на швидкість його руху: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$.

Імпульс тіла — векторна величина, її напрям збігається з напрямом швидкості руху тіла. Одиницею в СІ є кілограм-метр за секунду (кг-м/с).

Якщо тіло масою m рухається зі швидкістю $\vec{v}$, а потім протягом часу взаємодії з іншим тілом із силою $\vec{F}$, то в процесі цієї взаємодії тіло рухалось з прискоренням $\vec{a}$:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

За другим законом Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$

Остання формула є зв'язком між імпульсом сили і зміною імпульсу тіла.

Таким чином, зміна імпульсу тіла дорівнює імпульсу сили взаємодії.

2 Навчальне питання Закон збереження імпульсу

Ізольована (або замкнена) система тіл — це система тіл, які взаємодіють тільки між собою і не взаємодіють з тілами, які не входять в цю систему.

Ізольованих систем тіл у значенні сенсі цього слова не існує, це ідеалізація. Всі тіла у світі взаємодіють. Але в ряді випадків реальні системи можна розглядати як ізольовані, виключаючи з розглядання ті взаємодії, які в даному випадку є несуттєвими.

Демонстрація 3. Пружний удар двох кульок однакової маси, підвішених на нитках (рис. 3).

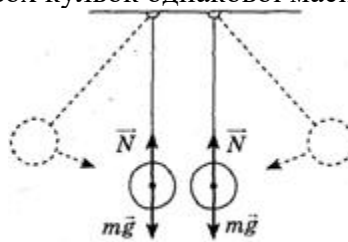


Рис. 3

Так, вивчаючи пружний удар двох однакових кульок, систему кульок можна розглядати як ізольовану, бо в момент удару сили тяжіння кульок зрівноважені силами реакції ниток, сили опору повітря кульок малі.

Завдання. Наведіть приклади інших систем, які можна вважати ізольованими.

Якщо знову звернутися до системи кульок масами m_1 і m_2 , які в початковий момент часу в обраній інерціальній системі відліку мають швидкості v_{01} і v_{02} , то через момент часу t їхні швидкості в результаті взаємодії змінилися до v_1 і v_2 .

Відповідно до третього закону Ньютона:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad \vec{F}_1 = m_1 \vec{a} = m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t}, \quad \vec{F}_2 = m_2 \vec{a} = m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}.$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \text{ то } m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{0_1}}{t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{0_2}}{t},$$

$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{0_1} = -(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{0_2}), \quad m_1 \vec{v}_{0_1} + m_2 \vec{v}_{0_2} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2.$$

Закон збереження імпульсу. Векторна сума імпульсів тіл, які входять у замкнену систему, залишається сталою:

$$m_1 \vec{v}_{0_1} + m_2 \vec{v}_{0_2} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

3 Навчальне питання Реактивний рух

Законом збереження імпульсу пояснюється реактивний рух.

Реактивний рух — це рух тіла, який виникає в результаті відокремлення від нього частини або викиду ним речовини з деякою швидкістю відносно тіла.

Демонстрація 4. Надуту повітряну кульку, а потім відпустити. Кулька буде рухатись за рахунок газів, що з неї «витікають».

Завдання. Наведіть приклади реактивного руху.

Відповідь: Реактивний рух здійснюють літаки, які рухаються зі швидкостями в декілька тисяч кілометрів за годину, снаряди усім відомих «катюш», бойові та космічні ракети. Навіть є легкі танки для переміщення по воді. Реактивний рух притаманний деяким істотам, наприклад кальмарам, каракатицям, восьминогам.

Розглянемо рис. 4. Будь-яка ракета складається з трубчатого корпусу 1, закритого з одного кінця. На другому кінці розташовано сопло 2. Будь-яка ракета має паливо 3.

Коли ракета стоїть нерухомо, її сумарний імпульс дорівнює нулю: паливо і корпус нерухомі. Будемо вважати, що паливо ракети згоряє миттєво і розжарені гази 4 під великим тиском вибиваються назовні. При цьому корпус ракети рухається в бік, протилежний руху розжарених газів.

Нехай $m_r v_r$ — проекція імпульсу газів на вертикальну вісь Oy, а $m_k v_k$ — проекція корпусу ракети. За законом збереження імпульсу сума імпульсів корпусу ракети і газів, що витікають, дорівнює сумарному імпульсу ракети на старті, що, як відомо, дорівнює нулю. Відповідно

$$0 = m_r v_r + m_k v_k, \quad m_k v_k = -m_r v_r.$$

Звідси випливає, що корпус ракети отримує такий самий за модулем імпульс, що і гази, які вилетіли із сопла. Отже,

$$v_k = -\frac{m_r}{m_k} v_r.$$

Знак «-» вказує на те, що напрям швидкості корпусу ракети протилежний напрямку швидкості газів, що вилітають. Тому для переміщення ракети в заданому напрямі струмінь газів, що викидає ракета, треба спрямувати протилежно заданому напрямку руху. Як бачимо, ракета рухається, не взаємодіючи з іншими тілами, тому вона може рухатись у космосі.

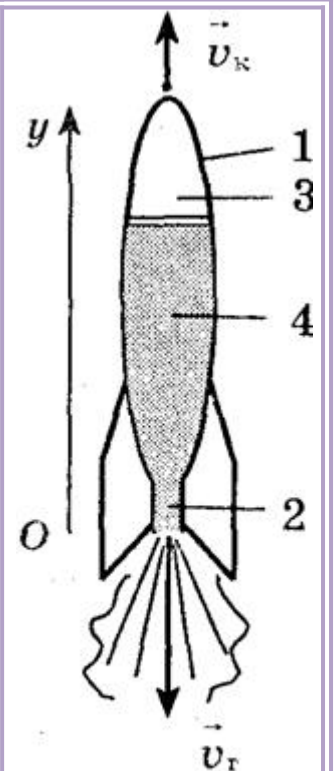


Рис. 4

Висновки

Імпульс сили	— фізична величина, яка є мірою дії сили за деякий інтервал часу і чисельно визначається добутком сили на час її дії: $\vec{I} = \vec{F} \cdot t$
Імпульс тіла	— фізична величина, яка є мірою механічного руху і чисельно визначається добутком маси тіла на швидкість його руху: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$.

Ізольована (абозамкнена) система тіл	— це система тіл, які взаємодіють тільки між собою і не взаємодіють з тілами, які не входять в цю систему.
Закон збереження імпульсу	Векторна сума імпульсів тіл, які входять у замкнену систему, залишається сталою: $m_1 \vec{v}_{0_1} + m_2 \vec{v}_{0_2} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$

Питання та завдання до контролю знань студентів

- 1) Що таке імпульс тіла? (імпульсом тіла називається величина, що дорівнює добутку маси тіла на його швидкість).
- 2) Чому дорівнює модуль імпульсу тіла? (mv).
- 3) 3) Що таке імпульс сили? (Ft).
- 4) Чи може імпульс тіла дорівнювати нулю? (Може)
- 5) Як напрямлений вектор імпульсу тіла? (Так само як вектор швидкості).
- 6) Як напрямлений вектор імпульсу сили? (Так само як вектор сили).
- 7) Що можна сказати про імпульс тіла, коли сума сил, прикладених до нього, дорівнює нулю? (Він не змінюється).
- 8) Що таке замкнена система тіл? (Замкнена система тіл – це сукупність тіл, що взаємодіють між собою, але не взаємодіють з іншими тілами).
- 9) У чому полягає закон збереження імпульсу? (Геометрична сума імпульсів тіл, що утворюють замкнену систему, залишається сталою під час будь-яких рухів і взаємодій тіл системи).
- 10) Який рух називається реактивним?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 15

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Основні положення спеціальної теорії відносності.

Мета Повторити принцип відносності Галілея та ознайомити учнів із передумовами виникнення теорії відносності, сформулювати в учнів розуміння основних положень; розвивати логічне мислення, вміння аналізувати, робити висновки; формувати в учнів усвідомлення пізнаваності навколишнього світу і безмежності пізнання

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Принцип відносності Галілея. 2. Основні положення спеціальної теорії відносності.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніхнавч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

1 Навчальне питання Принцип відносності Галілея

Рух будь-якого тіла відносний: його положення, швидкість, вид траєкторії залежать від того, відносно якої системи відліку (тіла відліку) цей рух розглядається. Щоб описати рух тіла, зручно вибирати інерціальну систему відліку, оскільки в цій системі відліку зміна швидкості тіла зумовлена лише дією на нього інших тіл. Інерціальними системами відліку називають такі системи відліку, у яких виконується перший закон Ньютона. Уперше твердження про рівноправність усіх інерціальних систем відліку висловив Галілей, тому його називають принципом відносності Галілея (або принципом відносності класичної фізики).

У всіх інерціальних системах відліку за однакових початкових умов усі механічні явища протікають однаково. Це співвідношення називається законом додавання швидкостей Галілея (або класичним законом додавання швидкостей).

2. Передумови теорії відносності

Принцип відносності класичної фізики правильно описує звичайні механічні явища, але виникає запитання: чи можна поширити принцип відносності на всі фізичні явища, не обмежуючись лише механічними? Чи можна, наприклад, поширити його і на електромагнітні явища? Здавалося б, що на це запитання можна дати ствердну відповідь, тому що взаємодії електричних зарядів і електричних струмів у різних інерціальних системах відліку є однаковими. Однак тут виникла проблема з поширенням світла. Як відомо, світло являє собою електромагнітну хвилю (це вперше теоретично довів англійський фізик Дж. Максвелл). Німецький фізик Г. Герц підтвердив цей факт дослідним шляхом. Але, відповідно до теорії Максвелла, швидкість світла в усіх ІСВ має бути однією й тією ж, тобто не відносною, як швидкості звичайних тіл, а абсолютною. Американські фізики А. Майкельсон і Е. Морлі наприкінці XIX ст. вирішили порівняти швидкість світла, що поширюється за напрямком руху Землі її орбітою й у протилежному напрямку. Досліди, проведені вченими, переконливо довели, що світло у вакуумі поширюється завжди з однією й тією ж швидкістю (близькою до 300 000 км/с). Щоб правильно пояснити досліди А. Майкельсона й Е. Морлі, необхідно було відмовитися від звичних уявлень про простір і час. Виникла суперечність, розв'язати яку на початку XX ст. намагалося багато видатних фізиків. Але зробити це вдалося скромному службовцеві патентного бюро у швейцарському місті Берні Альберту Ейнштейну.

Відносно нерухомої системи, то швидкість тіла відносно нерухомої системи відліку дорівнює: $u' = u + v$. З цього принципу випливає, що не існує якоїсь виділеної системи відліку, яку можна було б назвати «такою, що перебуває в стані спокою»: усі інерціальні системи відліку цілком рівноправні. А це означає, що швидкість будь-якого тіла є відносною: її можна визначити лише відносно певного тіла. З принципу відносності Галілея випливає, що закони Ньютона мають той самий прояв у всіх ІСВ. При цьому, якщо тіло рухається відносно інерціальної системи зі швидкістю u , а сама система рухається зі швидкістю

2 Навчальне питання Основні положення спеціальної теорії відносності

Альберт Ейнштейн стверджував, що законом природи є цілкова рівноправність усіх інерціальних систем відліку щодо не лише механічних, але й електромагнітних процесів. Немає жодних відмінностей між станом спокою й рівномірного прямолінійного руху. Ейнштейн узяв установлені на досліді факти як основні положення теорії, названої згодом спеціальною теорією відносності. Ці положення називають постулатами теорії відносності:

- 1) усі фізичні явища протікають однаково в усіх інерціальних системах відліку;
- 2) швидкість світла у вакуумі однакова в усіх інерціальних системах відліку.

Перший постулат назвали принципом відносності Ейнштейна. Другий постулат стверджує сталість швидкості світла в усіх інерціальних системах відліку. Головний внесок Ейнштейна в

пізнання законів природи полягав навіть не у відкритті нових формул, а в радикальній зміні основних фундаментальних уявлень про простір, час, речовину і рух. Поширення принципу відносності Галілея на всі закони природи означає, що закон додавання швидкостей справедливий для опису поширення всіх видів взаємодії, зокрема електромагнітної.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що у фізиці розуміють під системою відліку?
2. Які системи відліку називаються інерціальними? Наведіть приклади.
3. Скільки існує інерціальних систем відліку?
4. У чому полягають відмінності у формулюваннях принципу відносності Галілея і принципу відносності Ейнштейна?
5. Чи можна стверджувати, що фізичні процеси та явища, які коли-небудь іще відкриють, підпорядковуватимуться принципу відносності?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 16

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Основні положення МКТ.

Мета заняття: Розглянути дослідне обґрунтування молекулярно-кінетичної теорії. Розкрити значення молекулярних явищ і показати їх практичне застосування. Заохочувати до розуміння основних понять, познайомити із величинами, що характеризують молекули, методи їх вимірювання.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: - Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та її дослідне обґрунтування. - Маса та розмір молекул. Стала Авогадро
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Молекулярна фізика вивчає тепловий рух. Тепловий рух зумовлює внутрішні властивості тіл, і його вивчення дає змогу зрозуміти багато фізичних процесів, які відбуваються в тілах.

Явища, зумовлені тепловим рухом атомів і молекул, називають тепловими. Вони відіграють важливу роль у природі. Зі зміною температури повітря змінюється все - температура тіла, розміри твердих тіл і рідин.

Молекулярно-кінетична теорія пояснює теплові явища в макроскопічних тілах на основі уявлень, що всі тіла складаються з окремих частинок, які рухаються хаотично.

Теорію, яка пояснює будову і властивості тіл на основі закономірностей руху і взаємодії молекул, називають молекулярно-кінетичною теорією. Значний внесок у створення МКТ зробили: Лавуаз'є, Ломоносов, Больцман (друга половина XIX ст.).

1 Навчальне питання Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та її дослідне обґрунтування

1. Будь-які речовини мають дискретну (переривчасту) будову. Вони складаються з найдрібніших частинок молекул і атомів. Підтвердженням дискретності є прокатка, кування металу, отримання 1974 року фотографії окремих молекул і атомів, розчинність речовин тощо.

Молекули - найменші частинки, які мають хімічні властивості речовини. Молекули складаються з більш простих частинок - атомів хімічних елементів. У природі є 92 хімічні елементи. Разом із штучними наразі налічується 105 елементів.

Речовину, яка побудована з атомів лише одного виду, називають елементом (водень, кисень, азот тощо). Кожен елемент має свій номер Z в таблиці Менделєєва. Число Z визначає кількість протонів у ядрах атомів і електронів, що рухаються в атомі навколо ядра.

2. Молекули знаходяться в стані неперервного хаотичного (непорядкованого) руху, що називається тепловим і у загальному випадку є сукупністю поступального, обертального і коливального рухів.

Під час нагрівання речовини швидкість теплового руху і кінетична енергія його частинок збільшуються, а під час охолодження зменшуються. Ступінь нагрітості тіла характеризує його температура, яка є мірою середньої кінетичної енергії хаотичного поступального руху молекул цього тіла.

3. Молекули взаємодіють одна з одною із силами електромагнітної природи, причому на великих відстанях вони притягуються, а на малих - відштовхуються. Сили притягання і відштовхування між молекулами діють постійно.

Молекули різних речовин по-різному взаємодіють одна з одною. Ця взаємодія залежить від типу молекул і відстані між ними. Залежно від характеру руху і взаємодії молекул розрізняють три стани речовини: твердий, рідкий, газоподібний (плазма).

Плазма - сильно іонізований газ (повітря), під дією високих температур. Для газів характерні великі міжмолекулярні відстані, малі сили притягання, тому гази можуть необмежено розширюватись. Молекули газу хаотично рухаються, співударяються одна з одною і зі стінками посудини (рис.3.1.3).

У рідинах молекули розміщені тісно і коливаються навколо положення рівноваги, а також перескакують з одного рівноважного положення в інше (ближній порядок) (рис. 3.1.4).

У твердих тілах сили взаємодії кожної молекули із сусідніми настільки великі, що молекула здійснює малі коливання навколо деякого сталого положення рівноваги - вузла кристалічних ґрат - дальній порядок (рис.3.1.5).



Молекулярно-кінетичну теорію речовини підтверджено такими дослідями і спостереженнями:

- дослід із змішуванням рідин;
- дослід із розчиненням твердих речовин в рідинах;
- спостереження над стисливістю речовин;
- деформації твердих тіл;
- броунівський рух;
- спостереження дифузії;
- зображення окремих молекул, отримані за допомогою іонного проектора, електронного мікроскопа;
- рентгеноструктурний аналіз речовин;
- спостереження космосу.

Броун 1827 року відкрив хаотичний рух спори плауна у воді. Рух завислих частинок відбувався внаслідок руху молекул. Такого ж руху зазнають частинки фарби у воді, пилинки в промені світла тощо. Молекули передають частинкам імпульс, а отже, чинять на частинки тиск.

Якщо частинка має малу площу S_1 , то на одну з її сторін у будь-який момент часу середнє значення тиску може бути більшим, ніж на іншу, тому частинка здійснює безладний рух в об'ємі рідини. Причиною броунівського руху є флуктуація імпульсу, що передається від молекул частинці. Флуктуація - відхилення значення будь-якої величини від середнього. Оскільки $S_2 \gg S_1$, частинка 2 не здійснює броунівського руху, бо тиск з усіх боків на неї однаковий (рис.3.1.6).



1905 року Ейнштейн розробив кількісну теорію броунівського руху.

Дифузія - явище спонтанного проникнення молекул контактуючих речовин в міжмолекулярні проміжки кожної з них.

Дифузію, що відбувається через напівпроникні перегородки, називають осмосом.

Приклад дифузії в газах - виникнення запаху, у рідинах - переміщення рідин різної густини.

Молекули золота і свинцю внаслідок дифузії протягом 5 років утворюють шар завтовшки 1 см.

З підвищенням температури швидкість дифузії зростає. У природі дифузія сприяє живленню рослин з ґрунту. Без дифузії життя було б неможливим, адже насичення крові киснем і відведення шкідливих речовин - теж дифузія.

Довести існування значних сил притягання між атомами або молекулами можна, зокрема, за допомогою досліду з товстою палицею, яку важко зламати. Але одні лише сили притягання не можуть забезпечити існування стійких атомів й молекул.

Завдяки силам відштовхування молекули не проникають одна в одну.

Хоч молекули електронейтральні, між ними на малих відстанях діють значні електричні сили, бо молекула - складна система, що складається з електронів і ядер атомів. Відбувається взаємодія між електронами і ядрами сусідніх молекул.

Електричне поле за межами молекул швидко спадає з відстанню. Якщо зблизити молекули на відстань 2 - 3 діаметрів, виникає взаємодія їх ядер і електронних оболонок. Різнойменні заряди починають притягатися, а однойменні відштовхуватися. Коли молекули зіткнулися своїми електронними оболонками подальше їх зближення стає неможливим. Сили відштовхування різко зростають зі зменшення відстані між центрами молекул. Якщо $r > r_0$, тоді переважають сили відштовхування і навпаки.

Графічну залежність сили взаємодії F_r (1), сили відштовхування F_l (2) і сили притягання F_2 (3) молекул від відстані між молекулами зображено на рис.3.1.7.



Більшість молекул неорганічних речовин мають діаметр $d = 10^{-10}$ м і $m = 10^{-26}$ кг. Гігантами є молекули білків. Характерний розмір молекули дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), наприклад, досягає кількох сантиметрів.

Для зручності розрахунків ввели поняття "відносна атомна (молекулярна) маса" де $M_r(Ar)$ - відносна молекулярна (атомна) маса; m_0 - маса атома або молекули довільної речовини; $1/12 m_0(C_{12}) - 1$ а. о. м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг - маса $1/12$ частини маси атома Карбону.

Величину $1/12 m_0(C_{12})$ використовують для порівняння з масою молекули (атома) через те, що Карбон є дуже поширеною речовиною, на цю величину майже націло діляться всі маси атомів хімічних елементів.

2 Навчальне питання Маса та розмір молекул. Стала Авогадро

Відносну молекулярну масу речовин, молекули яких складаються з декількох атомів, знаходять за формулою

$$M_r = A_{r1} n_1 + A_{r2} n_2 + \dots + A_{rk} n_k.$$

Наприклад, для H_2O : $M_r = 1 \cdot 2 + 16 \cdot 1 = 18$; для Cu : $M_r = A_{r1} n_1 = 1 \cdot 64 = A_r$.



А для органічних речовин значення M_r (A_r) може досягати сотень тисяч. Кількість атомів, що міститься в 0,012 кг ізотопу Карбону (C^{12}) дорівнює числу Авогадро: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ (1/моль).

У молекулярній фізиці виникла потреба введення нової одиниці вимірювання кількості речовини - моля. В 1 молі будь-якої речовини міститься однакова кількість молекул або атомів. Кількість молів структурних одиниць речовини знаходять за формулою



де N - кількість молекул або атомів (структурних одиниць) в певній масі речовини; m - маса речовини; m - молярна маса - маса одного моля структурних одиниць речовини; $m = m_0 N_A$ (маса однієї молекули, помножена на сталу Авогадро) або $m = M_r \cdot 1 \text{ а. о. м.} \cdot N_A$;

$$m = M_r \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль (3.1.1)}$$

Для молекули H_2O : $m = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ або 18 г/моль .

Із рівняння (3.1.1) одержимо вираз для розрахунку кількості атомів або молекул речовини певної маси m :



Щоб остаточно впевнитися в реальності існування молекул, треба визначити їх розміри. Для цього розглянемо розпливання краплі маслинової оливи об'ємом V на поверхні чистої води. Можна припустити, що, розпливаючись по максимальній площі, олива утворює шар завтовшки в діаметр молекули. Вимірюючи площину плівки S за максимального розпливання оливи, з



відношення можна оцінити розміри молекул. Цим способом було оцінено розмір (діаметр)

молекул оливи, $d \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ м}$.



Сучасними методами уже знайдено розміри значно менших молекул. Наприклад, лінійні розміри молекул кисню становлять $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, а молекули водню - $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Розмір молекули - величина умовна. Між молекулами поряд із силами притягання діють і сили відштовхування, тому молекули можуть наближатися лише до деякої відстані. Відстань найменшого зближення центрів двох молекул називають ефективним діаметром молекули. Тому дуже наближено можна вважати, що молекули речовин мають форму кулі.

Однак, вважаючи молекулу кулею, можна знайти наближене значення її діаметра з таких міркувань. Густина будь-якої речовини

$$\text{де } V_m = V_0 N_A \text{ - молярний об'єм; } V_0 \text{ - об'єм однієї молекули.}$$

Вираз (3.1.2) після перетворень набуде вигляду

Із формули (3.1.3) знаходимо вираз для наближеного розрахунку діаметра молекули будь-якої однорідної речовини ($r = \text{const}$):

Висновки

1. Теорія, яка пояснює теплові явища в макроскопічних тілах і внутрішні властивості цих тіл на основі уявлень про те, що всі тіла складаються з окремих частинок, які рухаються хаотично, називається молекулярно-кінетичною теорією (МКТ).
2. Заклали основи МКТ нім фізик Клаузіус, англійський Максвел і австрійський Больцман.

3. Молекула - це найменша електрично нейтральна частинка речовини, яка має основні її хімічні властивості, складається з атомів, які з'єднані між собою хімічними зв'язками та здатна існувати самостійно.
4. В основі МКТ лежать 3 положення: речовина складається з частинок (атомів і молекул); молекули (атоми) всіх тіл знаходяться в безперервному тепловому русі (середня швидкість руху молекули кисню при кімнатній температурі близько 500 м/с); молекули (атоми) взаємодіють між собою одночасно силами притягання і відштовхування. Підтвердженням цих положень є: броунівський рух, дифузія, осмос.
5. Рух у рідині або газі малих частинок під дією безладних поштовхів молекул, що перебувають у тепловому русі називають броунівським:
1827р. - Р.Броун; вперше спостерігав явище;
1905р. - А.Ейнштейн; створив МКТ явища;
1906-1913 - Перрен; експериментально підтвердив явище.
6. Явище взаємного проникнення молекул однієї речовини в міжмолекулярний простір іншої речовини називають дифузією. Вона характерна для трьох станів речовини.
7. Атоми і молекули надзвичайно малі. Діаметр молекул рівний 10^{-10} м, а їх маса 10^{-26} кг. В 1см^3 повітря за нормальних умов знаходиться 10^{20} молекул.
8. З досліду Штерна по визначенню швидкості руху молекул, Максвел зробив висновки: розподіл Максвела по швидкостях носить характер певної закономірності і залежить від температури.
9. Оскільки молекул в будь-якому з тіл дуже багато, то введена фізична величина *кількість речовини*. Одиницею кількості речовини є 1 моль, в якому знаходиться $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул - *число Авогадро*.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Яке явище називають дифузія?
2. Які є докази існування МКТ?
3. У чому суть Броунівського руху?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 17

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Ідеальний газ

Мета Увести поняття рівняння стану ідеального газу, формувати вміння студентів
заняття: аналізувати умову задач, розв'язувати і грамотно оформляти.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Модель ідеального газу 2. Основне рівняння газів
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	40 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	20 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

1 Навчальне питання Модель ідеального газу

Викладання молекулярної фізики почнемо із розгляду властивостей газу, оскільки з трьох агрегатних станів найпростішим є газоподібний (в тому сенсі, що взаємодією між його частинами можна знехтувати).

Для пояснення властивостей речовини в газоподібному стані замість реального газу використовують його **фізичну модель - ідеальний газ**. У моделі приймається, що:

- відстань між молекулами значно більше їх діаметра;
- молекули – пружні кульки;
- між молекулами не діють міжмолекулярні сили;
- при зіткненні молекул між собою і зі стінками посудини діють сили відштовхування;
- рух молекул підкоряється законам механіки.

Газ, що має такі ж властивості, як і сукупність невзаємодіючих матеріальних точок, називається **ідеальним газом**.

При таких припущеннях молекули газу здійснюють вільний (ізолюваний від інших молекул) рух. Рухаючись, молекули наближаються до стінок посудини на досить малі відстані. Молекули можуть також підійти досить близько і одна до одної. В цьому випадку між молекулами газу або між молекулою газу і молекулами речовини стінки виникають сили взаємодії, що дуже швидко убують зі збільшенням відстані. Під дією цих сил молекули газу змінюють напрямок свого руху. Процес зміни напрямку руху називається зіткненням. Молекули газу, до зіткнення з іншими молекулами або зі стінками посудини, рухаються прямолінійно і рівномірно, як тіла, на які не діють будь-які сили; зіткнення молекул між собою або зі стінками посудини є абсолютно пружними.

2 Навчальне питання Основне рівняння газів

Величини, що визначають поведінку однієї частинки в системі, називаються мікроскопічними параметрами (маса, швидкість, кінетична енергія молекули).

Величини, які характеризують систему в цілому, називають макроскопічними параметрами (об'єм V , тиск p , температура T - не можна казати, тиск частинки, температура частинки).

Задача молекулярно-кінетичної теорії полягає в тому, щоб встановити зв'язок між мікроскопічними і макроскопічними параметрами.

Використовуючи модель ідеального газу, обчислимо тиск газу на стінку посудини. Тиск виникає внаслідок ударів молекул о стінки посудини. Визначається тиск силою, з якою діє газ на одиницю площі поверхні стінки і яка напрямлена перпендикулярно поверхні. Щоб знайти тиск газу, потрібно знайти, який імпульс передає газ одиниці площі стінки посудини в секунду. Будемо вважати, що зіткнення окремої молекули зі стінкою посудини підкоряється законам пружного зіткнення: молекула відскакує від стінки з початковим за модулем імпульсом, а кут її падіння дорівнює куту відбивання. При цьому проекція швидкості молекули перпендикулярна стінці змінює свій знак на протилежний, але залишається постійною за модулем; проекція швидкості паралельна стінці залишається незмінною (рис.1).

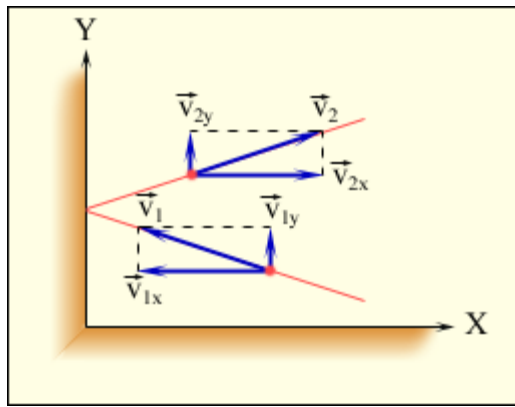


Рисунок 1 - Пружне зіткнення молекули зі стінкою

Тому в результаті зіткнень молекули зі стінкою проекція її імпульсу на вісь OX змінюється від $m v_{1x} = -m v_x$ до $m v_{2x} = m v_x$. Зміна імпульсу молекули буде дорівнювати $m v_{2x} - m v_{1x} = m v_x - (-m v_x) = 2m v_x$, де m – маса молекули.

Виділимо деяку площадку S (рис.2). За час Δt з цією площадкою зіштовхнуться всі молекули, що мають проекцію швидкості v_x , спрямовану убік стінки, і що знаходяться в циліндрі з площею основи S і висотою $v_x \Delta t$.

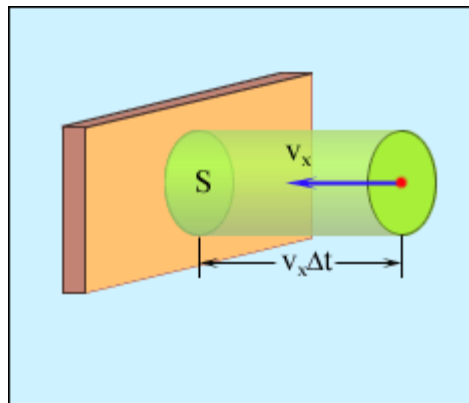


Рисунок 2 - Визначення числа зіткнень молекул із площадкою S

Припустимо, що газ знаходиться в стані рівноваги, тобто газ як одне ціле покоїться відносно стінок посудини, а число молекул, що рухаються в довільному напрямку дорівнює числу молекул, що рухаються в протилежну сторону. Нехай в одиниці об'єму посудини міститься n молекул; тоді число молекул в об'ємі циліндра дорівнює $n S v_x \Delta t$. Але з них лише половина рухається до стінки. Інша половина рухається від неї. Отже, число ударів молекул об площадку S

за час Δt дорівнює $\frac{1}{2} n S v_x \Delta t$. Оскільки кожна молекула при зіткненні зі стінкою змінює свій імпульс на величину $2m v_x$, то повна зміна імпульсу всіх молекул, що зіштовхнулися за час Δt із площадкою S , дорівнює $n m v_x^2 S \Delta t$. За законами механіки ця зміна імпульсу всіх молекул, що зіштовхнулися зі стінкою, відбувається під дією імпульсу сили $F_x \Delta t$, де F_x – деяка середня сила, що діє на молекули з боку стінки площі S . Але за 3-м законом Ньютона така ж по модулю сила діє з боку молекул на площадку S . Тому можна записати:

$$F_x \Delta t = n m v_x^2 S \Delta t \quad (1)$$

Розділивши обидві частини на $S \Delta t$, одержимо:

$$p = \frac{F_x}{S} = n m v_x^2 \quad (2)$$

де p – тиск газу на стінку посудини, який дорівнює відношенню нормальної компоненти сили до одиниці площі поверхні. При виведенні цього співвідношення передбачалося, що всі n молекул, які містяться в одиниці об'єму газу, мають однакові проекції швидкостей на вісь X . Насправді це не так. Врахуємо різницю швидкостей молекул та їх проекцій на вісі координат тим, що замінімо величину v_x^2 , що входить у формулу (2), її середнім значенням $\overline{v_x^2}$. Оскільки всі напрямки для векторів швидкостей молекул рівноймовірні, середнє значення квадратів їх проекцій на координатні осі рівні між собою (газ ізотропний):

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}$$

Остання рівність випливає з формули:

$$v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 = v^2$$

Формула для середнього тиску газу на стінку посудини запишеться у вигляді

$$p = \overline{p} = \frac{1}{3} n m \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \frac{m \overline{v^2}}{2} = \frac{2}{3} n \overline{E_k}$$

Таким чином, тиск газу дорівнює двом третинам середньої кінетичної енергії поступального руху молекул, що містяться в одиниці об'єму.

Висновки

Рівняння стану ідеальних газів Клапейрона також може бути отримане при деяких допущеннях на основі молекулярно-кінетичної теорії газів. Основна передумова для такого висновку: ідеальні гази є системою матеріальних точок, які не зазнають дії сил взаємного притягання, відштовхування тощо. Зрозуміло, що з отриманого таким шляхом рівняння стану ідеальних газів Клапейрона зворотним шляхом можуть бути виведені газові закони Бойля — Маріотта, Гей-Люссака і Шарля.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що називають ідеальним газом?
2. Як пояснити виникнення тиску газу?
3. Коли можна застосувати модель «ідеальний газ»?
4. Які реперні точки шкали Цельсія?
5. Як знайти абсолютну температуру, якщо відома температура за шкалою Цельсія?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 18

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Основне рівняння МКТ.

Мета заняття: Розглянути дослідне обґрунтування молекулярно-кінетичної теорії. Розкрити значення молекулярних явищ і показати їх практичне застосування. Заохочувати до розуміння основних понять, познайомити із величинами, що характеризують молекули, методи їх вимірювання.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Рівняння Менделєєва-Клапейрона. 2. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії (м.к.т.) газів
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	15 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

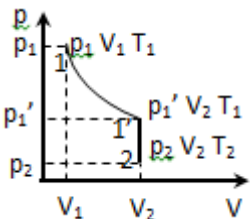
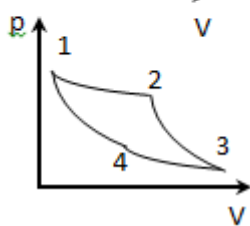
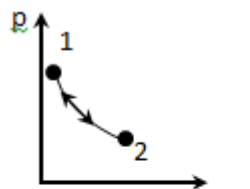
Під системою розуміють велику кількість елементів, що знаходяться у відношенні і зв'язках один з одним, які утворюють певну цілісність або єдинство. Під системою тіл слід розуміти сукупність взаємодіючих тіл, для яких розглядаються деякі загальні властивості. Одне макроскопічне тіло можна назвати системою, вважаючи, що воно складається з великої кількості взаємодіючих між собою атомів або молекул. Усі тіла, які не входять у таку систему і які не здатні діяти на неї, називаються зовнішнім середовищем або просто середовищем. Система тіл, які не можуть обмінюватися енергією і речовиною з зовнішнім середовищем – ізольована або замкнена система. Така система в дійсності ніколи не реалізується, тобто таке поняття – ідеалізація. Сукупність фізичних тіл, що можуть взаємодіяти між собою і зовнішнім середовищем, обмінюючись енергією і речовиною – термодинамічна система. Термодинамічна система складається з великого числа структурних частинок так, що її стан можна характеризувати макроскопічними параметрами. (Параметр – фізична величина, що характеризує яку-небудь властивість процесу, явища, системи, наприклад об'єм, що займає газ, температура тіла, кінетична енергія тіла, напруженість електричного поля). Параметр може бути вимірний або розрахований. Під процесом розуміють послідовну зміну станів стадій розвитку.

1 Навчальне питання Рівняння Менделєєва-Клапейрона

Усяка система може перебувати в різних станах, що відрізняються температурою, тиском, об'ємом і т. ін.

Величини p , V , T і ін., що характеризують стан системи, називаються параметрами стану.

Якщо який-небудь із параметрів міняється усередині системи від точки до точки, то такий стан називається **нерівноважним**. Якщо параметри системи у всіх точках однакові при незмінних зовнішніх умовах, то такий стан називається **рівноважним**.



Усякий процес, тобто перехід системи з одного стану в інше пов'язано з порушенням рівноваги системи. Однак нескінченно повільний процес буде складатися з послідовності рівноважних станів. Такий **процес називається рівноважним**. При досить повільному протіканні реальні процеси можуть наближатися до рівноважного. Рівноважний процес є оборотним, тобто система переходить зі стану 1 у стан 2 і назад 2 - 1, проходячи через ті самі проміжні стани. Процес, при якому система, пройшовши ряд проміжних станів, вертається у початковий стан, називається **круговим процесом або циклом**: процес 1-2-3-4-1 на рисунку. Зв'язок між параметрами стану називається **рівнянням стану**: $f(p, V, T) = 0$

Клапейрон, використовуючи закони Бойля-Мариотта й Шарля вивів рівняння стану ідеального газу.

1 – 1': $T = \text{const}$ – закон Бойля – Мариотта: $p_1 V_1 = p_1' V_2$;

1' – 2: $V = \text{const}$ – закон Шарля:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_1' = \frac{T_1}{T_2} p_2$$

$$\Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

т. як стани 1 і 2 обрані довільно, то для даної маси газу величина залишається постійної

$$\frac{pV}{T} = \text{const} = B \quad \text{— рівняння Клапейрона}$$

B - газова постійна, різна для різних газів.

Менделєєв об'єднав рівняння Клапейрона із законом Авогадро

($pV_m = RT$ — для 1 — го моля) V_m - молярний об'єм

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Рівняння Менделєєва-Клапейрона

R - універсальна (молярна) газова постійна

$$R = \frac{pV_m}{T} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \cdot 22,41 \cdot 10^{-3}}{273} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$[R] = \frac{\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}}{\text{К}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$p = \text{const} \quad V_1 \rightarrow V_2;$$

$$A = p(V_2 - V_1);$$

$$R = \frac{p(V_2 - V_1)}{T_2 - T_1} = \frac{A}{T_2 - T_1}$$

Фізичний зміст R : чисельно дорівнює роботі, чиненої газом при ізобаричному ($p = \text{const}$) нагріванні одного моля газу ($\frac{m}{\mu} = \nu = 1$) на один Кельвін ($\Delta T = 1 \text{ K}$).

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Введемо постійну Больцмана
тоді

$$pV_m = RT \Rightarrow \frac{RT}{V_m} = \frac{k \cdot N_A \cdot T}{V_m} = nkT$$

$$n = \frac{N_A}{V_m} = \frac{N}{V}; \quad N = \nu \cdot N_A \quad V = \nu \cdot V_m$$

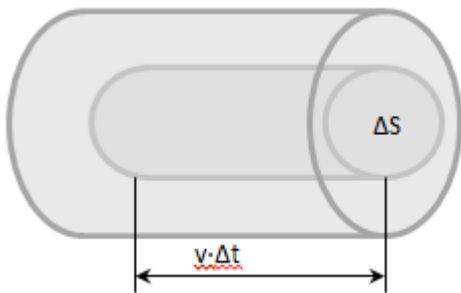
$$p = nkT$$

p - тиск ідеального газу при даній температурі прямо пропорційний концентрації його молекул (або густині газу). При однакових p і T усі гази містять в одиниці об'єму однакове число молекул.

n - концентрація молекул (число молекул в одиниці об'єму). Число молекул, що містяться при нормальних умовах в 1 м^3 називається числом Лошмидта

$$N_L = \frac{p_0}{kT_0} = 2,68 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

2 Навчальне питання Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії (м.к.т.) газів



При безладному русі частки газу зустрічаються між собою й зі стінками посудини. Механічна дія цих ударів по стінках посудини сприймається як тиск на стінки. Виділимо на стінці посудини якусь елементарну площину ΔS і знайдемо тиск, надаваний на цей майданчик.

Імпульс, одержуваний розглянутої стінкою, у результаті удару однієї молекули буде рівний

$$m_0 V_x + P_{\text{ст}} = -m_0 V_x + P'_{\text{ст}}$$

$$P'_{\text{ст}} = 2m_0 V_x$$

m_0 - маса однієї молекули

2-й закон Ньютона можна записати у вигляді:

$$F dt = d(m V_x)$$

$$F_i dt = F_{i\text{ср}} \cdot \Delta t_i$$

Δt_i - час між двома послідовними зіткненнями i - ї молекули з даною стінкою

$$\Delta t_i = \frac{2\ell}{v_x}$$

$$f_i = \frac{2m_i v_{ix}^2}{2\ell} \quad m_1 = m_2 = \dots m_i = m$$

$$f_{i\text{ср}} = \frac{m v_{ix}^2}{\ell}$$

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n f_{i\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{m v_{ix}^2}{\ell}$$

Усі напрямки рівноправні:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

$$v_x^2 = v_y^2 = v_z^2 = \frac{1}{3} v_i^2$$

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n \frac{m v_i^2}{3\ell} = \frac{m}{3\ell} \sum_{i=1}^n v_i^2$$

Введемо середньоквадратичну швидкість, що характеризує всю сукупність молекул:

$$v_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_i^2 + \dots + v_N^2}{N}}$$

Тиск

$$P = \frac{F}{\ell^2} = \frac{m}{3\ell^3} \cdot \frac{1}{N} \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N} \right) = \frac{2mN}{3\ell^3} \cdot \frac{v_{\text{ср.кв.}}^2}{2}$$

$$\ell^3 = V;$$

$$P = \frac{2N}{3V} \cdot \frac{m v_{\text{ср.кв.}}^2}{2} = \frac{2N}{3V} \varepsilon_0;$$

$$\varepsilon_0 = \frac{m v_{\text{ср.кв.}}^2}{2}$$

$$P = \frac{1}{3} n m_0 v_{\text{ср.кв.}}^2 \text{ - основне рівняння МКТ}$$

$$PV = \frac{2}{3} N \varepsilon_0$$

$$W_k = N \varepsilon_0$$

$$PV = \frac{2}{3} W_k$$

З рівняння Менделєєва - Клапейрона:

$$pV_m = RT \Rightarrow RT = \frac{1}{3} \mu v_{\text{ср. кв}}^2 \Rightarrow v_{\text{ср. кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

$$\mu = m_0 N_A \Rightarrow v_{\text{ср. кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{m_0 N_A}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Висновки

Характеристики ідеального газу: концентрація молекул приблизно середня відстань між молекулами сумарний власний об'єм молекули, що знаходяться в газу складає (даним об'ємом можна знехтувати) На основі експериментів з такими газами було встановлено ряд закономірностей, які виконувались для ідеальних газів обов'язково, а для реальних газів можуть бути виконані лише при певних умовах (не дуже високих температурах і відносно низькому тиску, постій структурі, малих розмірах і низькій концентрації).

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що розуміють під системою?
2. У чому полягає зміст рівняння Клапейрона-Менделєєва?
3. Які характеристики ідеального газу?
4. Опишіть рух молекул в замкнутій системі.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 19

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Рівняння Менделєєва-Клапейрона.

Мета заняття: Розглянути ізопроееси, які відбуваються в газах. Вивчити явища при зміні одного з трьох макропараметрів.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	15 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Рівняння Клапейрона-Менделєєва. 2. Ізотермічний процес 3. Ізобаричний процес 4. Ізохоричний процес
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Ми розглянули випадки, коли один з трьох макропараметрів, які характеризують стан системи не змінюється. Ми вияснили, що якщо постійною є температура, то тиск і об'єм пов'язані законом Бойля-Маріотта, якщо постійний об'єм; то тиск і температура газу пов'язані законом Шарля; якщо постійний тиск, то об'єм і температура пов'язані законом Гей-Люссака.

1 Навчальне питання Рівняння Клапейрона-Менделєєва

Встановимо зв'язок між тиском, об'ємом і температурою деякої маси газу, коли змінюються усі три величини.

Нехай початковий об'єм, тиск і абсолютна температура деякої маси газу дорівнюють відповідно V_1 , p_1 та T_1 , а кінцеві – відповідно V_2 , p_2 та T_2 . Нехай перехід від першого стану до другого відбувався у два етапи. Припустимо, наприклад, спочатку змінився об'єм від V_1 до V_2 , причому температура T_1 залишалась без змін. Новий тиск газу, який він матиме в кінці цього процесу позначимо p . Другим етапом, змінювалась температура від T_1 до T_2 при постійному об'ємі, при цьому тиск газу змінився від p до p_2 . Випишемо в стовпчик величини, які характеризують кожен з трьох станів системи:

V_1, p_1, T_1 – початковий (перший) стан системи I;

V_2, p, T_1 – другий стан системи II;

V_2, p_2, T_2 – третій стан системи III;

Для переходу системи з стану I в стан II застосуємо закон Бойля-Маріотта, оскільки даний процес є ізотермічним:

$$p_1 V_1 = p V_2 \quad \text{звідки} \quad \frac{p_1}{p} = \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

Для переходу системи із стану II в стан III застосуємо закон Шарля, оскільки даний процес є ізохоричним:

$$\frac{p}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (2)$$

Перемножимо рівняння (1) та (2) отримаємо:

$$\frac{p_1}{p} \frac{p}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \frac{T_1}{T_2} \quad \text{звідки} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \frac{T_1}{T_2} \quad \text{або} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

Дане рівняння перепишемо в загальному вигляді, врахувавши, що значення V_1, p_1, T_1 та V_2, p_2, T_2 обрані довільним чином.

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{або} \quad pV = (\text{const}) T \quad - \text{рівняння Клапейрона}$$

Такий самий висновок можна отримати використавши й іншу пару ізопроесів. Спробуйте переконатись в цьому самостійно.

Отже, для даної маси газу добуток тиску газу на його об'єм пропорційний до абсолютної температури – це є рівняння Клапейрона.

Вдосконалив це рівняння відомий хімік Д.І. Менделєєв. Працюючи паралельно з Клапейроном він отримав таке ж рівняння. Крім того експериментально було встановлено, що коефіцієнт пропорційності в даному рівнянні залежить від кількості речовини. Після усіх вдосконалень рівняння стану ідеального газу набуло вигляду:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad - \text{рівняння Менделєєва-Клапейрона (або рівняння стану ідеального газу)}$$

де, m – маса газу;

μ - молярна маса газу;

R – коефіцієнт пропорційності, який є однаковим для усіх газів і називається універсальною газовою сталою.

Вияснимо фізичний зміст універсальної газової сталої, для цього виразимо її з рівняння Менделєєва-Клапейрона.

$$[R]_{SI} = \left[\frac{pV}{(m/\mu)T} \right]_{SI} = \frac{\text{Па м}^3}{\text{моль К}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \text{м}^3}{\text{моль К}} = \frac{\text{Н м}}{\text{моль К}} = \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$$

Отже,

Універсальна газова стала ($[R] = \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$) – це фізична величина, яка чисельно рівна роботі, яку потрібно виконати над ідеальним газом з кількістю речовини 1 моль, щоб змінити його температуру на 1 кельвін.

Експериментальні дослідження показали, що $R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$

ЦІКАВО ЗНАТИ

Рівняння стану – є узагальненим рівнянням для всіх трьох раніше отриманих нами газових законів. Слід наголосити, що розв'язуючи будь-яку фізичну задачу, рівняння стану слід записати для **КОЖНОГО** з станів в яких перебуває система.

Покажемо, що з рівняння Менделєєва-Клапейрона можна отримати усі газові закони.

Нехай ідеальний газ, з незмінною кількістю речовини $\nu = m/\mu$ в початковому стані характеризується макропараметрами V_1, p_1 та T_1 , а в кінцевому стані – відповідно V_2, p_2 та T_2 .

2 Навчальне питання Ізотермічний процес

тобто $T_1 = T_2$. Запишемо рівняння стану ідеального газу для двох станів:

$$\text{Для стану I - } p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (1)$$

$$\text{Для стану II - } p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (2)$$

Оскільки у рівняннях (1) та (2) праві частини рівні, то й ліві частини рівні, тоді можна записати, що $p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{const}$ - ми отримали закон Бойля-Маріотта.

3 Навчальне питання Ізобаричний процес

тобто $p_1 = p_2$. Запишемо рівняння стану ідеального газу для двох станів:

$$\text{Для стану I - } p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (3)$$

$$\text{Для стану II - } p_2 V_2 = p_1 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 \quad (4)$$

Поділимо рівняннях (3) на (4), тоді

$$\frac{p_1 V_1}{p_1 V_2} = \frac{\frac{m}{\mu} RT_1}{\frac{m}{\mu} RT_2} \quad \text{звідки} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{або} \quad V \sim T. \quad \text{Ми отримали закон Гей-Люссака}$$

4 Навчальне питання Ізохоричний процес

тобто $V_1 = V_2$. Запишемо рівняння стану ідеального газу для двох станів:

Для стану I -
$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad (5)$$

Для стану II -
$$p_2 V_2 = p_2 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_2 \quad (6)$$

Поділимо рівняннях (5) на (6) , тоді

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_1} = \frac{\frac{m}{\mu} R T_1}{\frac{m}{\mu} R T_2} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{звідки } p \sim T. \quad \text{Ми отримали закон Шарля}$$

Висновки

Деяких з вас, можливо, цікавить питання, яким чином вдалося визначити постійну Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$? Дійсно, раніше ми отримали близьке значення $6 \cdot 10^{23}$ виходячи з маси протона і нейтрона $1,67 \cdot 10^{-24}$ Але в 1811 році, коли Амедео Авогадро висловив свою гіпотезу, нічого не було відомо не тільки про масу протона або нейтрона, а й про самому існуванні цих частинок!

Значення числа Авогадро було експериментально встановлено тільки в кінці XIX – початку XX століття. Опишемо один з таких експериментів.

У відкачаний до глибокого вакууму посудину об'ємом $V = 30$ мл помістили наважку елемента радію масою $0,5$ г і витримали там протягом одного року. Було відомо, що за секунду 1 г радію випускає $3,7 \cdot 10^{10}$ альфа-частинок. Ці частинки являють собою ядра гелію, які тут же беруть електрони з стінок посудини і перетворюються в атоми гелію. За рік тиск у посудині зросло до $7,95 \cdot 10^{-4}$ атм (при температурі 27 оС). Зміною маси радію за рік можна знехтувати. Отже, чому дорівнює N_A ?

Спочатку знайдемо, скільки альфа-частинок (тобто атомів гелію) утворилося за один рік. Позначимо це число як N атомів:

$$N = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 0,5 \text{ г} \cdot 60 \text{ сек} \cdot 60 \text{ хв} \cdot 24 \text{ годину} \cdot 365 \text{ днів} = 5,83 \cdot 10^{17} \text{ атомів.}$$

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що таке параметри стану системи? Які величини до них належать?
2. Виведіть рівняння Менделєєва-Клапейрона для довільної маси ідеального газу.
3. Виведіть рівняння Клапейрона. Як воно формулюється?
4. Чому дорівнює універсальна газова стала в СІ?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 20

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Пароутворення і конденсація

Мета заняття: Ознайомлення студентів з особливостями та фізичними характеристиками процесів пароутворення і конденсації, кипінням як видом пароутворення, сублімацією (возгонкою). Формувати поняття: теплота пароутворення, питома теплота пароутворення, температура кипіння. Здійснювати виховання в учнів гуманістичних цінностей (здобуті вченими знання використовують для потреб людини). Розвиток мислення та інтересу учнів до набування фізичних знань

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники, схема

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Пароутворення і конденсація.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Сукупність молекул, що вилетіли з речовини, називається паром цієї речовини.

При паротворенні збільшуються середні відстані між молекулами. В результаті потенційна енергія взаємодії частинок збільшується (чисельне значення її зменшується, але вона негативна). Таким чином, процес пароутворення пов'язаний зі збільшенням внутрішньої енергії речовини.

Пароутворення може відбуватися безпосередньо з твердого стану – це сублімація (або сублімація).

Перехід з рідкого стану в газоподібний можливий двома різними процесами: випаровуванням і кипінням.

Випаровування – це пароутворення, що відбувається тільки з вільної поверхні рідини, що межує з газоподібною середовищем або з вакуумом.

Експериментально встановлено такі закономірності:

При однакових умовах різні речовини випаровуються з різною швидкістю (швидкість випаровування визначається числом молекул, що переходять в пар з поверхні речовини за 1 с).

Швидкість випаровування тим більше: чим більше площа вільної поверхні рідини; чим менше щільність парів над поверхнею рідини. Швидкість збільшується при русі навколишнього повітря (вітер);

чим більше температура рідини.

При випаровуванні температура тіла знижується.

Механізм випаровування можна пояснити з точки зору МКТ: молекули, що знаходяться на поверхні, утримуються силами тяжіння з боку інших молекул речовини. Молекула може вилетіти за межі рідини лише тоді, коли її кінетична енергія перевищує значення тієї роботи, яку необхідно здійснити, щоб подолати сили молекулярного тяжіння (робота виходу). Тому покинути речовина можуть тільки швидкі молекули. В результаті середня кінетична енергія залишилися молекул зменшується, а температура рідини знижується.

Для підтримки температури випаровується рідини незмінною до неї необхідно підводити деяку кількість теплоти.

Кількість теплоти Q , необхідне для перетворення рідини в пару при постійній температурі, називається теплотою паротворення.

Експериментально встановлено, що $Q = Lm$, де m – маса випарувалася рідини, L – питома теплота пароутворення.

Питомий тепло паротворення – величина, чисельно рівна кількості теплоти, необхідному для перетворення в пару рідини одиничної маси при незмінній температурі.

Питома теплота пароутворення L залежить від роду рідини і зовнішніх умов. При збільшенні температури вона зменшується (рис. 1). Це пояснюється тим, що всі рідини при нагріванні розширюються. Відстані між молекулами при цьому збільшуються і сили молекулярної взаємодії зменшуються. Крім того, чим більше температура, тим більше середня кінетична енергія руху молекул і тим менше енергії їм потрібно додати, щоб вони могли вилетіти за межі поверхні рідини.

1 Навчальне питання Механічний рух

Пароутворення — процес перетворення рідини на газ

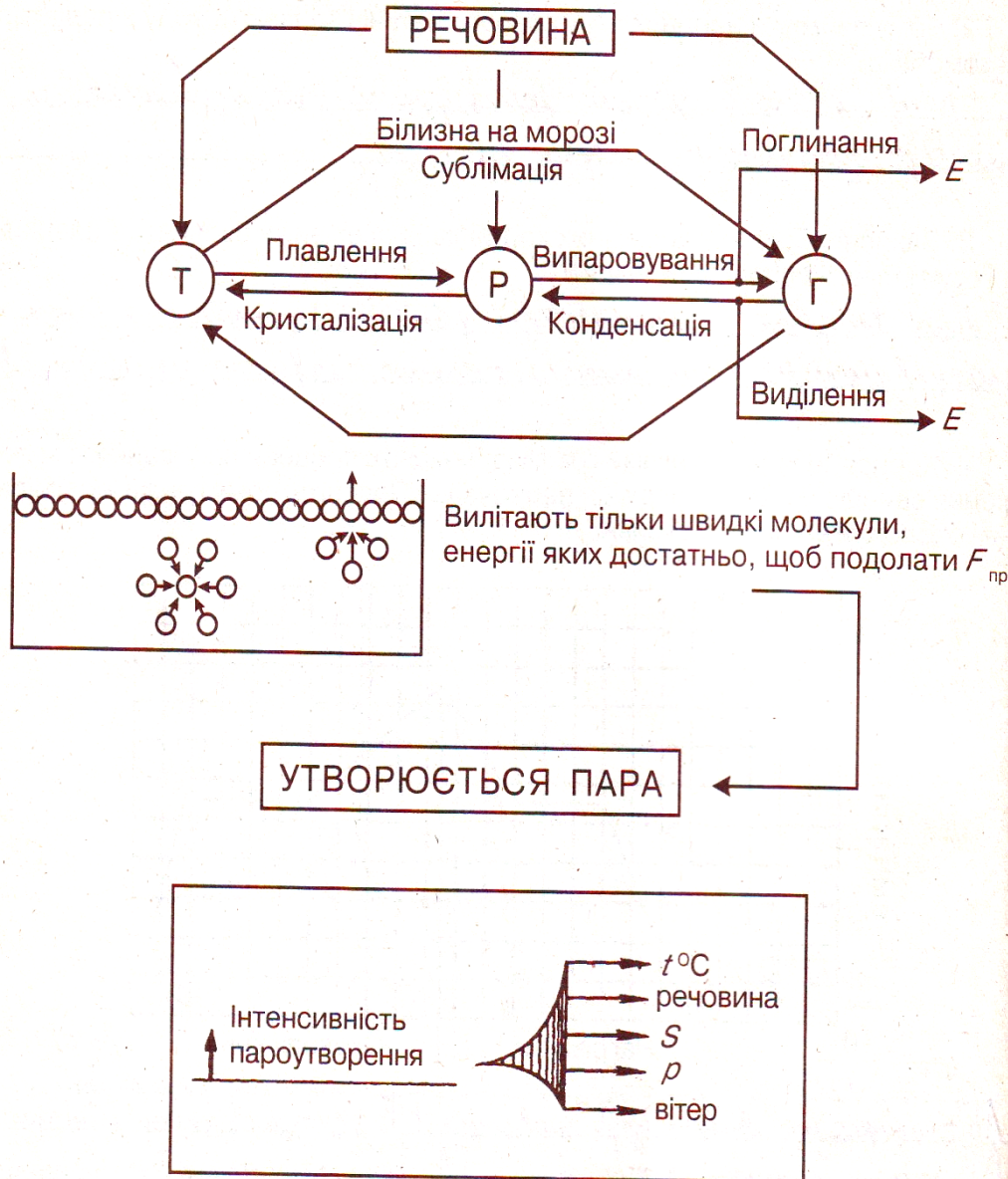
Випаровування відбувається з вільної поверхні рідини — з рідини вилітають молекули, кінетична енергія яких перевищує потенціальну енергію їх взаємодії з рідиною



III **Питома теплота пароутворення** (да) **Питома теплота пароутворення** залежить від температури. Кількість теплоти, яка необхідна для перетворення 1 кг рідини у газ (пару) з тією самою температурою

Кипіння — процес пароутворення в рідині, коли тиск пари всередині бульбашки перевищує суму гідростатичного і зовнішнього тисків

Температура кипіння зменшується при зменшенні зовнішнього тиску



Висновки

Молекули пара хаотично рухаються. Тому швидкості деяких з них будуть спрямовані в бік рідини. Досягнувши поверхні, вони втягуються в неї силами тяжіння з боку молекул, що знаходяться на поверхні рідини, і знову стають молекулами рідини. Процес переходу речовини з газоподібного стану в рідкий називається конденсацією.

Число повернутих в рідину за певний проміжок часу молекул тим більше, чим більше концентрація молекул пари, а отже, чим більше тиск пари над рідиною. Конденсація пари супроводжується нагріванням рідини. При конденсації виділяється така ж кількість теплоти, який було витрачено при випаровуванні.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Чому випаровування рідини відбувається за будь – якої температури?
2. Як можна пояснити, що за тих самих умов одні рідини випаровуються швидше, інші — повільніше.?
3. Чому випаровування відбувається тим швидше, чим вище температура рідини?
4. Чому випаровування відбувається швидше, якщо над її поверхнею дує вітер?
5. Які явища природи пояснюються конденсацією пари? Наведіть приклади.
6. Від чого залежить швидкість випаровування й конденсації?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 21

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Вологість повітря

Мета заняття: Розглянути дослідне обґрунтування вологості повітря. Розкрити значення точки роси і показати їх практичне застосування. Заохочувати до розуміння основних понять, познайомити із величинами, що характеризують явища, методи їх вимірювання.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник, психрометр

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Вологість повітря. 2. Точка роси
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Навколишній нас атмосферне повітря внаслідок безперервного випаровування води з поверхні водойм і рослинних покривів завжди містить у собі водяні пари. Вміст водяної пари в атмосфері характеризує таке поняття, як «вологість». Вона має велике значення для багатьох процесів, що відбуваються в атмосфері. Вологість повітря характеризує погоду і клімат, впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем, на життя тварин і рослин.

Чим більше водяної пари знаходиться в певному обсязі повітря, тим ближче пар до стану насичення. З іншого боку, чим вища температура повітря, тим більша кількість водяної пари буде потрібно для його насичення.

Залежно від кількості парів, що знаходяться при даній температурі в атмосфері, повітря буває різного ступеня вологості.

1 Навчальне питання Вологість повітря

Вода в атмосфері міститься у вигляді молекул (пар), крапельок і кристаликів, вологість повітря характеризується змістом водяної пари в г/м³ (абсолютна вологість - «а» 4м³) або пружністю-«с» мм р.с., мб, г п).

Кількість водяної пари, що може утримуватися в повітрі при даній температурі, - максимальне вологовміст (або максимальна пружність) водяної пари (Е). Процентне відношення кількості водяної пари, що міститься в повітрі, до тієї кількості, яка може міститися при даній температурі, - відносна вологість (%). Вона показує ступінь насичення повітря водяною парою.

Різниця між максимальною (Е) і фактичної пружністю водяної пари - дефіцит d (Д). Температура, при якій знаходиться в повітрі водяна пара наситить його і почнеться конденсація - точка роси (Т₀). Чим вища температура повітря, тим більше водяної пари він може містити, тим вище точка роси.

Водяна пара поступає в атмосферу в результаті процесу випаровування з поверхні. Випаровування залежить від температури поверхні випаровування і від відносної вологості повітря. Насичений повітря не може вмістити більше пари, якщо температура його не підвищиться. При підвищенні температури, він віддається від насичення, при зниженні, навпаки, в ньому може початися конденсація. Так відбувається, наприклад, літньої ночі при ясній погоді, стикаючись з холодною поверхнею, залишає на ній крапельки роси. При негативній температурі випадає іній. У повітрі, охолоджують від поверхні або від прийшов холодного повітря, утворюється туман. Він складається з дрібних крапельок або кристаликів, зважених у повітрі. У сильно забрудненому повітрі утворюється густий туман з домішкою диму - зміг.

Хмари утворюються при конденсації водяної пари в піднімающемся повітрі внаслідок його охолодження. Висота їх утворення залежить від температури відносної вологості повітря. При досягненні ним висоти, на якій насичення стане повним (100%) починається конденсація і облакообразование.

Якщо висхідний повітря зустріне теплий шар (інверсія), підйом припиняється, повітря не досягає межі конденсації і хмари не утворюються.

Хмари знаходяться в постійному русі, опускаючись нижче межі конденсації, вони випаровуються («тануть»). Хмари можуть складатися з дрібних крапельок або кристаликів, найчастіше вони змішані. За формою (по виду) розрізняють хмари перисті, шаруваті і купчасті. Перисті хмари-хмари верхнього ярусу (вище 6000 м), напівпрозорі, крижані. Опади з них не випадають. Шаруваті хмари середнього (від 2000 до 6000 м) і нижнього (нижче 2000 м) ярусів. В основному вони і дають опади, зазвичай тривалі, обложні.

Купчасті хмари можуть утворитися в нижньому ярусі і досягати дуже великої висоти. Часто вони мають вигляд веж і складаються внизу з крапельок, вгорі-з кристаликів. З ними

пов'язані зливи, град, грози. Крім трьох основних форм хмар, виникає багато комбінованих. Наприклад, перисто-шаруваті, шарувато-купчасті, перисто-купчасті і т.д.

Форма облікової пояснюється їх походженням. Хмарний покрив зазвичай складається з різних хмар. Ступінь покриття неба хмарами-хмарність вимірюється в балах. Повна хмарність - 10 балів. У середньому на Землі половина неба закрита хмарами. Найбільша хмарність там, де повітря піднімається, тобто в хмарах зниженого тиску. Найменша хмарність відповідно в областях підвищеного тиску. Над океаном вона більше, ніж над сушею, так як там більше вологи в повітрі. Абсолютний максимум хмарності-над Північною Атлантикою (9 балів), абсолютний мінімум-над

Антарктидою і над тропічними пустелями (0,2 бали). Хмарний покрив затримує сонячну радіацію, що йде до земної поверхні, відображає і розсіює її. Одночасно хмари затримують теплові випромінювання земної поверхні в атмосфері. Тому вплив хмарності на клімат велике.

Від вологості залежить інтенсивність випаровування вологи з поверхні шкіри людини. А випаровування вологи має велике значення для підтримки температури тіла постійною. У космічних кораблях підтримується найбільш сприятлива для людини відносна вологість повітря (40-60%).

Велике значення має знання вологості в метеорології для передбачення погоди. Хоча кількість водяної пари в атмосфері порівняно невелика (близько 1%), роль його в атмосферних явищах значна. Конденсація водяної пари призводить до утворення хмар і подальшого випадання опадів. При цьому виділяється велика кількість теплоти, і навпаки, випаровування води супроводжується поглинанням теплоти.

У ткацькому, кондитерському та інших виробництвах для нормального перебігу процесу необхідна певна вологість.

Зберігання творів мистецтва і книги вимагають підтримки вологості повітря на необхідному рівні. Тому в музеях на стінах ви можете бачити психрометри.

Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з ВДТ і ВЕВМ.

Період року	Категорія робіт	Температура повітря Гр. трохи більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	ЛЕГКАЯ-19	22-24	40-60	0,1
	ЛЕГКАЯ-16	21-23	40-60	0,1
Тёплый	ЛЕГКАЯ-19	23-25	40-60	0,1
	ЛЕГКАЯ-16	22-24	40-60	0,2

Примітка: до категорії 1а відносяться роботи, вироблені сидячи і не потребують фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал / год; категорія 16 відносяться роботи, вироблені сидячи, стоячи, або пов'язані з ходьбою і супроводжуються деяким фізичним напруженням, при якому витрата енергії складає від 120 до 150 ккал / ч.

Додаток (обов'язковий); оптимальні та допустимі параметри температури і відносної вологості повітря в приміщеннях з ВДТ і ПЕОМ в усіх навчальних і дошкільних установах.

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ		ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
Температура град. 3.	Відносна вологість %	Температура град. 3.	Відносна вологість %
19	62	18	39
20	58	22	31
21	55		

2 Навчальне питання Точка роси

Точка роси (англ. *dew point*) або **температура точки роси** — температура, при якій повітря досягає стану насиченості водяною парою при незмінному тиску і даному стані вологоутримання.

Точка роси — одна з основних характеристик вологості повітря. При відносній вологості повітря, меншій за 100%, точка роси завжди є нижчою від фактичної температури. Чим нижчою є відносна вологість, тим точка роси більше різниться від фактичної температури. Коли відносна вологість становить 100% (тобто при насиченні), точка роси збігається з фактичною температурою повітря. Досягнення точки роси — необхідна умова утворення роси.

Для вимірювання точки роси можна використати психрометричний гігрометр, покази вологого термометра якого будуть відповідати температурі точки роси.

Точка роси, °C	Сприйняття людиною	Відносна вологість повітря при 32 °C, %
Більше 26	Сильно високе сприйняття. Навіть смертельно небезпечно для хворих на астму	65 і вище
24—26	Надзвичайно незручно, досить гнітючо	62
21—24	Дуже волого, досить незручно	52—60
18—21	У деякій мірі незручно для більшості людей у верхній межі	44—52
16—18	Нормально для більшості, але вологість відчувається у верхній межі	37—46
13—16	Зручно	38—41
10—12	Дуже зручно	31—37
Менше 10	Трохи сухо для деяких людей	30

Висновки

Тиск насиченої пари зростає при підвищенні температури і зменшується при її пониженні. Зазвичай водяна пара в повітрі має тиск, менший за тиск насиченої пари. Але при пониженні температури цей тиск може стати вищим за тиск насиченої пари. У такому випадку надлишок води в повітрі починає конденсуватися, утворюючи крапельки. Якщо надлишок невеликий, то крапельки конденсуються на найхолодніших поверхнях — випадає роса. Якщо надлишок значний, то крапельки конденсуються, утворюючи туман.

Точка роси, тобто температура, при якій водяна пара в повітрі починає конденсуватися, є характеристикою вологості повітря.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що називають відотною вологістю повітря?
2. Що називається точкою роси?
3. Які прилади використовують для визначення вологості повітря?
4. Як визначити точку роси за допомогою конденсаційного гігрометра?
5. Як, використовуючи психрометр, можна дізнатися відносну вологість повітря?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-
наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 22

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Характеристика рідкого стану речовини
Мета	Ознайомити студентів із агрегатними станами речовини. Визначити де ми зустрічаємось у повсякденному житті з такими характеристиками стану речовини
заняття:	
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:	
Опорні конспекти, схема	

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Загальна характеристика агрегатних станів. 2. Кристалічний стан речовини. Типи кристалічних ґраток. 3. Аморфний стан речовини. Реальні кристали. 4. Рідкий стан речовини.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	55 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Майже кожна речовина може знаходитись в одному з агрегатних станів: твердому, рідкому, газоподібному та плазмовому. Агрегатний стан речовини є функцією температури і тиску. Однак, це не означає, що, змінюючи температуру і тиск, для будь-якої речовини можна реалізувати декілька агрегатних станів: газ, рідина, тверда речовина. Білкові речовини не можуть перебувати у газоподібному стані, бо при нагріванні вони деструктивно розкладаються. Цілий ряд неорганічних сполук мають аналогічні властивості. Але такі речовини, як, наприклад, вода, при певній температурі і тиску можуть одночасно перебувати в трьох агрегатних станах.

1 Навчальне питання Загальна характеристика агрегатних станів

Основна риса газоподібного стану – мала густина речовини, значна відстань між молекулами, малі сили притягання, внаслідок чого газ прагне зайняти максимальний об'єм і оскільки, міжмолекулярні відстані в газах великі, на відміну від твердих тіл і рідин, газоподібні речовини здатні стискатися.

Відстані між молекулами в рідині значно менше, чим у твердих тілах. Сили притягання між молекулами більше. Рідини легко змінюють свою форму, наприклад, при переливанні з однієї посудини в іншу. При зниженні температури рідина набуває більш упорядкованої структури, тобто наближається до структури твердого тіла.

У твердих тілах відстань між молекулами мінімальна і сила притягання між ними дуже велика. Тому тверде тіло зберігає свою форму та об'єм. Молекули, атоми чи іони, з яких складаються тверді тіла, розміщені в певному порядку, тобто утворюють умовну структуру, яка називається кристалічною ґраткою.

За певних умов речовина може перебувати в четвертому агрегатному стані – стані плазми (це суміш атомів, позитивно заряджених іонів і атомних ядер, які безперервно рухаються). Утворюється цей стан при нагріванні газу до високих температур, внаслідок дії електричного чи магнітного поля і т. ін.. Прикладом природних об'єктів які представляють собою плазмовий стан є Сонце, зірки, блискавки.

2 Навчальне питання Кристалічний стан речовини. Типи кристалічних ґраток.

У ході вивчення будови твердих тіл за допомогою сучасних методів вдалося з'ясувати, що молекули й атоми більшої частини речовин у твердому стані розташовані в *чітко визначеному порядку*, фізики кажуть: утворюють **кристалічні ґратки**. Такі речовини називаються **кристалічними**. Прикладами кристалічних речовин можуть бути алмаз, графіт (рис. 2.25), лід, сіль (рис. 2.26), метали тощо.

Порядок розташування атомів (молекул) у кристалічних ґратках речовини визначає її фізичні властивості. Так, наприклад, алмаз і графіт складаються з тих самих атомів — атомів Карбону, однак ці речовини вельми відрізняються одна від одної, бо в них порізно розташовані атоми (див. рис. 2.25).

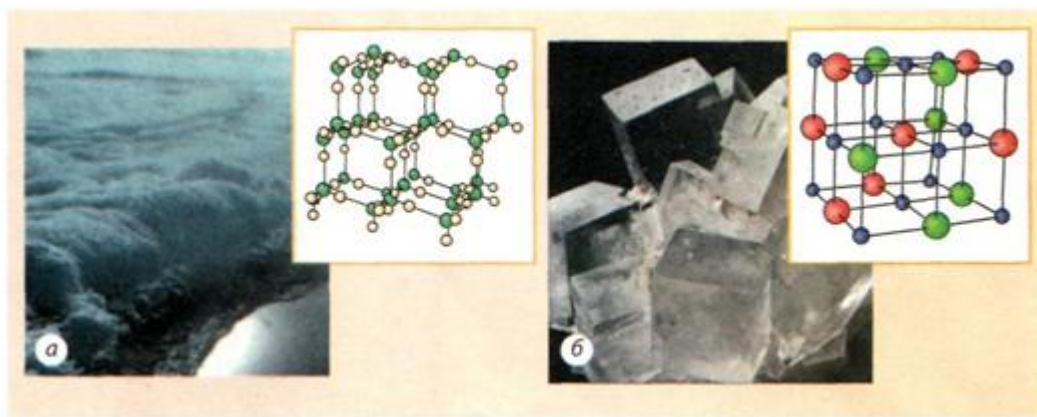


Рис. 2.26. Моделі кристалічних ґраток: а — льоду; б — кухонної солі (маленькі кульки — атоми Натрію, великі — атоми Хлору)

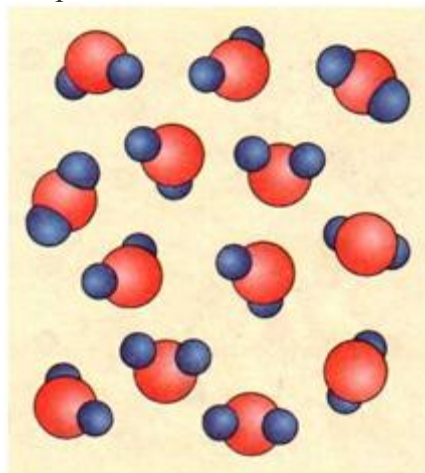


Рис. 2.28. Молекули рідини розташовані майже впритул одна до одної. У невеликому об'ємі рідини спостерігається взаємна орієнтація сусідніх молекул (існує ближній порядок). У цілому ж молекули рідини розташовані хаотично

3 Навчальне питання Аморфний стан речовини. Реальні кристали.

Існує група твердих речовин (скло, віск, смола, бурштин тощо), молекули (атомі) яких не утворюють кристалічних ґраток і в цілому розташовані безладно. Такі речовини називають **аморфними**.

За певних умов тверді тіла плавляться, тобто переходять у рідкий стан. *Кристалічні речовини плавляться за певної температури.* Наприклад, лід зазвичай переходить у рідкий стан, якщо температура дорівнює $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, нафталін — якщо сягає $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, ртуть — якщо падає до $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$. На відміну від кристалічних, *аморфні речовини не мають певної температури плавлення.* У разі збільшення температури вони переходять у рідкий стан поступово (танення воскової свічки).

Будь-яка речовина в твердому стані може мати кристалічну або аморфну будову. Кристалічні речовини мають певну внутрішню структуру, зумовлену правильним розміщенням частинок у чітко визначеному періодично повторюваному порядку. Розміри кристалів можуть бути різні: від дуже дрібних до гігантських. Характерні риси кристалічних тіл: строго визначена температура кипіння, явище анізотропії. Це пов'язано з тим, що у кристалах теплопровідність, швидкість росту кристалів, механічна міцність, швидкість розчинення та інші властивості в різних напрямках неоднакові: слюда легко поділяється на пластівці тільки в одному напрямку (паралельно до її поверхні), в інших напрямках для руйнування слюди потрібно значно більше зусилля. Аморфні речовини плавляться і киплять в інтервалі температур. Охолодження їх не супроводжується утворенням кристалічних структур. Типовими представниками аморфних тіл є звичайне силікатне скло. Аморфні тіла

ізотропні, тобто сталість властивостей (теплопровідності, електропровідності, механічних властивостей) проявляється в усіх напрямках однаково.

Властивості кристалічних речовин визначаються особливостями їх кристалічних ґраток, які представляють собою умовний каркас, що утворений з перетинаючих прямих ліній, в центрах перетину знаходяться активні частини. В залежності від природи цих частин розрізняють чотири типи кристалічних ґраток: атомні, молекулярні, іонні, металічні.

Молекулярні кристалічні ґратки: в вузлах знаходяться молекули, зв'язані силами міжмолекулярних взаємодій (вандервальсові сили). Сили ці порівняно слабші від електростатичних або від сил ковалентних зв'язків, тому речовини з молекулярним типом ґратки мають малу твердість, низькі температури плавлення і кипіння, їхні розчини мають малу електропровідність. До таких речовин належать органічні сполуки, вода (лід), карбон (IV) оксид (сухий лід).

Атомні кристалічні ґратки: побудовані з атомів, які зв'язані ковалентним зв'язком. Усі зв'язки в таких кристалах рівноцінні і дуже міцні, тому речовини з атомними кристалічними ґратками є дуже тверді, з високою температурою кипіння, поганою розчинністю. До таких речовин належать алмаз, графіт, силіцій, карборунд та ін.

Іонні кристалічні ґратки: в вузлах знаходяться позитивно і негативно заряджені іони, які зв'язані між собою силами електростатичного протягування. Такі ґратки мають більшість солей і деякі оксиди, до складу яких входять елементи з дуже різною електронегативністю. Речовини з іонною кристалічною ґраткою мало леткі, з високою температурою плавлення, їхні розплави і розчини добре проводять електричний струм.

Металічні ґратки відрізняються від усіх розглянутих типів. У вузлах ґраток типових металів містяться позитивно заряджені іони, між якими рухаються електрони в особливому, так званому вільному, стані. Вони неначе скріплюють однойменно заряджені іони металу у дуже щільну кристалічну решітку. В свою чергу, самі електрони утримуються іонами металу і не можуть вільно покинути решітку. За рахунок вільних електронів метали характеризуються електропровідністю, теплопровідністю, ковкістю.

На Рис. 2 наведено схеми кристалічних ґраток різних типів. Міцність зв'язку між часточками, що утворюють кристали, характеризується енергією, яку потрібно витратити для зруйнування кристалічної ґратки і віддалення частинок, з котрих вона складається, на таку відстань, при якій вони вже не взаємодіють. Цю величину називають енергією кристалічної ґратки і виражають у кДж/моль речовини. Чим вища енергія кристалічної решітки, тим міцніший кристал. Так, для NaCl ця енергія становить 771 кДж/моль, а для KJ – 687 кДж/моль.

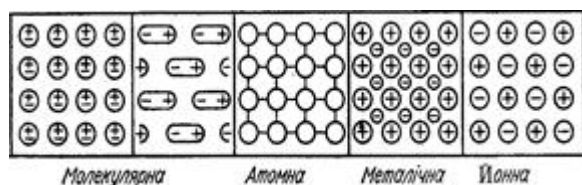


Рис. 2. Схеми кристалічних ґраток різних типів.

Кристалічні ґратки руйнуються при плавленні, випаровуванні і розчиненні твердих речовин. Усі ці процеси потребують витрати енергії, величина якої залежить від енергії кристалічної решітки. Процес переходу твердої речовини у рідину при певній температурі називають **плавленням**. Перехід твердих тіл у газоподібний, минаючи рідкий стан, – **сублімацією** (випаровування йоду, сухого льоду).

4 Навчальне питання Рідкий стан речовини

Рідина характеризується наявністю відповідно об'єму і відсутністю форми. Сили міжмолекулярного притягання не дають молекулам рідини віддалятися одна від одної на великі відстані і кожна молекула перебуває у сфері дії сусідніх молекул. Тому рідини

характеризуються сталістю об'єму. Хоч сили міжмолекулярної взаємодії і великі, та все-таки недостатні, щоб утримувати молекули в певних точках простору. Тому рідина не має сталої форми, а набуває форми тієї посудини, в якій перебуває. Молекули рідини намагаються зайняти деяке впорядковане розташування в просторі; рідина має об'ємну пружність, як і тверді тіла, бо пружно протидіють не лише всебічному стисканню, а й всебічному розтягненню.

Властивості рідини залежать також від об'єму молекул, форми та їх полярності. Рідини, які містять полярні молекули, відрізняються властивостями від неполярних. Полярні молекули орієнтуються різноманітними кінцями диполів одна відносно одної; при цьому між ними виникають сили електростатичного притягання. Відбувається асоціювання двох чи більше молекул у комплекс. Асоціювання може бути спричинено, зокрема, утворенням водневих зв'язків між молекулами рідини. Властивості рідин залежать від ступеня асоціації, оскільки для розриву міжмолекулярних зв'язків потрібна значна енергія. Тому асоційовані рідини (вода, спирт та ін.), мають високу температуру кипіння, меншу леткість тощо. Так, кількісний і якісний склад етанолу і диметилового етеру однаковий (C_2H_6O), але спирт – полярна речовина і належить до асоціатів і кипить при вищій температурі, ніж етер (неполярна речовина), який належить до неасоційованих рідин.

Важливою фізико-хімічною властивістю рідини є *поверхневий натяг*. Властивості молекул в поверхневому шарі рідини за фізико-хімічними властивостями відрізняються від властивостей молекул всередині кожного шару. Кожна молекула всередині рідини притягує до себе інші навколишні молекули і одночасно з такою ж силою притягується рівномірно з усіх боків молекулами, що оточують її. Силowe поле кожної молекули всередині рідини симетрично насичене. На молекули, які знаходяться поблизу поверхні, діють слабкі сили притягання з боку межі фаз. Положення таких молекул енергетично некомпенсоване. При попаданні молекули рідини на межу фаз некомпенсованість молекулярної взаємодії зростає. Це зумовлено тим, що інтенсивність взаємодії між молекулами рідини значно вища, ніж взаємодія між молекулами рідини та газу. Енергетична некомпенсованість молекул та межі фаз призводять до втягування молекул, розташованих на поверхні, у глибину рідини. Внаслідок цього виникає сила, під дією якої поверхня рідини на межі рідина-газ зменшується до мінімальних розмірів, а молекули поверхні наближаються до молекул нижчих поверхневих шарів. При цьому відстань між молекулами поверхневого шару менша, ніж між молекулами внутрішніх шарів. Молекули, розташовані на поверхні, не повністю реалізують свою здатність до взаємодії і тому мають некомпенсований надлишок енергії, який називають вільною поверхневою енергією G . Відношення надлишку вільної поверхневої енергії G до одиниці

$$\sigma = \frac{G_s}{S}, \quad (8)$$

площі поділу фаз S називають поверхневим натягом:

де: G – поверхнева енергія; S – площа поділу фаз; σ – поверхневий натяг.

Для чистих рідин поверхневий натяг залежить від природи рідини і температури, а для розчинів – від природи розчинника, від природи і концентрації розчиненої речовини.

Розчинені речовини можуть знижувати або підвищувати поверхневий натяг. Ті речовини, що значно знижують поверхневий натяг даної рідини, називають поверхнево-активними (ПАР). Для води поверхнево-активними є спирти, мила, білки, жовчні кислоти, глікозиди. Додавання таких речовин до води покращує спінювання, тобто утворення великої кількості нових поверхневих плівок рідини, що пояснюється зниженням поверхневого натягу.

Речовини, які підвищують поверхневий натяг рідини, називають поверхнево-неактивними. Поверхневий натяг води підвищується при розчиненні неорганічних кислот, лугів, деяких солей.

Існує декілька методів визначення поверхневого натягу: за відривом краплі, за висотою підняття рідини в капілярі, найбільшого тиску бульбашок. Найчастіше використовується сталагмометричний метод, який базується на застосуванні приладу – сталагмометра (Рис. 1).

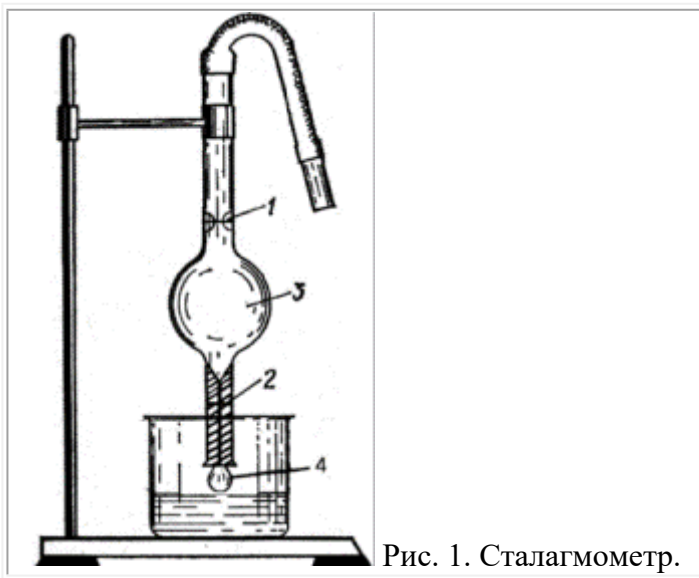


Рис. 1. Сталагмометр.

Прилад є капілярною трубкою з верхньою 1 і нижньою 2 мітками, а посередині – розширенням 3. Метод ґрунтується на тому, що крапля, яка утворюється на кінці капілярної трубки 4 сталагмометра, утримується силою поверхневого натягу. Крапля відривається у той момент, коли її вага дорівнює силі поверхневого натягу, що утримує краплю, або перевищить її на дуже незначну величину. Для рідини з більшим поверхневим натягом відрив крапель ускладнений, і утворювані краплі будуть більші, ніж у рідин з меншим поверхневим натягом, а тому кількість їх буде менша. Сталагмометр заповнюють рідиною і рахують число крапель n , що витікають з об'єму V . Потім прилад заповнюють дистильованою водою і рахують число крапель води n_0 , що витікає із цього самого об'єму V . Якщо з об'єму V витікає n крапель рідини, густина якої ρ , то вагу краплі визначають згідно з рівнянням:

$$\rho = \frac{V\rho g}{n},$$

де g – прискорення вільного падіння.

Сила поверхневого натягу, що утримує краплю, дорівнює $2\pi r\sigma$, де $2\pi r$ – довжина кола отвору капіляра, від якого відривається крапля. В момент відриву краплі досліджуваної рідини справедливе рівняння:

$$\frac{V\rho g}{n} = 2\pi r\sigma, \quad (9)$$

а для води:

$$\frac{V\rho_0 g}{n_0} = 2\pi r\sigma_0, \quad (10)$$

де: σ_0 – поверхневий натяг води; ρ_0 – густина води; n_0 – число крапель води. Якщо поділити рівняння (9) на (10), отримаємо залежність:

$$\frac{\rho n_0}{\rho_0 n} = \frac{\sigma}{\sigma_0},$$

з якої можна одержати формулу визначення поверхневого натягу:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho n_0}{\rho_0 n}. \quad (11)$$

Для визначення вологості ґрунтів часто використовують метод капілярного підняття, який базується на вимірюванні висоти h рідини в капілярі. Поверхневий натяг вираховують за рівнянням:

$$\sigma = \frac{r h \rho g}{2}, \quad (12)$$

де: r – радіус капіляра; h – висота підняття рідини в капілярі; ρ – густина рідини; g – прискорення вільного падіння. Поверхневий натяг виражається в одиницях сили на одиницю довжини (н/м^2), або величиною енергії на одиницю площі (Дж/м^2).

Поверхневий натяг є одним із факторів, що визначає форму клітини і її частин. Локальним змінам поверхневого натягу належить важлива роль у процесах сприйняття і передачі нервових імпульсів, у фагоцитозі та проникності клітинних мембран.

Висновки

Практично будь-яка речовина залежно від фізичних умов може існувати в трьох агрегатних станах: твердому, рідкому й газоподібному. Коли речовина переходить з одного стану в інший, змінюється взаємне розташування молекул і характер їхнього руху, однак склад молекул залишається незмінним.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Виберіть правильну відповідь.
Коли перелити рідину з однієї посудини в другу, вона:
а) змінює і форму, і об'єм;
б) зберігає і форму, і об'єм;
в) зберігає об'єм, але змінює форму;
г) зберігає форму, але змінює об'єм.
2. Вода випарувалась і перетворилась на пару. Чи змінилися при цьому молекули води? Як змінилися розташування молекул і характер їхнього руху?
3. Чи може алюміній бути в газоподібному стані?
4. Чи може газ заповнити банку наполовину?
5. Чи легко стиснути воду? Відповідь обґрунтуйте.
6. Чи можна стверджувати, що в закритій посудині, яка частково заповнена водою, над поверхнею води немає?
7. У чайнику кипить вода. Чи справді ми бачимо водяну пару, що виходить із носика?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 23

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Внутрішня енергія. Поняття про II закон термодинаміки

Мета Оволодіти поняттями і властивостями основних термодинамічних

заняття: функцій; розраховувати теплові ефекти реакцій, застосовувати термохімічні розрахунки і термохімічні цикли; визначати можливість чи неможливість самодовільного протікання реакцій у заданому напрямку

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, схема

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	15 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Внутрішня енергія. 2. Перший закон термодинаміки. 3. Другий закон термодинаміки
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

З одного боку, хімічні реакції становлять основу процесів добування та синтезу речовин, які використовуються для створення нових сучасних матеріалів. З іншого боку, в процесі експлуатації матеріалів речовини, що входять до їх складу, можуть підлягати певним хімічним перетворенням. Ці перетворення призводять до поступового погіршення властивостей матеріалу або навіть його псування. Прикладами таких процесів є руйнування металевих виробів унаслідок корозії або старіння пластмас. Для визначення галузей та умов експлуатації матеріалів необхідно розуміти основні закономірності перебігу хімічних реакцій

1 Навчальне питання Внутрішня енергія

Термодинаміка вивчає різні процеси через дослідження змін енергетичного стану тіл. Ці зміни можна охарактеризувати кількістю теплоти Q та роботи A , які отримуються або витрачаються в процесі. Відповідно до цього вона й дістала назву від грецьких слів “*terme*” - теплота та “*dinamic*”-сила, робота. Уперше термін у вигляді прикметника “термодинамічний” був використаний Дж. Томсоном у 1849 р. для характеристики запропонованої Саді Карно теплової машини, яка виконувала роботу. Зміни енергетичного стану пов'язані зі зміною ряду властивостей тіл, наприклад, агрегатного стану, здатності розчиняти інші речовини, вступати з ними в хімічні реакції тощо. Таким чином, термодинаміка використовує існування певного взаємозв'язку між змінами властивостей тіл у певному процесі та енергетичними характеристиками цього процесу - теплотою та роботою. Конкретними завданнями термодинаміки є вивчення: 1) переходу енергії від одного тіла до іншого або від однієї форми до іншої; 2) енергетичних ефектів різних фізичних та хімічних процесів, які відбуваються за різних умов; 3) можливості, напряму та меж перебігу цих процесів. Розрізняють загальну, технічну та хімічну термодинаміку. Загальна розглядає теоретичні основи усіх напрямів термодинаміки та їх застосування до деяких фізичних явищ (магнетизм; електрика, випромінювання тощо). У технічній -розглядаються взаємні перетворення теплоти та робота, головним чином, при експлуатації теплових двигунів. Об'єктами вивчення хімічної термодинаміки є різні хімічні та фізико-хімічні процеси, тобто такі, де має місце зміна хімічного складу або структури. Термодинаміка має ряд властивостей: 1. Вивчає явища, які зумовлені сукупною дією значного, але обмеженого числа частинок. Її не можна застосувати до мікросистем (атом, молекула, електрон) та нескінченно великих систем (Всесвіт). 2. Не використовує уявлень про молекулярну будову речовини, не висвітлює механізм процесу, його природу та швидкість. 3. Вивчає тільки рівноважні процеси. 2. Термодинамічна термінологія Термодинамічною системою називається тіло або група тіл, що перебувають у тепловій та механічній взаємодії і відокремлені від зовнішнього середовища реальною або уявною межею розподілу. Усі тіла, що оточують термодинамічну систему, утворюють зовнішнє середовище. Закрита система — це така, де потік речовини за її межі відсутній. У відкритій – він має місце, наприклад: кристал, який росте із розчину; хмари в процесі їх утворення чи зруйнування. У подальшому розглядатимемо переважно закриті системи. Закриті системи можуть бути або не бути в енергетичному контакті із зовнішнім середовищем. Якщо потік енергії за межі відсутній, така система має назву ізольованої. Системи можуть бути гомогенними (однорідними) та гетерогенними (різнорідними). Якщо всередині системи нема меж розподілу і всі властивості незмінні в усіх її частинках або змінюються безперервно від точки до точки, то така система називається гомогенною.

Сукупність гомогенних частин системи, однакових за складом, хімічними і фізичними властивостями та відокремлених від інших частин системи поверхнею розподілу, називається фазою. Система, що складається з кількох фаз, є гетерогенною. Гетерогенність системи звичайно класифікують за числом фаз (одно-, двофазна...). Фаза може відповідати будь-якому із трьох агрегатних станів: газоподібному, рідкому, твердому. Фази, які утворюють систему, можуть перебувати як в однаковому, так і в різних агрегатних станах. Кожна система характеризується рядом властивостей. Деякі з них: об'єм, температуру, тиск, масу, хімічний склад можна вимірювати приборами. Такі властивості називають параметрами стану. Інші характеристики (внутрішню енергію, ентальпію, ентропію, термодинамічний потенціал), які виміряти неможливо, але зміни яких у процесі важливо знати (ΔH , ΔS , ΔG та ін.), називають функціями стану. У термодинаміці виділяють 4 типи процесів залежно від умов їх перебігу. 1. Ізобарний, або ізоп'єзичний – зміна стану системи відбувається при постійному тиску ($P = \text{const}$); 2. Ізотермічний – протікає при постійній температурі ($T = \text{const}$); 3. Ізохоричний, або ізопікнічний – йде при постійному об'ємі ($V = \text{const}$); 4. Адіабатичний – процес, при якому відсутній теплообмін з оточуючим середовищем ($U = \text{const}$). Адіабатичними процесами називають зміни стану системи, які відбуваються у такий короткий проміжок часу, що тепловий обмін з оточуючим середовищем не встигає відбутися, наприклад, вибухи. Графічно в координатах $P - V$ ці процеси відображені на рис.1. Рис.1. Графічне зображення залежності P від V . 3. Внутрішня енергія Кожна система має первинний запас енергії, яка має назву внутрішньої енергії. Якщо в системі відбуваються певні процеси, її внутрішня енергія змінюється. Взагалі під внутрішньою енергією системи розуміють енергію всіх безперервно взаємодіючих частинок, що рухаються. До її складу входять: а) енергія поступового та криволінійного руху молекул; б) енергія атомів, що коливаються; в) енергія міжмолекулярної взаємодії; г) внутрішньоядерна енергія тощо. Внутрішня енергія не залежить від потенційної та кінетичної енергій системи. Тому дослідника не цікавить питання про те, як високо піднята система над землею, рухається вона чи перебуває в стані спокою. Джоуль (1845) експериментально довів, що внутрішня енергія ідеальних газів при постійній температурі не залежить а ні від тиску, а ні від об'єму (закон Джоуля). Основні форми енергії - теплота і робота. Ці поняття стосуються не системи, а процесів. Робота A є кількісна міра передавання впорядкованого руху (в основному робота розширення проти зовнішнього тиску P). При цьому $A = P \cdot \Delta V$ де ΔV - зміна об'єму системи. В ізохорному процесі $\Delta V = 0$ і $A = 0$ Теплота Q – це кількісна міра передавання хаотичного руху. Передавання теплоти здійснюється хаотичним рухом молекул і відбувається при контакті двох тіл з різною температурою. Значення теплоти і роботи залежать від ходу процесу (тобто Q і A не є функціями стану).

2 Навчальне питання Перший закон термодинаміки

Перший закон, який є постулатом, заснований на безпосередніх дослідних спостереженнях, і не є слідством від будь-яких теорій. Він є математичною формою виразу закону збереження та перетворення енергії формулюється так: Енергія ізольованої системи тіл є постійною величиною, яка не залежить від характеру перебігаючих у системі процесів, хоча ці процеси й можуть супроводжуватись переходом енергії від однієї частини системи до іншої. Якщо звернутись до математичного запису, то теплота, яка отримується системою, витрачається на зміну внутрішньої енергії та на виконання роботи $Q = \Delta U + A$ де U - функція стану і її зміна не залежить від шляху перебігу процесу, а залежить від різниці між початковим і кінцевим значенням параметрів стану $\Delta U = U$ (кінц.) - U (поч.); Усі системи намагаються перейти в стан з найменшою енергією й тому $U_1(\text{поч.}) > U_2(\text{кінц.})$, а $U_2 - U_1$ - відємна величина. Тоді в ізохорному процесі, коли $A = 0$, $Q = -\Delta U$. В ізобарному процесі $Q_p = \Delta U + P \Delta V$ тоді маємо $A = P (V_2 - V_1)$ тоді $Q_p = U_2 - U_1 + P (V_2 - V_1) = (U_2 + P V_2) - (U_1 + P V_1)$ Введемо позначення $H = U + P \cdot V$ $Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$ Також можна запропонувати цю функцію стану, як енерговміст системи. Ентальпія, як і

внутрішня енергія, вимірюється в одиницях енергії, тобто в джоулях. Абсолютне значення визначити неможливо та й непотрібно, оскільки досить знати зміну ΔH $\Delta H = \Delta U + P \cdot \Delta V$ Вище показано, що $Q_p = -\Delta H$, тобто, якщо система виділила теплоту ($+Q_p$), то ентальпія її змінилась ($-\Delta H$). Такі реакції мають назву екзотермічних. Якщо система увібрала теплоту ($-Q_p$), ентальпія її збільшилась ($+\Delta H$). Такі реакції мають назву ендотермічних. Усі хімічні реакції супроводжуються тепловими ефектами. Тепловий ефект хімічної реакції - це кількість теплоти, виділена або увібрана в термодинамічну систему, коли єдиною роботою є робота розширення, а температура продуктів дорівнює температурі вихідних речовин. Тепловий ефект виражається в кілоджоулях. Розділ фізичної хімії, що вивчає теплові ефекти хімічних реакцій, називається термохімією. Рівняння хімічних реакцій, у яких наводяться величини теплових ефектів, називаються термохімічними рівняннями. Наприклад: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2 - 180 \text{ кДж}$ $H > 0$, Q_0 , Q

3 Навчальне питання Другий закон термодинаміки

Другий закон термодинаміки є постулатом. Історично його пов'язують з ім'ям Клаузіуса, який одним з перших проаналізував кількісний бік і сформулював його (1850 р.). До цього відкриття Клаузіус прийшов унаслідок вивчення робіт Саді Карно. За Карно, який аналізував роботу теплових машин, коефіцієнт корисної дії не залежить від робочої речовини машини, а визначається тільки різницею температур тіл, між якими здійснюється перенос "теплороду". Клаузіус показав, що теорема Карно може бути доведена й без теорії "теплороду", якщо ввести постулат: Теплота не може спонтанно переходити від менш нагрітого тіла до більш нагрітого. $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$, де Q_1 - кількість теплоти, яка взята у нагрівача з температурою T_1 ; Q_2 - кількість теплоти, що віддається холодильнику (теплоприймачу) з температурою T_2 ; $Q_1 - Q_2 = A$ - дорівнює роботі, що здійснюється робочим тілом. Відношення A/Q показує, яка частина поглинутої енергії нагрівача виконала корисну роботу. Корисна робота тим більша, чим більша різниця $T_1 - T_2$. Звідси ще одне формулювання другого закону: Не можна побудувати періодично діючу машину, єдиним результатом якої було лише виконання роботи, або "perpetuum mobile" другого роду неможливий. З аналітичного виразу другого закону одержимо $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ Відношення кількості переданої теплоти до температури нагрівання має назву приведеної теплоти. В 1865р. Клаузіус ввів функцію "S", яка дістала назву ентропія (від грецького "τροπή" – перетворення), має розмірність Дж/моль·К, не залежить від шляху, тобто має властивості функції стану T $Q \Delta S$ = Ентропія - кількісна міра неупорядкованості. Кожна система намагається перейти до стану з найбільшою неупорядкованістю у зв'язку з тим, що частинкам у природі властива хаотичність. При цьому $S(\text{тв}) < S(\text{р}) \leq S(\text{г})$ Зміна ентропії хімічного процесу дорівнює різниці між сумою ентропій продуктів реакції та сумою ентропій початкових речовин (природно, з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів). $\Delta S_{\text{х.р.}} = \sum n S_{\text{прод.}} - \sum n S_{\text{поч.реч.}}$

Висновки

Другий закон термодинаміки, тобто закон неспадання ентропії, стверджує, що еволюція термодинамічних систем призводить до збільшення безпорядку в них. У результаті виникла ідея теплової смерті — встановлення повністю розупорядкованого рівноважного стану, коли всі перехідні процеси завершаться. Однак в природі ми часто спостерігаємо перемогу порядку над безпорядком, свідченням чого є, наприклад життя.

Закон неспадання ентропії несправедливий для відкритих термодинамічних систем у станах далеких від рівноваги. В таких системах можливий негативний притік ентропії, завдяки якому стають дозволеними процеси самоорганізації — виникнення складних впорядкованих структур. Такі процеси вивчає синергетика.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Вважаючи, що внутрішня енергія ідеального газу складається з кінетичної енергії всіх його молекул, обчисліть, яку внутрішню енергію має 500г гелію при температурі $T = 300\text{K}$.
2. Визначити роботу розширення 20л газу при ізобарному нагріві від 270C до 1200C . Тиск газу 80 кПа.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 24

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Принцип дії теплових двигунів
Мета	<u>Ознайомити студентів одержанням теплової енергії. Надати інформацію про</u>
заняття:	<u>екологічні проблеми з цієї теми</u>
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:	
Опорні конспекти, схема	

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Принцип дії теплових машин. 2. Двигун Карно і його ККД.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

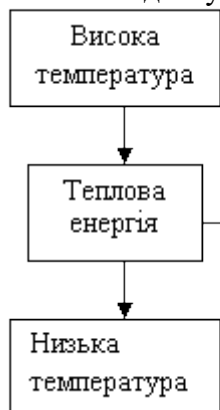
ВСТУП

Спираючись на прецедентні дослідження, проведені в середині XIX ст., англійський фізик Джоуль та німецький Майєр, і найповніше Гельмгольц, установили закономірність, згідно з якою **кількість енергії в природі незмінна, вона лише переходить від одних тіл до інших або перетворюється з одного виду в інший**. Це твердження називають законом збереження і перетворення енергії. Цей закон універсальний та застосовний до всіх явищ природи.

1 Навчальне питання Принцип дії теплових машин

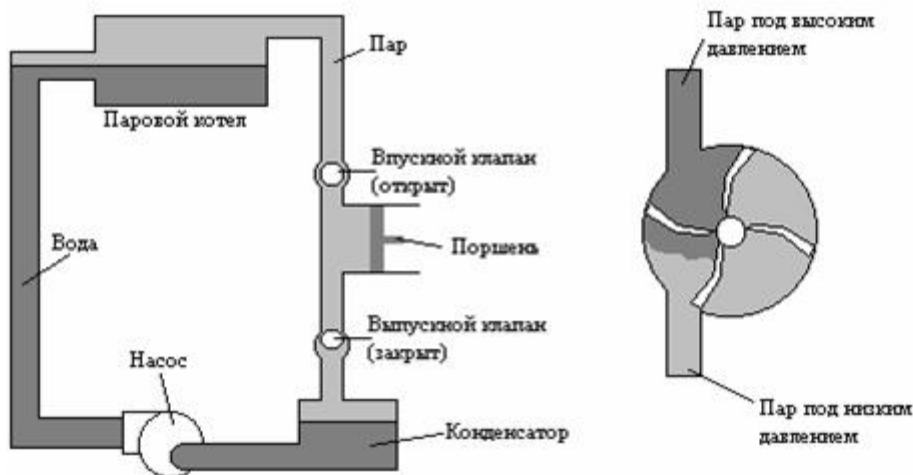
Досить нескладно одержати теплову енергію за рахунок роботи, наприклад досить потерти два предмети один об одний і виділиться теплова енергія. Однак одержати механічну роботу за рахунок теплової енергії набагато важче, і практично корисний пристрій для цього було винайдено лише близько 1700 р.

Тепловий двигун - це будь-який пристрій, який перетворює теплову енергію в механічну роботу.



Основна ідея, яка лежить в основі будь-якого теплового двигуна, полягає в наступному: механічна енергія може бути отримана за рахунок теплової, тільки якщо дати можливість тепловій енергії переходити з області з високою температурою в область з низькою температурою, причому в процесі цього переходу частина теплової енергії може перейти в механічну роботу.

В даний час використовується безліч теплових машин. Розглянемо два теплових двигуни - це паровий і внутрішнього згоряння.



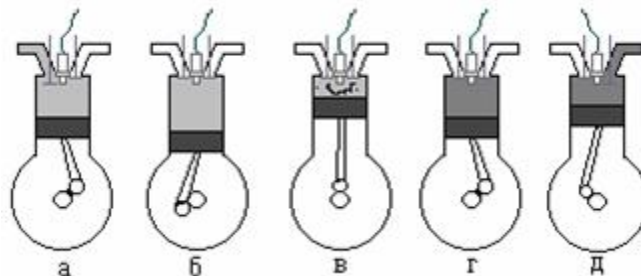
В основному використовується два парових двигуни: поворотного типу і парова турбіна.

Мал.1 Мал.2

У двигунах поворотного типу (мал.1) нагріта пара проходить через впускний клапан і потім розширюється в просторі під поршнем, змушуючи його тим самим рухатися. Потім, коли поршень повертається у вихідне положення, він витісняє пару через випускний клапан.

У парових турбінах власне кажучи відбувається теж саме. Відмінність полягає в тому, що зворотно-поступальний поршень замінений турбіною (мал.2), що нагадує гребне колесо.

Найбільш розповсюдженим двигуном зараз є чотиритактний двигун внутрішнього згоряння (мал.3).



На малюнку 3 літерами позначені наступні процеси:

Мал.3.

- Суміш повітря з бензином всмоктується в циліндр, при русі поршня вниз.
- Поршень рухається нагору і стискає суміш.
- Іскра від свічі запалює суміш. При цьому температура суміші різко зростає.
- Гази, що знаходяться при високих температурі і тиску, розширюються, переміщаючи при цьому поршень вниз (робітник хід двигуна).

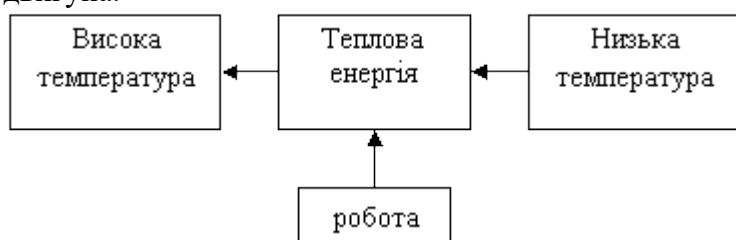
д. гази, що відпрацювали, викидаються через випускний клапан; потім весь цикл повторюється.

Речовина, що нагрівають і прохолоджують (у парових машинах - пар), називають робочим тілом.

Для практичної роботи будь-якого теплового двигуна необхідна різниця температур. Чому? Що б відповісти на це питання уявимо собі парову машину (як на мал.4), але без конденсатора і насоса. У такому випадку пар мав би однакову температуру у всій системі. Це означало б, що тиск пари при його випуску було б таким же, як і при впуску. Тоді робота, що зробив пару над поршнем при своєму розширенні, у точності була б дорівнює роботі, що зробив поршень над паром при його випуску, тобто не було б зроблене ніякої результуючої роботи. У реальному двигуні газ, що випускається, прохолоджується до більш низької температури і конденсується, так що тиск при випуску менше, ніж при впуску. У такому випадку робота, що повинна зробити поршень для виштовхування газу з циліндра, буде менше, ніж робота чинена газом робота над циліндром. У такий спосіб може побут отриманий результуюча робота. Аналогічно і з паровою турбіною: якби не було різниці тисків по обох сторони лопаток, то турбіна не стала б обертатися.

У парових двигунах різниця температур досягається за рахунок спалювання палива, при цьому нагрівається пара. У двигуні внутрішнього згоряння за рахунок згоряння робочої суміші усередині циліндра двигуна.

Принцип дії холодильника чи теплового насоса складається в звертанні робочих стадій теплового двигуна.

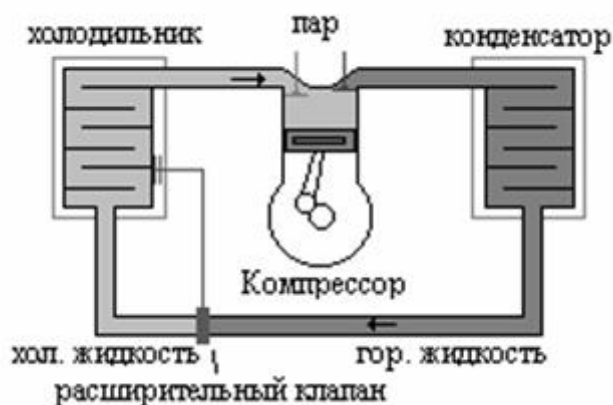


Робота звичайно відбувається мотором компресора (мал.4).

У звичайному холодильнику цикл складається з декількох стадій:

- Пара стискується компресором, нагріваючи при цьому.
- Нагріта пара надходить у конденсатор утворюється гаряча рідина.
- Через розширювальний клапан гаряча рідина надходить у теплообмінник, де випаровуючи прохолоджується.
- Потім пара знову надходить у компресор і цикл повторюється.

Мал.4.

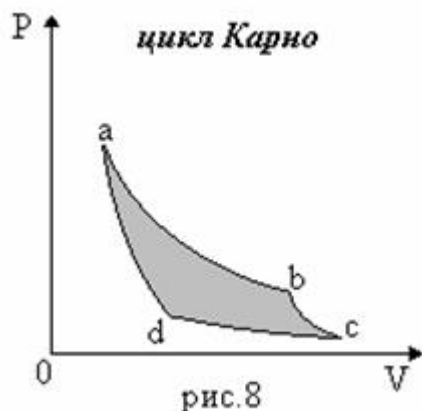


На початку XIX століття процес перетворення теплоти в механічну роботу докладно вивчав французький учений Н.Л. Сади Карно (1796-1832). Він мав намір визначити способи підвищення ККД теплових машин, однак дослідження привели до вивчення основ термодинаміки.

Як допоміжний засіб для своїх досліджень він на папері винайшов ідеалізований тип двигуна, що тепер прийнятий називати двигуном Карно.

У цьому двигуні відбуваються оборотні процеси, тобто протекаючі надзвичайно повільно, так що його можна розглядати, як послідовний перехід від одного рівноважного стану до іншого, причому цей процес можна провести в зворотному напрямку без зміни зробленої роботи і переданої кількості теплоти. Наприклад газ, який знаходиться в циліндрі з щільно притиснутим до стінки поршнем, що не має тертя, можна зжати ізотермічно, якщо стиск робити дуже повільно. Однак якщо в процесі беруть участь які-небудь ще фактори, наприклад тертя, то робота зроблена в зворотному напрямку не буде дорівнює зробленої при стиску. Цілком природно, що оборотні процеси неможливі, оскільки на їхнє здійснення буде потрібно нескінченно багато часу. Але проте такі процеси можна моделювати з як бажаною точністю. Усі реальні процеси необоротні, тому що можуть бути присутнім: тертя, у газах - збурювання і багато інших факторів.

Двигун Карно заснований на оборотному циклі, тобто на послідовності оборотних процесів.



У двигуні Карно використовується однойменний цикл (мал.5). У крапці а початковий стан системи. Спочатку газ розширюється ізотермічно й оборотно по шляху ab при заданій температурі T_H , наприклад газ приходить у контакт із термостатом, що має дуже велику теплоємність. Потім газ розширюється адіабатично й зворотно по шляху bc, при цьому передача теплоти практично не відбувається і температура газу падає до більш низького значення T_L .

Мал.5

На третій стадії циклу відбувається ізотермічний і оборотний стиск газу по шляху cd, тут газ контактує з холодним термостатом при температурі T_L . І нарешті газ адіабатичний й оборотний стискується по шляху da повертаючи, таким чином, у вихідний стан.

Нескладно показати, що результуюча робота чисельно дорівнює площі обмеженої кривими.

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{|Q_H|}$$

ККД двигуна Карно визначається також як і будь-якого іншого двигуна:

Однак можна показати, що його ККД залежить лише від T_H і T_L .

У першому ізотермічному процесі ab чинена газом робота дорівнює:

$$W_{ab} = nRT_H \ln(V_b/V_a)$$

, де n - число молів ідеального газу, використовуваного як робоче тіло. Оскільки внутрішня енергія ідеального газу не міняється, коли температура постійна, що повідомляється газу теплота цілком переходить у роботу (відповідно до першого початку термодинаміки):

$$\frac{1}{2}Q_H = nRT_H \ln(V_b/V_a)$$

Аналогічно запишеться теплота віддається газом у процесі cd:

$$\frac{1}{2}Q_L = nRT_L \ln(V_c/V_d)$$

Оскільки bc і da адіабатичні процеси, одержуємо:

$$P_b V_b = P_c V_c \text{ і } P_d V_d = P_a V_a$$

Відповідно до рівняння стану ідеального газу одержуємо:

$$\frac{P_b V_b}{T_H} = \frac{P_c V_c}{T_L} \text{ и } \frac{P_d V_d}{T_L} = \frac{P_a V_a}{T_H}$$

Висновки

Досягненню високих температур нагрівника заважає неповне згоряння палива, зокрема, у двигунах внутрішнього згоряння. Це призводить і до **екологічних проблем**.

Широке застосування теплових двигунів для добування зручної у використанні енергії найбільше впливає на навколишнє середовище порівняно з усіма іншими видами виробничих процесів.

За законами термодинаміки електричну й механічну енергію неможливо виробляти без відведення в навколишнє середовище значних кількостей теплоти. Це може призвести до підвищення середньої температури на Землі і створити загрозу підвищення рівня Світового океану.

Підвищення температури на Землі може спричинити і подальше суттєве збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері, зумовлене спалюванням палива в теплових машинах. За останні двадцять років кількість вуглекислого газу в атмосфері Землі збільшилась майже на 20 %.

Молекули вуглекислого газу здатні поглинати інфрачервоне випромінювання. Тому збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері змінює її прозорість. Інфрачервоне випромінювання, що надходить від поверхні Землі, все більшою мірою поглинається атмосферою.

Під час спалювання палива атмосфера також забруднюється попелом, азотистими та сірчаними сполуками, шкідливими для здоров'я людей. Особливо суттєве це забруднення у великих містах і промислових центрах. Більше половини всіх забруднень атмосфери створює транспорт. Крім оксиду вуглецю, викидаються в атмосферу 2 - 3 млн. т свинцю. Сполуки свинцю додають в автомобільний бензин для запобігання детонації палива в двигуні, тобто дуже швидкого згоряння палива.

З метою зменшення таких викидів дедалі більше випускається автомобілів, у яких замість бензинових використовують дизельні двигуни, у паливо яких не додають сполук свинцю. Однак найбільш перспективними вважаються електромобілі і автомобілі, які працюють на водні. Продуктом згоряння у водневому двигуні є звичайна вода.

Застосування теплових двигунів призводить до значного споживання кисню, який виробляється зеленими рослинами (10 - 25 %), через що його кількість в повітрі постійно зменшується.

Застосування парових турбін на електростанціях потребує відведення великих площ під ставки, в яких охолоджується відпрацьована пара. Зі збільшенням потужностей електростанцій різко зростає потреба у воді.

Для економії площ і водних ресурсів споруджуються комплекси електростанцій, насамперед атомних, із замкненим циклом водопостачання.

Одним із заходів захисту довкілля є встановлення різного роду фільтрів як на теплових станціях, так і на автомобільних двигунах. Розробляються зразки газотурбінних, роторних і навіть парових двигунів.

Питання та завдання до контролю знань студентів

Правда чи ні

- 1)Неможливо створити вічний двигун першого роду
- 2)При ізотермічному процесі вся передана газу кількість теплоти витрачається на збільшення внутрішньої енергії газу .
- 3)При ізохорному процесі вся передана газу кількість теплоти витрачається на збільшення внутрішньої енергії газу .
- 4)При ізобарному процесі передана газу кількість теплоти йде і на збільшення внутрішньої енергії газу , і на виконання механічної роботи .

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 25

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Внутрішнє тертя в рідині
Мета	<u>Дати означення видам рідин, їх застосування. Розвивати ширший погляд молоді на</u>
заняття:	<u>навколишній світ.</u>
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:	
Опорні конспекти, підручники	

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Рідини і їх властивості. 2. Внутрішнє тертя рідини.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Рідиною в гідравліці називають фізичне тіло, здатне змінювати свою форму при впливі на нього як завгодно малих сил. Розрізняють два види рідин: рідини краплинні і рідини газоподібні (рис. 3.1). Краплинні рідини – це рідини в звичайному, загальноприйнятому розумінні цього слова (вода, нафта, гас, масло тощо). Газоподібні рідини – гази, у звичайних умовах це газоподібні речовини (повітря, кисень, азот, пропан тощо). Рисунок 3.1 – Види рідин Основною відмінною ознакою газоподібних від краплинних рідин є здатність стискатися (змінювати об'єм) під впливом зовнішніх сил. Краплинні рідини (надалі просто рідини) важко піддаються стисненню, а газоподібні рідини (гази) стискаються досить легко, тобто під впливом навіть невеликих зусиль можуть змінити свій об'єм в декілька разів. У гідравліці використовуються поняття реальної та ідеальної рідини. Ідеальна рідина, на відміну від реальної, не має внутрішнього тертя, а також тертя зі стінками посудин і трубопроводів. Ідеальна рідина також абсолютно нестислива. Така рідина не існує в дійсності, і була придумана для полегшення та спрощення низки теоретичних висновків і досліджень, в яких в'язкість не є визначальним чинником і нею можна знехтувати. Робочі рідини характеризуються фізичними властивостями, що суттєво впливають на роботу гідроприводу, та експлуатаційними властивостями, які теж є наслідком певних фізико-хімічних характеристик, але проявляються в деяких показниках зручності, економічності, безпеки експлуатації, довговічності та ін.

1 Навчальне питання Рідини і їх властивості

Основні фізичні властивості рідин – густина, в'язкість, коефіцієнти об'ємного стиснення та температурного розширення тощо. Густина – це маса рідини в одиниці об'єму, кг/м^3 : Краплинні (вода, нафта, керосин, масло...) Газоподібні (повітря, кисень, азот, пропан...) Рисунок 4.8 – U- подібний рідинний манометр Рідини 2 $V \text{ m } \rho =$, (3.1) де m – маса рідини, V – об'єм рідини. Наприклад, густина води становить $\approx 1000 \text{ кг/м}^3$, бензину – $680...720 \text{ кг/м}^3$, мінеральних масел, що застосовуються в об'ємному гідроприводі, – $830...950 \text{ кг/м}^3$. Питома вага – вага одиниці об'єму рідини, Н/м^3 : $V G \gamma =$, (3.2) де G – вага одиниці об'єму V . Співвідношення між питомою вагою та густиною $\gamma = \rho \cdot g$, (3.3) де g – прискорення вільного падіння. З підвищенням температури питома вага рідини зменшується. Стисливість – здатність рідини змінювати свій об'єм при зміні тиску. Стисливість рідини характеризується коефіцієнтом об'ємного стиснення, який визначається за формулою, $\text{м}^2 / \text{Н}$ або Па^{-1} : $d\rho \text{ dV } V \rho \text{ } 0 \text{ } 1 \text{ } \beta = -$, (3.4) де V_0 – початковий об'єм рідини, dV – зміна цього об'єму при збільшенні тиску на величину $d\rho$. Оскільки при збільшенні тиску об'єм рідини зменшується, то $dV / d\rho$ від'ємне. В зв'язку з тим, що за змістом коефіцієнт $\beta \rho$ є величиною додатною, то перед виразом (3.4) є мінус. Величина, обернена $\beta \rho$, називається об'ємним модулем пружності рідини, Н/м^2 або Па : $\rho E \beta 1 =$. (3.5) Об'ємний модуль пружності рідини не є сталою величиною і залежить від тиску, температури, твердих та газоподібних включень, тому рідини не точно «дотримуються» закону Гука. 3 Об'ємний модуль пружності мінеральних масел, що використовуються в механізмах з гідравлічним приводом, при $t = 20^\circ\text{C}$ складає $1,35\text{-}1,75 \text{ ГПа}$ (менші значення відносяться до більш легкого масла), води – $2,1 \text{ ГПа}$, бензину та керосину – приблизно $1,3 \text{ ГПа}$, гліцерину – $4,4 \text{ ГПа}$, ртуті – в середньому $3,2 \text{ ГПа}$. Стисливість робочої рідини знижує жорсткість гідравлічного контуру, оскільки на стиснення затрачається енергія. Стисливість робочої рідини може бути причиною виникнення автоколивань в гідросистемі, створює запізнення в спрацюванні гідроапаратури і виконавчих механізмів. Іноді стисливість рідин корисна – її використовують в гідравлічних акумуляторах як пружини. Температурне розширення – відносна зміна об'єму рідини при збільшенні температури при $p = \text{const}$. Характеризується коефіцієнтом температурного розширення, $1/^\circ\text{C}$: $dt \text{ dV } V t \text{ } 0 \text{ } 1 \text{ } \beta =$. (3.6) Оскільки для

крапельних рідин коефіцієнт температурного розширення мізерно малий, то в практичних розрахунках його не враховують.

2 Навчальне питання Внутрішнє тертя рідини

В'язкість – це властивість рідини чинити опір відносному переміщенню її частинок (переважно опір силам зсуву). В'язкість рідин – це результат взаємодії внутрішньомолекулярних силових полів, що перешкоджають відносному рухові двох шарів рідини. Отже для переміщення шару один відносно одного треба подолати їх взаємне притягання, причому чим воно більше, тим більша потрібна сила зсуву. При відносному зсуві шарів у газовому середовищі, в результаті перенесення молекулами газу кількості руху під час їх переходу з шару в шар, виникає дотична сила між шарами, що протидіє проковзуванню останніх. Таким чином, внутрішнє тертя в рідині, на відміну від газів, зумовлене не обміном молекул, а їх взаємним притяганням. Розглянемо рух рідини у відкритому каналі (рис. 3.2). Досвід показує, що в різних точках вертикальної прямої швидкість течії неоднакова: біля твердих стінок або дна вона дорівнює нулю, а на поверхні – найбільша. Оскільки суміжні шари рідини рухаються з різними швидкостями, між ними виникає сила тертя, яка, згідно з гіпотезою Ньютона, прямо пропорційна градієнту швидкості dv/dy в напрямку y і площі зсуву S , а також залежить від властивостей самої рідини: $S dy dF v = \mu$, (3.7) де μ – динамічна в'язкість. 4 Рисунок 3.2 – Профіль швидкостей при течії в'язкої рідини вздовж твердої стінки Сила тертя F з'являється тільки під час руху рідини. Тоді дотичне напруження між шарами рідини: $dy d S F v \tau = \mu$. Звідси, динамічна в'язкість, Па·с: $\mu = \tau / (dv/dy)$. Одиниця вимірювання динамічної в'язкості в системі СГС – пуаз (1 П = 0,1 Па·с). В технічних розрахунках зручно використовувати кінематичну в'язкість, м²/с: $\nu = \mu / \rho$. (3.8) Величина ν , що дорівнює 1 см²/с, в системі СГС називається стоксом (Ст), а 0,01 Ст – сантистоксом (сСт). Перевідні множники для деяких метричних одиниць вимірювання в одиницях вимірювання СІ показано в додатку А (табл. А.2–А.3). В'язкість робочої рідини істотно впливає на характеристики гідроприводу. При великих значеннях в'язкості виникають значні сили внутрішнього, а також зовнішнього (зі стінками трубопроводу) тертя, що призводить до значних втрат енергії та до нагрівання рідини. ККД гідроприводу знижується, а рідину часто доводиться примусово охолоджувати, витрачаючи на це додаткову енергію. При малих значеннях в'язкості зменшуються втрати енергії на тертя і рідину не потрібно охолоджувати, але при цьому зростають витоки через зазори та нещільності насосів, гідродвигунів й інших гідроагрегатів. Це зумовлює додаткові втрати енергії і впливає на кінематичну точність гідроприводу. Тому вибір оптимальної в'язкості робочої рідини дозволяє отримати мінімальні витоки при невеликих втратах енергії на тертя і є важливим техніко-економічним завданням. Величина оптимальної в'язкості залежить від температури та робочого тиску в гідроприводі. Крім того, на оптимальне значення в'язкості істотно впливає тип (конструкція) насосів і гідродвигунів, для яких вибирається робоча рідина. Методи вимірювання в'язкості рідин і газів розглядаються в розділі фізики, який називають віскозиметрією, а прилади, за допомогою яких вона визначається, – віскозиметрами. Крім оцінювання властивостей рідин за допомогою динамічної і кінематичної в'язкостей, користуються також умовною в'язкістю, розмірність якої – градуси Енглера (°Е). В'язкість, виражена в градусах Енглера, це відношення часу витікання 200 см³ досліджуваної рідини через насадку з отвором діаметром 2,8 мм і довжиною 2 мм, до часу витікання такого ж об'єму дистильованої води при $t = 20^\circ\text{C}$ через таку ж насадку води $t^\circ\text{E} =$, (3.9) де води $t = 51,6$ сек. Прилад, призначений для вимірювання умовної в'язкості рідин, називається віскозиметром Енглера. Для перерахунку градусів Енглера в стокси для мінеральних мастил застосовується емпірична формула Убеллоде $E^\circ = 0,0631 \nu 0,0731$. (3.10) Таким чином, для оцінювання в'язкості рідини можна використовувати три величини, які пов'язані між собою (рис. 3.3). Рисунок 3.3 – Способи оцінювання в'язкості рідини В'язкість рідини залежить від температури і від тиску. При підвищенні температури і зменшенні тиску в'язкість рідини зменшується, причому Кінематична в'язкість $\nu = \mu / \rho$, м²/с Умовна в'язкість в градусах Енглера °Е Динамічна в'язкість μ , Н·с/м² Оцінювання в'язкості 6 залежність від температури є суттєвішою, ніж від тиску. У газів спостерігається обернене явище: з підвищенням температури в'язкість збільшується, зі зниженням – зменшується.

Кавітація (від лат. cavitas – порожнистий) рідини – це стан рідини, що рухається, при якому в результаті зниження тиску виникають газові і пароповітряні бульбашки (каверни) з послідуєчим їх

руйнуванням всередині рідини в зоні підвищеного тиску. Руйнування (конденсація) бульбашок відбувається з великою швидкістю. При цьому виникають місцеві гідравлічні мікроудари, які призводять до появи шуму, вібрацій, значних втрат енергії, а також до ерозійного руйнування стінок конструкції, що знаходяться в контакті з робочою рідиною, і окисленню масел. Рисунок 3.5 – Схема трубки для демонстрації кавітації

Кавітація звичайно є небажаним явищем. Вона порушує нормальний режим роботи гідросистеми, виводить з ладу гідроагрегати, а також зменшує коефіцієнт корисної дії гідропривода. Кавітація робочої рідини може виникнути в будь-яких ділянках гідросистеми, наприклад: на вході самовсмоктуючого насоса; при відкритті клапанів (різко знижується тиск, збільшується швидкість потоку рідини); в робочих камерах гідроциліндрів при дуже швидкому русі поршня.

8 Явище кавітації носить локальний характер і виникає тільки там, де є умови. Виникнення кавітації рідини значно прискорюється при наявності в робочій рідині бульбашок повітря, а також розчинених газів. Основним способом боротьби з кавітацією є максимальне зниження розрідження в зонах можливої кавітації, яке частково може бути досягнуто підвищенням навколишнього тиску. Зокрема, для запобігання кавітаційних явищ в гідросистемах і її елементах створюють підпір робочої рідини на вході в насос; зменшують швидкість потоку робочої рідини і довжину вхідного трубопроводу насоса; обмежують максимальні швидкості руху поршнів гідроциліндрів. Для зниження руйнівної дії на деталі агрегатів кавітації застосовують стійкі проти корозії матеріали (сталі з добавкою хрому і нікелю) і покриття деталей, що омиваються кавітуючою рідиною. Хоча кавітація небажана в багатьох випадках, вона також приносить користь – її застосовують у промисловості, медицині, військовій техніці та інших суміжних областях.

3.5 Облітерація

Облітерація (від лат. obliteratio – згладження) – властивість робочої рідини зарощувати вузькі канали і капілярні щілини при її течії під дією перепаду тисків. Облітерація представляє собою складне фізико-хімічне явище, при якому на стінках капілярного каналу створюються структури твердого граничного шару. Облітерація викликає зменшення робочого прохідного перерізу капілярної щілини і, відповідно, витрати робочої рідини через щілину. Зі збільшенням перепаду тисків інтенсивність облітерації збільшується. Облітерація негативно впливає на роботу золотникових клапанів і розподільників, зменшуючи чутливість слідкуючих систем (призводить до «залипання» золотника у втулці, в результаті чого різко зростає сила необхідна для переміщення золотника). Одним з методів боротьби з облітерацією є надання золотнику або втулці зворотного-поступальних або кутових рухів (вібрацій) з великою частотою і маленькою (в декілька мікрометрів) амплітудою. Для уникнення облітерації каналів рекомендується їх отвори виконувати не менше 0,2-0,4 мм.

Висновки

В якості робочих рідин в гідравлічному приводі застосовують мінеральні масла, водомасляні емульсії, суміші та синтетичні рідини. Вибір типу і марки робочої рідини визначається призначенням, ступенем надійності та умовами експлуатації гідроприводів машин, а також згідно з рекомендаціями заводів-виробників і практичним досвідом застосування відповідного гідроустаткування.

11 Мінеральні масла отримують в результаті переробки високоякісних сортів нафти з введенням в них присадок, що покращують їх фізичні властивості. Присадки додають у кількості 0,05...10%. Присадки можуть бути багатофункціональними, тобто впливати на кілька фізичних властивостей одночасно. Розрізняють присадки антиокислювальні, в'язкісні, протизносні, понижуючі температуру застигання рідини, антипінні тощо. Розрізняють мастильні, моторні, газотурбінні, трансмісійні, циліндрові, індустріальні, трансформаторні, компресорні, антикорозійні та інші мінеральні масла. Водомасляні емульсії являють собою суміші води і мінерального масла у співвідношеннях 100:1, 50:1 тощо. Мінеральні масла в емульсіях призначені для зменшення корозійного впливу робочої рідини і збільшення змащувальної здатності. Емульсії застосовують у гідросистемах машин, що працюють в пожежонебезпечних умовах і в машинах, де потрібна велика кількість робочої рідини (наприклад, в гідравлічних пресах). Використання обмежене від'ємними і високими (до 60°C) температурами. Суміші різних сортів мінеральних масел між собою, з гасом, гліцерином і т.д. застосовують у гідросистемах високої точності, а також в гідросистемах, що працюють в умовах низьких температур. Синтетичні рідини на основі силіконів, хлор- і фторвуглецевих з'єднань, поліфенолових ефірів і т.д. негорючі, стійкі до дії хімічних елементів, мають стабільні в'язкісні характеристики у широкому діапазоні температур.

Останнім часом, незважаючи на високу вартість синтетичних рідин, вони знаходять все більше застосування в гідроприводах машин загального призначення

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Яке фізичне тіло називається рідиною, які бувають рідини? Які основні фізичні властивості рідини Вам відомі?
2. Поняття ідеальної рідини. У яких випадках реальна рідина веде себе як ідеальна?
3. Поняття густини, питомої ваги, розмірності цих величин.
4. Стисливість і температурне розширення рідини. Який взаємозв'язок стисливості і модуля пружності рідини?
5. Поняття в'язкості, природа сил в'язкості. Гіпотеза Ньютона для внутрішнього тертя в рідині. Вплив температури та тиску на в'язкість рідин і газів.
6. Показники в'язкості рідини. Формули їх перерахунку. Розмірності в'язкості.
7. Як впливає в'язкість робочої рідини на характеристики гідроприводу?
8. Будова і принцип дії віскозиметра Енглера. Поняття водного числа і градусу Енглера.
9. Як відбувається процес розчинення в рідині газів (повітря)? На що впливає нерозчинене повітря в рідині? Методи зменшення вмісту повітря в рідині.
10. Який стан рідини називають кавітацією? Які наслідки кавітації? Засоби для запобігання кавітації.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 26

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Електричне поле. Напруженість. Потенціал.

Мета Ознайомити студентів з поняттями електричне поле, напруженість та потенціалом.

заняття: Їх дослідне застосування.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Деформація тіла. 2. Види деформацій.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Однією з ознак твердих тіл є властивість зберігати свою форму тривалий час. Проте така властивість спостерігається лише тоді, коли на тіло не діють інші тіла. А взаємодіючи з іншими тілами, вони змінюють свою форму. Ця зміна не завжди помітна, але вона завжди існує.

Що таке деформація. Явище деформації підлягає дії певних законів. Один з таких законів можна проілюструвати в досліді. Підвісимо на штативі гумову нитку і виміряємо її довжину. Підвісимо до нитки важок певної маси. Зміну форми чи різної маси і побачимо, що він почне опускатися вниз, розтягуючи нитку. Швидкість його буде зменшуватися і він врешті-решт зупиниться, а довжина нитки буде більша за початкову. За результатами дослідів можна зробити висновок, Силу, яка виникає що при деформації нитки виникла при деформації, називають силою пружності.

1 Навчальне питання Деформація тіла

Якщо в теоретичній механіці вивчається рівновага абсолютно твердих тіл, то при вивченні опору матеріалів виходять з того, що абсолютно твердих тіл в природі не існує.

При дії зовнішніх сил як на елементи конструкцій, так і на конструкції в цілому змінюються розміри і форми останніх, і кінець кінцем вони можуть зруйнуватись. Ця зміна має назву деформації. Величина і характер деформації зв'язані з структурою і будовою застосовуваних матеріалів.

Всі матеріали поділяються на кристалічні і аморфні. Кристалічні матеріали складаються з великої кількості дуже малих кристалічних зернин. Кожна кристалічна зернина - це система атомів, розміщених правильними рядами на близьких відстанях один від одного. Такі ряди утворюють кристалічну решітку. В аморфних матеріалах атоми розташовані безладно і утримуються в рівновазі силами взаємодії. Деформація тіл відбувається в результаті зміни розташування атомів, їх зближування або віддаляння.

Деформації бувають пружні і залишкові, або пластичні. Пружними називаються деформації, які зникають після усунення сил, що їх викликали, і тіло повністю відновлює свої попередні форму і розміри. Властивість тіла деформуватися під дією прикладеного навантаження і відновлювати свої початкові форму і розміри після зняття навантаження називається пружністю. Досвід свідчить про те, що пружні деформації спостерігаються доти, доки величина зовнішніх сил не перевищить певної границі. Якщо ж величина зовнішніх сил перевищить цю границю, то після припинення їх дії форма і розміри елемента не відновляться; відхилення, що збереглись, називаються залишковими деформаціями. Ці деформації в кристалічних матеріалах пов'язані з необоротними переміщеннями одних шарів кристалічної решітки відносно інших.

Зовнішні сили діють на елементи конструкцій по-різному. Тому деформації елементів можуть бути складними – складеними з невеликої кількості простих видів деформацій.

Наука про опір матеріалів вивчає такі види деформацій: розтяг (рис. 1, а), стиск (рис. 1, б), зсув (рис. 1, в), кручення (рис. 1, г), згин (рис. 1, д).

В окремих випадках, коли елементи конструкцій водночас зазнають два і більше видів простих деформацій, наприклад розтяг із згином, згин із крученням тощо, тіло піддається складній деформації. Для кожного з цих видів деформацій встановлені методи обчислення напружень, підбирання матеріалів і поперечних розмірів елементів конструкції, а також методи обчислення деформації.

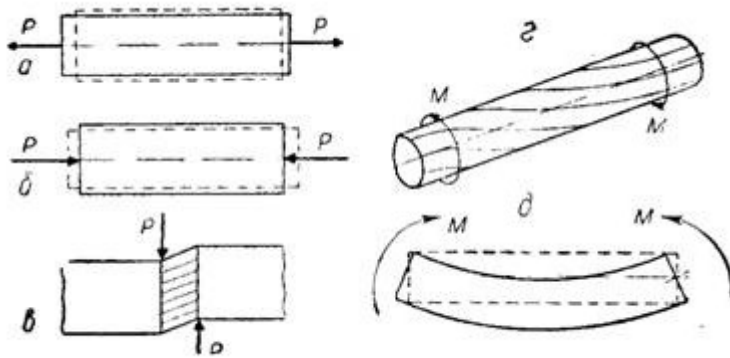


Рис. 1. Види деформацій

Для зручності будемо спочатку розглядати лише ті елементи споруд і машин, які являють собою призматичні стрижні або бруси з прямою віссю. В призматичному стрижні всі поперечні перерізи однакові; центри ваги цих перерізів знаходяться на одній прямій, яка називається віссю стрижня.

При вивченні курсу опору матеріалів роблять деякі допущення і обмеження, оскільки неможливо охопити водночас всю складність явищ, які вивчаються. Матеріал, з якого виготовляють той чи інший елемент, вважається неперервним, однорідним у всіх точках тіла, таким, що має у всіх напрямках однакові властивості (ізотропним).

В дійсності, деякі будівельні матеріали, наприклад литий метал, однорідні (чавун в даному випадку є винятком); інші будівельні матеріали, наприклад дерево, менш однорідні в порівнянні з металом. Чим однорідніший матеріал і чим більш однакові його властивості по всіх напрямках у всіх частинах, тим краще збігаються результати теорії з дослідами.

В курсі опору матеріалів розглядаються, як правило, лише ті задачі, в яких деформація, що викликана дією навантажень, мала в порівнянні з розмірами тіла. Останнє дозволяє нехтувати пов'язаними з деформаціями змінами в розташуванні сил, які діють на тіло.

Крім перелічених, в науці про опір матеріалів робляться й інші допущення і гіпотези, про які мова йтиме у відповідних розділах курсу.

2 Навчальне питання Види деформацій

Розтяг — один із основних видів деформацій, при якому розглядаються такі механічні характеристики, як границя пропорційності, пружності, текучості і міцності. Під терміном “розтяг–стиск” матеріалу, необхідно розуміти як дію зовнішньої сили прикладеної вздовж осі зразка і такий “розтяг–стиск” називається осьовим. Основні зміни деформаційно-осьових параметрів матеріалу визначають з діаграм розтягу-стиску в координатах або (рис. 1).

Рис. 1. Діаграми розтягу (а) і стиску (б) крихкого (1) і пластичного (2) матеріалів

Таким чином, якщо до зразка початковою довжиною l_0 прикласти вздовж осі зовнішню силу F , то відбудеться деформація розтягу (рис. 2). При цьому різниця між кінцевою l_k і початковою l_0 довжинами зразка називається повним або абсолютним видовженням і позначається

На практиці частіше використовується відносна деформація, яку визначають за формулою:

В будь-якому поперечному сеченні стержня (рис. 2) нормальні напруження які є мірою внутрішніх сил, будуть рівні:

Формула 3 виражає умову міцності при розтягу–стиску і при цьому допустимі нормальні напруження для різних матеріалів мають конкретні значення. Допустиме нормальне напруження, це таке напруження при якому забезпечується міцність і довговічність деталей і вузлів машин, конструкцій та інженерних споруд. Величина, яка показує в скільки раз допустиме напруження менше від максимального — називається коефіцієнтом запасу міцності і визначається за формулою:

У випадку деформації стиску стержня напруження розраховується аналогічно формулі (3), так як змінюється тільки напрям дії сил.

Навантаження і деформації, які виникають в стержні, мають тісний зв'язок між собою. Цей зв'язок між навантаженням і деформацією було сформульовано вперше Робертом Гуком у 1660 році

Згідно закону Гука границя пропорційності (σ_p , рис. 1,а) — це напруження, при якому деформації в матеріалі зростають пропорційно навантаженням

де ϵ — відносна поздовжня деформація;

E — модуль пружності першого роду, або модуль Юнга.

Формулу (5), яка виражає закон Гука, можна записати і в другому вигляді, підставляючи в неї замість σ і ϵ їх вирази:

$\sigma = E \epsilon$, при цьому одержимо: $\sigma = E \frac{\Delta L}{L_0}$ (6)

Добуток $A\sigma$ виражає жорсткість при розтягу або стиску. Чим жорсткість стержня більша, тим при одній і тій же величині сили і довжині зразка деформація буде менша. Жорсткість характеризує одночасно фізичні властивості матеріалу і геометричні розміри січення. Кут нахилу прямої до границі пропорційності на діаграмі (рис. 1,а) характеризує модуль пружності матеріалу:

Границя пружності (σ_p , рис. 1,а) — напруження, при якому залишкова деформація становить 0,002–0,005%.

Напруженість при якій спостерігається величина деформації рівна 0,2% називається границею текучості (σ_t).

Напруження, яке викликане відношенням максимального зусилля до початкової площі (A_0) поперечного січення стержня називається границею міцності або тимчасовим опором.

По суті, всі перераховані границі представляють собою умовні нормальні напруження, так як одержуються в результаті ділення відповідних навантажень на площу поперечного січення стержня до початку випробування (A_0).

Для дослідження механічних характеристик металів та сплавів при розтягу використовують зразки циліндричної форми (рис. 3, а, б, в)

При випробуванні матеріалів на стиск діаграма буде відрізнятися від діаграми при випробуванні на розтяг (рис. 1,б).

Рис. 3. Форми зразків для випробувань матеріалів на розтяг-стиск:

а — сталевий зразок на розтяг;

б — сталевий зразок на стиск;

в — крихкий матеріал на стиск.

Для випробування металів та сплавів при стиску використовують зразки циліндричної форми. При цьому λ не повинно перевищувати 3/1.

Крім абсолютного або повного зменшення висоти зразка (ΔL) і відносної поздовжньої деформації (ϵ) необхідно визначити відносну поперечну деформацію за формулою:

(8)

де ϵ_r — відносна поперечна деформація;

— коефіцієнт Пуассона (для сталі);

— відносна поздовжня деформація.

При випробуванні будівельних матеріалів на стиск зразки виготовляють у вигляді куба розміром 100 × 100 × 100 (50 × 50 × 50) (рис. 3, в).

Деформація кручення

Крученням називають деформацію тіла, яка виникає в результаті повернення поперечних січень круглого стержня навколо його осі на деякий кут під дією крутного моменту. При цьому вісь залишається прямолінійною і називається віссю кручення, а кут на який зміщується кінцеве січення називається повним кутом закручування.

Якщо жорстко закріпити один з кінців стержня круглого поперечного січення і прикласти крутний момент (T) до іншого, то відбудеться закручування його на певний кут (рис. 1).

Для вивчення характеру деформації стержня при крученні, виділимо сегмент dx (рис. 1,в) двома обмеженими січними площинами 1 і 2 на віддалі X від його закріплення. Під дією крутного моменту точка C (в площині 2) зміститься в положення C' , що характеризує абсолютний зсув при крученні

При цьому кут зміщення точки C в січенні збільшується на величину df . Довжина дуги відповідає абсолютному зсуву при крученні:

$$CC' = rdj, (1)$$

де r — радіус стержня.

Рис. 1. Характер зсуву стержня круглого поперечного січення при крученні:

а — до деформації;

б, в — після деформації.

Відносний кут зсуву в січенні визначається за формулою:

Відношення — кут закручування на одиницю довжини стержня. Позначивши відношення через γ , відносний кут зсуву визначаємо за формулою:

З цієї формули видно, що відносний зсув прямопропорційний радіусу стержня, який скручується. На основі закону Гука при зсуві можна визначити напруження в будь-якій точці тіла за величиною відносного кута зсуву при крученні (закон Гука при крученні)

Вводячи поняття полярного моменту інерції (I_p), що є сумою добутків елементарних площ (dA) на квадрат їх віддалі (ρ) до певного полюса (центру круга) — крутний момент виражається формулою:

а кут закручування на одиницю довжини стержня:

Добуток називають жорсткістю при крученні.

Повний кут закручування одержимо при врахуванні загальної довжини стержня l :

Підставимо в формулу (4) вираз кута закручування на одиницю довжини з формули (5) отримаємо:

З формули (8) видно, що дотичні напруження при крученні в площинах січення прямопропорційні віддалі до центра січення.

Відношення полярного моменту інерції до найбільшого радіуса січення r називається моментом опору при крученні і позначається W_p .

Таким чином, максимальні дотичні напруження при зсуві визначають за формулою:

Деформація поперечного згину

Згином називається деформація бруса (балки), що виникає внаслідок дії навантажень перпендикулярних до його осі і знаходиться в одній площині.

Розглядається два види згину: плоский і косий. У випадку згину, коли силова площина проходить через вісь стержня і співпадає з однією із основних осей інерції, називається плоским поперечним згином. Згин бруса (балки) зовнішніми силами, які не співпадають із жодною з головних площин, називається косим згином.

Згин бруса (балки) двома однаковими за величиною і протилежно направленими моментами, називається чистим згином.

Рис. 1. Правило знаків при поперечному згині

При плоскому згині балки в поперечному згині виникають два внутрішніх силових фактори — поперечна сила Q і згинаючий момент M . Для їх визначення використовують метод січень. Поперечна сила в конкретному січенні чисельно дорівнює алгебраїчній сумі проєкцій всіх зовнішніх сил на вісь балки з однієї сторони від січення. Поперечна сила вважається додатною, якщо зовнішня сила намагається повернути залишену частину балки за напрямком годинникової стрілки. В протилежному випадку поперечна сила — від'ємна (рис. 1, а)

Згинаючий момент в січенні чисельно дорівнює алгебраїчній сумі моментів створених зовнішніми силами з однієї сторони від січення балки. Згинаючий момент вважається додатнім, якщо сила намагається вигнути балку відносно січення випуклістю вниз і від'ємним — випуклістю вверх (рис. 1, б).

В поперечному січенні балки під дією зовнішніх сил або сконцентрованих моментів виникають нормальні і дотичні напруження. При цьому, Q).

В загальному випадку згину можна вважати, що поперечне січення залишається плоским і величину нормальних напружень визначають за формулою:

де I — момент інерції січення балки відносно нейтральної лінії;

y — віддаль від нейтральної лінії до точки січення, в якій визначається напруження;

M — згинаючий момент.

Максимальне нормальне напруження відповідає січенням найбільш віддалених від нейтральної лінії

де M — момент опору в січенні.

Крива лінія прогину осі балки під навантаженням, називається пружною лінією балки. Рівняння пружної балки і відповідно максимальна величина прогину залежать від величини зовнішньої сили та характеру її прикладання. Для двохопорної балки з навантаженням на середині довжини, величина прогину визначається за формулою:

де f — величина прогину;

l — довжина балки;

F — величина зовнішньої сили;

I — момент інерції січення балки відносно нейтральної лінії.

Перевірка міцності балки за нормальними напруженнями проводиться в найбільш небезпечному січенні, тобто в січенні де згинаючий момент має максимальне значення. Умова міцності при згині за нормальними напруженнями для симетричних січень і пластичних матеріалів має вигляд:

З умови міцності можна підібрати січення прокатних профілів за величиною осевого моменту опору, або визначити розміри квадратного, круглого і прямокутного січення балки:

для прокатного профілю ; (5)

для квадратного січення

звідки ; (6)

для круглого січення

звідки ; (7)

для прямокутного січення при

звідки . (8)

Максимальні дотичні напруження визначаються за формулою Журавського

$\tau_{\max} =$, (9)

де Q — поперечна сила в січенні;

— статичний момент відносно нейтральної осі;

— ширина

шару балки в якому визначається напруження;

— момент інерції січення відносно нейтральної осі.

Перевірка міцності за дотичними напруженнями проводиться за формулою:

Деформація поздовжнього згину

На практиці часто є недостатнім тільки теоретичні розрахунки на міцність і жорсткість деталей машин, елементів конструкцій і інженерних споруд для забезпечення їх високих експлуатаційних характеристик в стані стійкої рівноваги. Стан тіла, яке знаходиться на границі стійкої і нестійкої рівноваги, називається критичним, а величина сили, яка спричиняє такий стан — критичною силою. Втрата стійкості довгих стержнів (довжина значно більша від розмірів поперечного січення) внаслідок дії зовнішньої сили більшої від критичної, називається поздовжнім згином. Таким чином, критичну силу необхідно розглядати, як силу при якій відбувається втрата стійкості та руйнування деталей машин і конструкцій. Допустима сила при якій забезпечується міцність і довговічність визначається за формулою:

де $F_{кр}$ — критична сила;

k — коефіцієнт запасу стійкості.

Критичну силу для стиснутих стержнів залежно від способу їх закріплення визначають за формулами Ейлера.

Розрізняють чотири основних способи закріплення стержнів (рис. 1):

обидва кінці стержня закріплені шарнірно

Рис. 1. Схема основних способів закріплення довгих стержнів при вивченні поздовжнього згину нижній кінець жорстко закріплений, а верхній вільний

обидва кінці жорстко закріплені

нижній кінець закріплений жорстко, а верхній шарнірно

Формули (2), (3), (4), (5) для визначення критичних сил можна об'єднати в одну формулу

де E — модуль пружності матеріалу стержня;

$I_{\min}$ — мінімальний момент інерції;

— коефіцієнт приведення довжини;

l — довжина стержня.

Аналіз границі застосування формули Ейлера показує, що на відміну від дослідження міцності матеріалу при стиску, розрахунок критичного напруження для довгих стержнів доцільно проводити до границі пропорційності:

, або (7)

де — гнучкість стержня (безрозмірна величина), яка характеризує розміри і способи закріплення стержнів;

— границя пропорційності;

— критичне напруження;

$i_{\min}^2$ — мінімальний радіус інерції.

Граничне значення гнучкості для сталі складає 100 одиниць. При менших значеннях гнучкості формулу Ейлера не застосовують.

Якщо $l < 100$ одиниць, тоді розрахунок критичного зусилля і напруження, яке виникає в стержнях розраховують за формулою Ясінського:

де a і b — коефіцієнти, які залежать від властивостей матеріалу.

Для сталі звичайної якості (Ст. 3) при гнучкості $l = 40, 100$ коефіцієнти $a = 310$ МПа і $b = 1,14$ МПа, а при гнучкості $l < 40$ одиниць стержні можна розраховувати на міцність без врахування небезпеки поздовжнього згину.

Висновки

Яка природа сил пружності. Сила пружності пропорційна деформації. Виникнення сили пружності пов'язане із силами взаємодії між молекулами. При деформації змінюється відстань між молекулами, а тому переважають або сили притягання (при розтягуванні тіла), або сили відштовхування (при стисканні тіла). Сили пружності враховують і використовують в різних технічних пристроях і машинах. Автомобілі, залізничні вагони, мотоцикли та інші транспортні засоби мають ресори. Їх застосування дає змогу зробити рух значно плавнішим, оскільки наїзд колеса на камінь або іншу перешкоду приводить лише до деформації ресори і відчутно не змінює положення самого транспортного засобу.

У країнах, де часто бувають великі землетруси, будинки ставлять на спеціальні пружини, які під час поштовху деформуються, а споруда залишається майже нерухомою.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що таке деформація тіла?
2. Коли виникає деформація тіла?
3. Коли виникає сила пружності?
4. Як довести, що при деформації тіла виникає сила пружності?
5. Від чого залежить значення сили пружності?
6. Як формулюється закон Гука?
7. За яких умов справджується закон Гука?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 27

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Електричне поле. Напруженість. Потенціал

Мета заняття: Пояснити властивості електричного поля, принцип суперпозиції, зв'язок напруженості електричного поля з різницею потенціалів; сутність силових та енергетичних характеристик електричного поля; навчити учнів розв'язувати стандартні задачі з даної теми; розвивати логічне мислення; виховувати впевненість у собі, необхідність в знаннях; шляхетність.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручник

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Напруженість електричного поля. 2. Лінії напруженості
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

В основі всіх фізичних явищ лежить взаємодія між тілами або частинками, що беруть участь у цих явищах. Механічна дія тіл одне на одного відбувається або в разі безпосереднього зіткнення тіл, або за наявності між ними якого-небудь матеріального посередника. Так, під час удару двох куль здійснюється безпосередній контакт обох тіл, що взаємодіють, а під час буксирування одного автомобіля іншим дія одного автомобіля на інший передається через третє тіло — трос. Земля рухається навколо Сонця через те, що взаємодіє з ним через гравітаційне поле.

У всіх випадках, коли між двома тілами немає контакту, можна виявити таке «третє тіло», яке, будучи посередником, передає дію від одного тіла до іншого, причому з кінцевою швидкістю.

Наприклад, дія тіла, що видає звук, на барабанну перетинку вуха передається через повітря зі швидкістю звуку. Інша справа — взаємодія електричних зарядів. Заряджені тіла діють одне на одне, хоча на перший погляд немає ніякого посередника між ними.

Відповідно до припущення англійського вченого М. Фарадея навколо заряджених тіл існує середовище, за допомогою якого й здійснюється електрична взаємодія. Простір, що оточує один заряд, впливає на простір, що оточує інший заряд, і навпаки. Посередником у цій взаємодії є електричне поле:

Кожне заряджене тіло створює електричне поле, що діє на інші заряджені тіла. До Фарадея вважали, що матерія існує тільки у формі речовини, а взаємодія між тілами, що складаються із цієї речовини, відбувається тільки під час безпосереднього контакту або через простір без якого-небудь «посередника» (наприклад, за допомогою сил тяжіння). Фарадей же припустив, що існує інша форма матерії — поле, причому поле є посередником під час взаємодії тіл.

Таким чином, електричне поле — це форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими тілами.

Головна властивість електричного поля полягає в його здатності діяти на електричні заряди із певною силою.

Чим більший електричний заряд тіла, тим сильніше електричне поле створює навколо себе це тіло. Здатність електричного поля діяти на заряд дозволяє ввести кількісну характеристику електричного поля.

1 Навчальне питання Напруженість електричного поля

Якщо по черзі поміщати в ту саму точку поля невеликі заряджені тіла й вимірювати сили, що діють на них з боку поля, то виявиться, що сили прямо пропорційні величинам зарядів. Відношення сили до заряду F/q залишається постійним, не залежить від модуля заряду й характеризує тільки електричне поле в тій точці, де перебуває заряд. Цю характеристику називають напруженістю електричного поля.

Ø Відношення сили $\vec{F}$, що діє з боку електричного поля на точковий пробний заряд q , поміщений у цю точку поля, до цього заряду називається напруженістю електричного поля в цій точці:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

Напруженість поля в одиницях СІ виражають: $[E] = \text{Н/Кл}$.

Щоб повністю охарактеризувати електричне поле, треба задати його напруженість у кожній точці простору. Тоді силу $\vec{F}_1$, що діє на довільний заряд q_1 , який перебуває в цій точці, можна знайти за формулою $\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}$, де $\vec{E}$ — напруженість поля в цій точці.

Напруженість поля точкового заряду

Модуль напруженості поля в цій точці знайдемо за допомогою закону Кулона. На

заряд q , що перебуває на відстані r від заряду Q , діє сила $F = k \frac{Qq}{r^2}$. Оскільки модуль напруженості поля $E = F/q$, одержуємо, що модуль напруженості поля точкового заряду

$$E = k \frac{Q}{r^2}.$$

Принцип суперпозиції

Дослід показує, що якщо пробний заряд перебуває в полі, створеному декількома зарядами, то кожний з них діє на пробний заряд незалежно від інших. У цьому полягає принцип суперпозиції полів:

Ø напруженість електричного поля системи N зарядів дорівнює векторній сумі напруженостей полів, створюваних кожним з них окремо:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N.$$

2 Навчальне питання Лінії напруженості

Електричне поле не діє на органи почуттів. Його ми не бачимо не відчуваємо. Проте розподіл поля в просторі можна зробити видимим. Для цього уведемо своєрідну графічну модель електричного поля — лінії напруженості.

Ø Уявні лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються з напрямком напруженості електричного поля, називаються силовими лініями, або лініями напруженості електричного поля.

Щоб охарактеризувати не тільки напрямок, але й модуль напруженості поля в різних точках, силові лінії проводять так, що густина силових ліній пропорційна до модуля напруженості. У такому випадку силові лінії є безперервними, отже, починаються на позитивних зарядах і закінчуються на негативних зарядах.

Силові лінії електричного поля не перетинаються (якби вони перетиналися, то в точці їх перетину напрямок напруженості поля не був би визначений).

За напрямком напруженості поля приймають напрямок сили, що діє на позитивний заряд.

Варто звернути увагу учнів на те, що лінії напруженості лише допомагають наочно уявити розподіл поля в просторі і є не більш реальними, ніж меридіани й паралелі на земній кулі.

б. Речовина в електричному полі

У деяких речовинах є заряджені частинки, які можуть вільно переміщатися в речовині. Такі частинки називають вільними зарядами, а речовини, що містять вільні заряди, називають провідниками.

Як тільки провідник потрапляє в електричне поле, то під впливом сил, що діють на вільні електрони з боку цього поля, вони починають рухатися упорядковано в напрямку, протилежному до напруженості поля. Цей процес перерозподілу зарядів у провіднику протікає майже миттєво. При цьому одна сторона провідника заряджається негативно (надлишок електронів), а інша — позитивно (нестача електронів). Ці заряди створюють поле, напруженість якого протилежна до напруженості зовнішнього поля.

Це поле збільшується за напруженістю доти, доки його не компенсує зовнішнє поле, і, отже, напруженість сумарного поля усередині об'єму провідника не дорівнюватиме нулю. Подальше збільшення заряду на кінцях провідника теж припиняється. Це явище дістало назву електростатичної індукції.

Ø Явище електростатичної індукції полягає в тому, що на кінцях провідника виникають різнойменні заряди в рівних кількостях, а напруженість поля усередині провідника дорівнює нулю.

Якщо провідник заряджений, то його вільні заряди розподіляться таким чином, щоб електричне поле усередині провідника стало рівним нулю, тому що й у цьому випадку вільні заряди будуть переміщатися в провіднику доти, поки поле усередині провідника не зникне.

Розрахунки й досліди показують, що статичний електричний заряд розташований завжди на поверхні провідника — як у випадку зарядженого, так і у випадку незарядженого провідника.

Відсутність електричного поля й зарядів усередині провідника використовують для створення так званого електростатичного захисту. Оскільки заряди на провіднику розташовуються на його поверхні, розподіл зарядів буде однаковим для суцільного й порожнього провідників — наприклад, для кулі й сфери такого самого радіуса. Отже, поле усередині провідної сфери або будь-якої іншої замкнутої ділянки, оточеної провідником, дорівнює нулю. Тому чутливі до електричного поля прилади розміщують у металевих ящиках.

Електростатичний захист використовують і для того, щоб захистити людей, які працюють із пристроями, що перебувають у сильному електричному полі (металевою сіткою оточують робочий простір).

Речовини, у яких вільні заряди відсутні, називають діелектриками.

Діелектриками є гази й рідини. Серед твердих тіл найпоширеніші діелектрики — це скло, пластмаси, гума.

У діелектриках електрони міцно зв'язані зі своїми молекулами (або атомами).

У молекулах деяких речовин центри розподілу позитивних і негативних зарядів не збігаються. Такі діелектрики називають полярними, тому що в їхніх молекул є ніби два «полюси» зарядів — позитивний і негативний.

Діелектрики, у молекулах яких центри розподілу позитивних і негативних зарядів збігаються, називаються неполярними.

Під дією електричного поля позитивні й негативні заряди в молекулі «розтаскуються» у протилежні сторони. У результаті центри розподілу позитивних і негативних зарядів молекули перестають

збігатися: у неї, так само як і в молекулі полярного діелектрика, з'являються позитивний і негативний «полюси».

Під дією електричного поля молекули як полярних, так і неполярних діелектриків «вишиковуються» в аналогічний спосіб — уздовж зовнішнього електричного поля. Це явище називається поляризацією діелектрика. При цьому усередині діелектрика позитивний і негативний заряди компенсуються, але на його поверхні з'являються заряди. Ці заряди називають зв'язаними, оскільки вони обумовлені перерозподілом заряду тільки усередині молекул (а не у всьому зразку, як це відбувається під час руху вільних зарядів у провіднику).

Напруженість «внутрішнього» поля, що виникло в результаті поляризації діелектрика, спрямована протилежно до напруженості зовнішнього електричного поля. У результаті модуль напруженості результуючого поля зменшується. Таким чином,

Ø внаслідок поляризації діелектрика електростатичне поле усередині діелектрика зменшується.

Величина, яка показує, у скільки разів зменшується електричне поле усередині однорідного діелектрика, називається діелектричною проникністю й позначається ϵ .

У результаті зменшення електричного поля зменшується й сила взаємодії заряджених тіл, занурених у діелектрик, тому що їх взаємодія здійснюється за допомогою поля. Наприклад, для зарядів, що перебувають в однорідному діелектрику з діелектричною

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}.$$

проникністю ϵ , закон Кулона набуває такого виду:

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що таке електричне поле?
2. Назвіть основні властивості електричного поля.
3. Яке поле називають електростатичним?
4. Що називають напруженістю електричного поля? Яка формула виражає зміст цього поняття?
5. Чому дорівнює напруженість точкового заряду?
6. Виконайте рисунок і поясніть суть принципу суперпозиції електричних полів.
7. Що називають лініями напруженості електричного поля?
8. Яке електричне поле називають однорідним?
9. Наведіть приклади графічного зображення електричних полів.
10. Який напрям має вектор напруженості електричного поля?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії

природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 28

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема:	Конденсатори. Електроємність провідника
Мета	<u>Ознайомити студентів з видами конденсаторів та їх застосуванням у побуті та житті.</u>
заяття:	<u>Визначитись з поняттям електроємність провідника..</u>
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:	
Опорні конспекти, плакат	

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Електроємність 2. Конденсатори
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	55 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Експериментально неважко встановити залежність потенціалу провідника від його заряду. Для цього закріпимо на ізолюваній підставці два різних тіла та під'єднаємо їх до двох електрометрів. При поступовому збільшенні заряду на тілах, відзначимо зростання потенціалу, отже, між потенціалом та зарядом довільного провідника існує прямо пропорційна залежність. У той же час, надання різним за формою тілам однакових зарядів не забезпечить рівності їх потенціалів, тобто відношення заряду провідника до його потенціалу не є величиною сталою для різних провідників і визначається розмірами та формою провідника а також діелектричними властивостями середовища.

1 Навчальне питання Електроємність

Електроємність. Здатність тіл накопичувати електричний заряд називається електроємністю. Заряд провідника змінюється прямо пропорційно потенціалу провідника. Відношення заряду провідника до його потенціалу не залежить від значення заряду і визначається розмірами і формою провідника й електричними властивостями навколишнього середовища. Отже: електроємністю провідника називають величину, яка вимірюється відношенням заряду провідника q до його потенціалу:

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Одиниця електричної ємності в СІ – фарад, $[C] = \text{Кл/В} = \text{Ф}$.

Система з двох провідників розділених шаром діелектрика, товщина якого мала порівняно з розмірами провідників, називається конденсатором. Конденсатор бувають плоскі, циліндричні, сферичні.

Електроємність плоского конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$

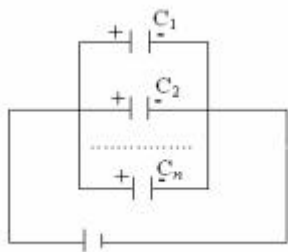
S – площа пластини, d – відстань між пластинами, ε – діелектрична проникність діелектрика.

Ємність конденсатора з n пластин:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S (n - 1)}{d}$$

Конденсатори з'єднують у батареї паралельно або послідовно.

1. Паралельне з'єднання (Рис. 31):



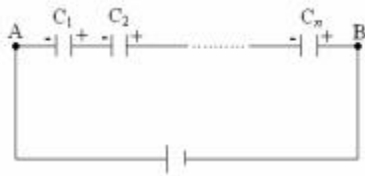
Напруги на всіх конденсаторах однакові:

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

$$\text{Тоді } C_{\text{пар}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

2. Послідовне з'єднання (Рис. 32):



Заряди усіх конденсаторів при послідовному їх з'єднанні однакові.

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \dots + \frac{q}{C_n}$$

Загальна ємність:
$$\frac{1}{C_{\text{носл}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Потенціальна енергія зарядженого конденсатора:

$$W_n = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$$

Для плоского конденсатора:

$$W_n = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2 S d}{2}$$

Густина енергії електричного поля:

$$\varphi = \frac{W_n}{V} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2}$$

2 Навчальне питання Конденсатори

Конденсатори, залежно від матеріалу діелектриків, поділяються на повітряні, керамічні, слюдяні, паперові, металопаперові та плівкові. Діелектрики можуть бути: повітряні, тверді та рідинні. Розрізняють також конденсатори постійної та змінної електричної ємності.

У слюдяних конденсаторах пластини виготовляють з тонкого шару срібла, а в паперових — із стрічки фольги. У плівкових конденсаторах діелектриком є плівка з органічного високомолекулярного з'єднання, вона наноситься на стрічки з алюмінієвої фольги і акручується в рулон. Електролітичні конденсатори виготовляються з двох алюмінієвих стрічок, між якими знаходиться просочений електролітом папір або тонкий шар матерії. При виготовленні конденсатора через нього пропускають постійний струм, внаслідок чого відбувається електроліз і окислення електрода. Утворюється тонкий шар оксидної плівки — діелектрик. Однією обкладкою такого конденсатора є пластина і електроліт, які утворюють позитивний електрод, а друга пластина є негативним електродом. Завдяки тонкому шару діелектрика, конденсатор може мати велику електричну ємність. Застосовуються ці конденсатори тільки в колах постійного струму, а в колах змінного струму при $U \gg (0,1 \text{ до } 0,15) U_{\text{раб}}$ оксидна плівка зникає і конденсатор виходить з ладу.

Для діелектриків існує певна границя напруженості, при якій електрони залишаються зв'язаними зі своїми атомами. Якщо напруженість перевищує цю границю, то електрони зриваються з орбіти, вибивають електрони інших атомів і настає лавинний потік електронів. Внаслідок цього відбувається місцеве порушення діелектрика, він стає провідником, через нього йде струм електронної провідності. Конденсатор втрачає свої властивості.

Явище виникнення в діелектрику конденсатора струму електронної провідності з порушенням його міцності називається *пробоєм діелектрика*. На виникнення пробою впливають теплові та електрохімічні процеси. У місці пробою опір ізоляції зменшується або зникає зовсім. Пластини конденсатора виявляються з'єднаними між собою.

Максимальна напруженість електричного поля, яку може витримати діелектрик без пробою, називається границею напруженості. Гранична напруженість, або електрична міцність, позначається E_m .

Напруга, при якій відбувається пробій діелектрика, називається пробивною, $U_{\text{проб}}$. Величина пробивної напруги залежить від діелектрика конденсатора. Найбільшу електричну міцність мають керамічні конденсатори. Для надійної роботи конденсатора без пробою необхідно, щоб його напруга була меншою від пробивної. Номінальною або робочою напругою

конденсатора є напруга, при якій він може довго (5—10 тис. год) надійно експлуатуватися, не змінюючи своїх характеристик.

Відношення пробивної напруги до номінальної називається запасом міцності діелектрика конденсатора:

$$n = \frac{U_{\text{проб}}}{U_{\text{ном}}},$$

Висновки

Іншою не менш важливою характеристикою конденсаторів є номінальна напруга — значення електричної напруги, яке позначається на конденсаторі, при якому він може працювати у заданих умовах під час строку служби із зберіганням параметрів у допустимих межах.

Номінальна напруга залежить від конструкції конденсатора і властивостей застосованих матеріалів. При експлуатації напруга на конденсаторі не повинна перевищувати допустимої. Для більшості типів конденсаторів із збільшенням температури допустима напруга знижується.

Напругу, при якій впродовж 1-5 с виникає пробій, називають пробивною. Допустиму робочу напругу обирають у 3-10 разів меншою за пробивну.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Які ви знаєте види конденсаторів?
2. Де застосовуються конденсатори?
3. Види з'єднань конденсаторів?
4. Дайте означення електроємності.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 29

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Електричне коло. Закон Ома для ділянки кола. Опір провідника

Мета заняття: Ознайомити студентів з таким поняттям як електричне поле. Дати означення закону Ома для ділянки кола.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
Опорні конспекти, плакат

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Електричне коло 2. Закон Ома для ділянки кола 3. Опір провідника
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	55 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Щоб розібратися в будові якого-небудь електроприладу або усунути несправність електропроводки в оселі, передусім необхідно мати схему відповідного електричного кола. Проте, що таке електричне коло, із чого воно складається і як на його схемі зображують деякі електротехнічні пристрої, ви дізнаєтеся, вивчивши матеріал цього параграфа.

1 Навчальне питання Електричне коло

Будь-який електричний пристрій — мобільний телефон, планшет, ноутбук, ліхтарик, цифровий фотоапарат, калькулятор та ін. — має певний набір обов'язкових елементів. Щоб виділити ці обов'язкові елементи та зрозуміти їхнє призначення, створимо модель найпростішого електричного пристрою — кишенькового ліхтарика (рис. 26.1).

Щоб електричний пристрій працював, передусім необхідне джерело струму. У поданій моделі джерелом струму є батарея гальванічних елементів (1). Виводи (полюси) батареї позначені знаками «+» і «-».

Другий обов'язковий елемент — споживач електричної енергії. У поданій моделі — це електрична лампа (2). Будь-який споживач теж має два виводи (у лампі вони розташовані на цоколі — металевому циліндрі з нарізкою, що з'єднаний зі скляним балоном).

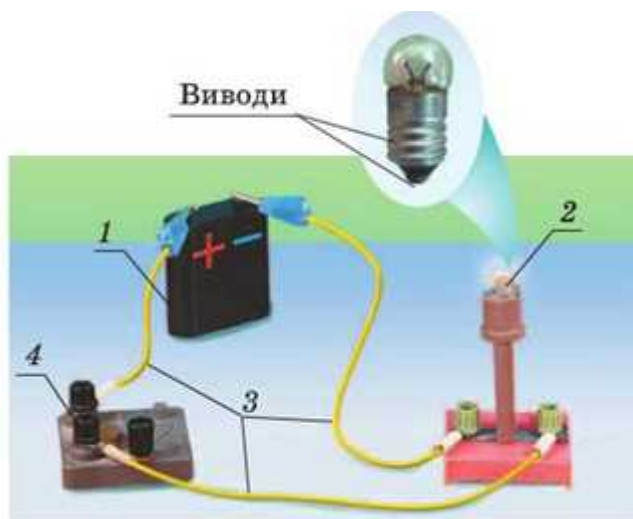


Рис. 26.1. Модель найпростішого електричного пристрою: 1 — джерело струму — батарея гальванічних елементів; 2 — споживач електричної енергії — лампа;

3 — з'єднувальні проводи;

4 — ключ

Джерело струму та споживач з'єднані за допомогою з'єднувальних елементів — проводів⁸ (3). Для кріплення проводів використовують спеціальні пристрої (рис. 26.2), паяння або зварювання.



Рис. 26.2. Різні затискачі (клеми) для з'єднування провідників: акумуляторні (а); високовольтні (б); заземлення (в); ножові (г); приладні (д)

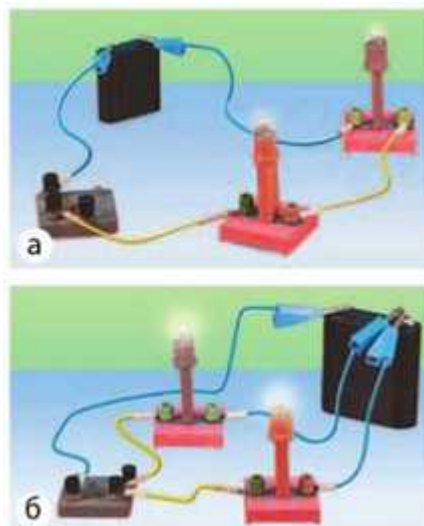


Рис. 26.3. Два способи з'єднання ламп в електричному колі: а — послідовне; б — паралельне

І, нарешті, останній елемент. Щоб було зручно вмикати й вимикати споживачі, використовують різноманітні замикальні (роз-микальні) пристрої: ключ, рубильник, вимикач, кнопку або розетку. У моделі, що розглядається (див. рис. 26.1), таким пристроєм є ключ (4). З'єднані провідниками в певному порядку джерело струму, споживачі, замикальні (розмикальні) пристрої складають електричне коло.

Зверніть увагу: в реальному пристрої важливим є певний порядок з'єднання елементів електричного кола.

На рис. 26.3 зображено два найпростіших електричних кола, що містять однакові елементи. При цьому спосіб з'єднання деяких елементів (ламп) є різним. На рис. 26.3, а лампи з'єднані послідовно, на рис. 26.3, б — паралельно.

Знайомимося з механічним аналогом електричного кола

Щоб краще зрозуміти призначення елементів електричного кола, розглянемо його механічну аналогію. Механічна модель (рис. 26.4) складається з двох наповнених водою посудин (П+ і П-), м'якої пластикової трубки (3), механічної вертушки (2) і... вашого товариша (І), завданням якого буде безперервне переливання води з посудини П- до посудини П+. Зануливши короткий кінець трубки

в посудину з більш високим рівнем води (J7-1'), створимо «водяний струм», який спричинятиме обертання вертушки.



Рис. 26.4. Механічний аналог електричного кола, поданого на рис. 26.1. Відповідність елементів можна простежити за цифрами, якими вони позначені на рисунках

Щоб вертушка не зупинялася, необхідно безперервно підтримувати «водяний струм». А він буде існувати, допоки існує різниця рівнів води в посудинах, тобто допоки ваш товариш переливатиме воду. І так само електричний струм буде існувати в колі, допоки працює джерело струму. Безперервно «перетягуючи» відповідні заряди з одного полюса на другий, джерело струму створює та підтримує електричне поле. Як ви, напевне, здогадалися, «водяний струм» у механічній моделі є аналогом електричного струму.

Механічним аналогом якого елемента електричного кола є трубка з водою?

Ми можемо закрити трубку корком і таким чином зупинити потік води. Отже, в цьому випадку корок є механічним аналогом ключа в електричному колі.

Якщо заморозити воду в трубці, «водяний струм» зупиниться. Таким чином, умовою безперервного плину є наявність «субстанції», яка може вільно пересуватися. Для електричного кола такою «субстанцією» є вільні заряджені частинки (наприклад, електрони в металах або йони в рідинах).

Зверніть увагу на те, що зовсім не обов'язково бачити плин води в трубці. Його наявність можна зафіксувати, спостерігаючи, наприклад, за обертанням вертушки. Так само висновок про наявність електричного струму ми робимо завдяки його діям.

Знайомимося з електричними схемами

Щоб показати, які саме електричні пристрої необхідні для одержання певного електричного кола і як їх потрібно з'єднувати, використовують електричні схеми (або просто схеми).

Електрична схема — це креслення, на якому умовними позначеннями показано, з яких елементів складається електричне коло і в який спосіб ці елементи з'єднані між собою.

Умовні позначення деяких елементів електричного кола наведено в таблиці. Зверніть увагу на позначення джерел струму (гальванічного елемента або акумулятора та батареї гальванічних елементів або акумуляторів): прийнято, що довга риска позначає позитивний полюс джерела струму, а коротка — негативний.

Напрямок струму показують на схемах стрілкою.

*Деякі умовні позначення,
застосовувані на схемах*

Елемент електричного кола	Умовне позначення
Гальванічний елемент або акумулятор	
Батарея гальваніч- них елементів або акумуляторів	
З'єднання проводів	
Резистор	
Електричний дзвінок	
Штепсельна розетка	
Перетин проводів (без з'єднання)	
Затискачі для під'єднання якого- небудь приладу	
Ключ	
Електрична лампа	
Нагрівальний елемент	
Запобіжник	

За напрямок струму в колі умовно прийнято напрямок, у якому рухалися б по колу частинки, що мають позитивний заряд, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного⁹

На рис. 26.5 наведено схеми електричних кіл, зображених на рис. 26.1, 26.3, та показано напрямок струму в них.

Розглянемо електричну схему складнішого електричного кола (рис. 26.6). Коло має три вимикачі, два споживачі струму (електричну лампу та нагрівальні елементи) і джерело струму (акумуляторну батарею).

Якщо замкнути ключі K_1 і K_2 , а ключ K_3 розімкнути, то коло, споживачем у якому є лампа, буде замкнене на джерело й лампа світитиметься. Якщо замкнути ключі K_1 і K_3 , а ключ K_2 розімкнути, то працюватиме електрообігрівач, а лампа світитися не буде. Якщо ж замкнути всі три ключі, то одночасно світитиметься лампа і працюватиме електрообігрівач.

Чи буде працювати хоча б один споживач, якщо розімкнути тільки ключ K_1 ? якщо замкнути тільки ключ K_1 ? Якщо буде, то який?

Підбиваємо підсумки

З'єднані провідниками джерело струму, споживач електричної енергії, замикальний (розмикальний) пристрій утворюють найпростіше електричне коло.

Креслення, на якому умовними позначеннями показано, з яких елементів складається електричне коло і в який спосіб ці елементи з'єднані між собою, називають електричною схемою.

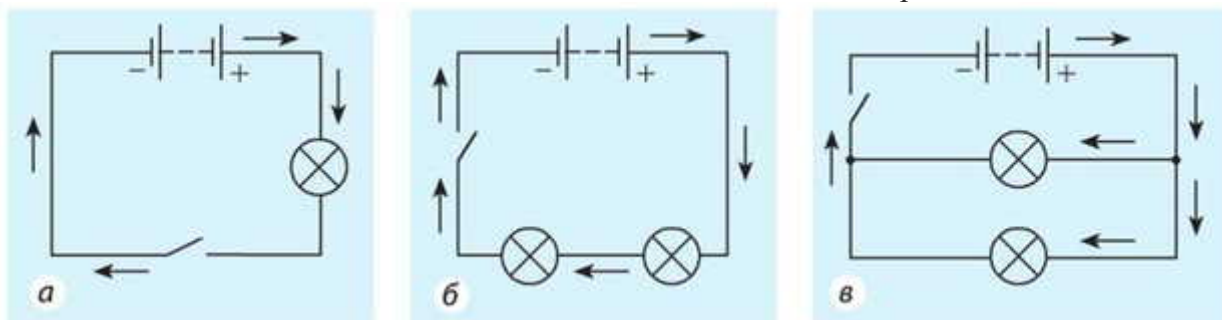


Рис. 26.5. Схеми деяких електричних кіл: а — схема електричного кола вмикання лампи (див. рис. 26.1); б — схема послідовного з'єднання двох ламп (див. рис. 26.3, а); в — схема паралельного з'єднання двох ламп (див. рис. 26.3, б). Стрілками позначено напрямок струму в разі замкнення ключа

За напрямок струму в колі умовно прийнято напрямок, у якому б рухалися по колу позитивно заряджені частинки, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.

2 Навчальне питання Закон Ома для ділянки кола

Сила струму на ділянці кола прямо пропорційна прикладеній напрузі і обернено пропорційна опоріві цієї ділянки: . Вперше цю залежність сили струму від напруги й опору встановив у 1827 р. німецький вчений Георг Ом. На його честь вона називається законом Ома для ділянки кола. На малюнку 2 показано графіки залежності сили струму від напруги для трьох різних металевих провідників. Звичайно такі графіки називають вольт амперними характеристиками провідника.

Іноді формулу закону Ома записують так:

$$U=IR,$$

добуток IR називають спадом напруги на даній ділянці кола. Якщо вона не містить джерела струму, то поняття напруги і спаду напруги співпадають.

Електрична енергія від джерела струму передається по проводах споживачам: електродвигунам, лампам, нагрівальним приладам, телевізорам, радіоприймачам тощо. За допомогою з'єднувальних провідників і вимикачів в електричне коло часто вмикають також вимірювальні прилади: амперметри, вольтметри, омметри, лічильники електричної енергії тощо.

3 Навчальне питання Опір провідника

Електричний опір — це величина, що характеризує протидію електричного кола електричним зарядам, які рухаються.

Електричний опір є величиною, оберненою до провідності: $R=1/G$.

На підставі формули можна записати: $R=U/I$, $I=U/R$, $U=IR$.

Одиницею електричного опору є Ом. Це опір такого провідника, в якому при різниці потенціалів на його кінцях в 1 В встановлюється струм в 1 А:

$$\text{Ом} = \text{В}/\text{А}.$$

У техніці застосовуються елементи електричних кіл, які включаються для електричного опору і називаються резисторами.

Опір провідника залежить від матеріалу, з якого він зроблений, від розмірів (довжини та поперечного перерізу) і від температури. В електричному колі опір залежить і від надійного з'єднання провідників і елементів кола між собою та затискачами.

Залежність опору від матеріалу і розмірів провідника визначається формулою:

$$R=rl/S,$$

де R — опір, Ом; r — питомий опір, Ом • м; l — довжина, м; S — площа поперечного перерізу, м².

Питомим опором називається опір провідника довжиною 1 м з площею поперечного перерізу 1 м² при температурі 20 °С. Наприклад, r алюмінію — $0,029 \times 10(-6)$ Ом•м, нікеліну —

0,4. $10(-6) \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Питомий опір діелектриків дуже великий; так, для скла— $5 \times 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, ебоніту — $10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, слюди — $5 \times 10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. З формули (2.9) маємо: $r=RS/l$

Звідси одиницею питомого опору є ом на метр ($\text{Ом}\cdot\text{м}$).

Питомий опір провідника можна визначити через питому електропровідність як обернену до неї величину: $rn=1/\nu$,

де r — питомий опір, а ν — питома електропровідність провідника.

Якщо провідники з металів і сплавів нагрівати, то в них зростає рух вільних електронів, збільшується число зіткнень з іншими частинками і між собою), а отже, зменшується впорядкований рух електронів. Внаслідок цього опір провідника збільшується.

Висновки

Величина, яка характеризує зміну одного ома опору провідника при зміні температури на 1°C , називається температурним коефіцієнтом і позначається α . У широкому діапазоні зміни температури провідників з металів та сплавів їх опір визначається за формулою $R_2=R_1(1+\alpha(t_2-t_1))$, де R_1 — опір провідника при температурі t_1 , Ом ; R_2 — опір провідника при температурі t_2 , Ом ; α — температурний коефіцієнт, $^\circ\text{C}(-1)$. Наприклад, температурний коефіцієнт алюмінію — $0,0042^\circ\text{C}(-1)$ латуні — $0,002^\circ\text{C}(-1)$ срібла— $0,004^\circ\text{C}(-1)$.

У деяких провідників з підвищенням температури число вільних зарядів збільшується, що приводить до зменшення опору. Такі провідники мають від'ємний температурний коефіцієнт. Наприклад, вугілля — $0,0005^\circ\text{C}(-1)$, електроліти— $0,025^\circ\text{C}(-1)$.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Зобразіть позначки електричних схем.
2. Які величини входять до закону Ома для ділянки кола?
3. У чому ці величини вимірюються?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 30

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Електричний струм у різних середовищах

Мета Роз'яснити студентам фізичну природу електропровідності металів, електролітів і газів.

заняття:

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Електричний струм у металах 2. Електричний струм в електролітах 3. Електричний струм у газах
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Провідниками електричного струму можуть бути різні речовини: метали, розчини електролітів і за певних умов газу та вакуум. Широкого застосування останнім часом набули речовини, які називають напівпровідниками. Для створення струму в якомусь середовищі потрібна наявність у ньому заряджених частинок, здатних переміщатися під дією електричного поля. Цими частинками можуть бути і електрони, і йони. З'ясувати природу струму — означає встановити, які саме заряджені частинки переносять заряд у даному середовищі.

1 Навчальне питання Електричний струм у металах

Електронна теорія так пояснює відмінності у властивостях провідників і діелектриків: в одних тілах є вільні носії зарядів, які можуть переміщатися в різних напрямках, а в інших тілах носії електричних зарядів зв'язані й можуть лише трохи зміщуватися в ту або іншу сторону.

Природа носіїв зарядів у металах доведена класичними дослідженнями Рікке, Мандельштама-Папалекси й Толмена-Стюарта. Дослід Рікке дозволяє зробити висновок, що струм у металах забезпечують не йони, а електрони.

Прямі докази електронної природи струму в металі дали дослідження Мандельштама-Папалекси (1913) і Толмена-Стюарта (1916). У цих дослідженнях було встановлено відношення заряду електрона до його маси:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}},$$

що відповідає встановленому раніше з інших дослідів.

З дослідів легко встановити, що опір металів залежить від температури. Якщо за температури 0 °С, опір провідника дорівнює R_0 , а за температури T він дорівнює R , то відносна зміна опору, як показує дослід, прямо пропорційна зміні температури.

Під час нагрівання провідника його геометричні розміри змінюються незначною мірою. Опір провідника змінюється в основному за рахунок зміни його питомого опору: $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$. Тут α — температурний коефіцієнт опору. Для чистих металів $\alpha \approx 1/273 \text{ К}^{-1}$.

1911 року голландський фізик Камерлінг-Оннес виявив, що під час охолодження ртуті в рідкому гелії її опір спочатку змінюється поступово, а потім за температури 4,15 К різко знижується до нуля.

Явище, яке полягає в тому, що опір провідника за певної температури стає рівним нулю, називають надпровідністю.

Практичне застосування надпровідності набуває поширення. Поряд з надпровідними магнітами, надпровідними магнітометрами існує ряд інших технічних пристроїв і вимірювальних приладів, заснованих на використанні різних властивостей надпровідників.

2 Навчальне питання Електричний струм в електролітах

Як відомо, провідниками електричного струму можуть бути не тільки тверді тіла, але й рідини. Дослідження показують, що електроліти (розчини солей, кислот і лугів у воді) є гарними провідниками електричного струму.

Процес розпаду молекул розчиненої речовини на йони під дією розчинника називається електролітичною дисоціацією.

Молекули речовин-розчинників складаються із взаємозалежних іонів протилежного знака (наприклад Na^+Cl^- , H^+Cl^- , K^+Cl^- , $\text{Cu}^{++}\text{SO}_4^{--}$). Сили притягання між цими йонами забезпечують цілісність таких молекул.

Іони в електролітах рухаються хаотично, поки в рідину не опускаються електроди. Тоді на хаотичний рух іонів накладається їхній упорядкований рух до відповідних електродів і в рідині виникає електричний струм.

За іонної провідності проходження струму пов'язане з переносом речовини. На електродах відбувається виділення речовин, що входять до складу електролітів.

Ø Процес виділення речовини на електродах під час проходження електричного струму через електроліт називають електролізом.

На аноді негативно заряджені іони віддають свої зайві електрони (у хімії цей процес називається окисною реакцією), а на катоді позитивні іони одержують відсутні електрони (відновна реакція).

Кожний іон, що у процесі електролізу нейтралізується на електроді й виділяється на ньому у вигляді нейтрального атома, має певну масу. Але разом з тим він переносить через електроліт певний заряд. Тому й маса речовини, що виділилася, і кількість електрики, що пройшла, пропорційні числу іонів, які підходять до цього електрода.

Кількісно закон електролізу був установлений на досліді Майклом Фарадеєм у першій половині XIX сторіччя. Фарадей установив, що

Ø маса речовини m , яка виділилася на електроді, пропорційна заряду q , який пройшов через електроліт:

$$m = kq.$$

Оскільки $q = It$, де I — сила струму, t — час проходження струму, то $m = kIt$.

Сталу k називають електрохімічним еквівалентом речовини. Зміст цього коефіцієнта можна з'ясувати з виразу:

$$k = m/q.$$

Ø Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кілограмах, яка виділяється під час проходження 1 Кл електрики.

Технічне застосування електролізу

- Гальванотехніка:

- а) гальваностегія — покриття деталей тонким шаром металу (золочення, нікелювання, хромування й т. ін.);

- б) гальванопластика — відкладення товстого шару металу, який відшаровують і використовують самостійно (одержання матриць для друкованих пластинок, барельєф і т. ін.).

- Електрометалургія — виділення чистих металів із природних сумішей (міді з мідного колчедану, алюмінію з розплавленого бокситу).

- Очищення металевих деталей (деталь є анодом).

3 Навчальне питання Електричний струм у газах

Гази, на відміну від металів і електролітів, складаються з електрично нейтральних атомів і молекул і за нормальних умов не містять вільних носіїв струму (електронів і іонів). Гази за нормальних умов є діелектриками.

Однак за деяких умов можна помітно підвищити електропровідність газу. Досить, наприклад, подіяти полум'ям сірника на повітря біля зарядженого електроскопа, як він відразу ж розряджається. Із цього досліду роблять висновок, що під дією полум'я повітря втрачає свої ізоляційні властивості, тобто в ньому з'являються вільні заряди. Повітря, як і інші гази, можна зробити електропровідним і через вплив на нього ультрафіолетового, рентгенівського й радіоактивного випромінювань.

Для відриву електрона від атома необхідна певна енергія, яку називають енергією іонізації.

Іонізація газів — відрив від їхніх атомів або молекул електронів.

Протилежним процесу іонізації газів є процес рекомбінації — возз'єднання протилежно заряджених частинок у нейтральні молекули.

Іонізатор щомиті створює в просторі між електродами деяке число іонів і електронів. Стільки ж іонів і електронів, з'єднуючись між собою, утворюють нейтральні атоми. Така динамічна рівновага існує доти, поки між електродами немає електричного поля. Щойно між електродами буде створене поле, відразу ж на частинки, що несуть заряди різного знака, почнуть діяти сили, спрямовані в протилежні сторони. Тому, крім безладного руху, заряджені частинки будуть

переміщатися в напрямку дії на них електричного поля. Це напрямлений рух частинок під дією електричного поля і являє собою струм у газі.

Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.

Існує два види газового розряду — несамостійний і самостійний.

Якщо електропровідність газу виникає під дією іонізаторів, а з видаленням останнього зникає, то маємо несамостійний розряд.

Ø Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають несамостійним газовим розрядом.

За певних умов струм у газах може проходити й без зовнішнього іонізатора.

Ø Газовий розряд, що триває після того, як припиниться дія зовнішнього іонізатора, називається самостійним газовим розрядом.

Залежно від тиску газу, конфігурації електродів і параметрів зовнішнього кола існує чотири типи самостійних розрядів: тліючий, іскровий, коронний і дуговий.

Електричний розряд, що відбувається за низького тиску (частинки міліметра ртутного стовпа, тобто в тисячі разів менше від атмосферного тиску), називають тліючим розрядом. Тліючий заряд використовують у люмінесцентних лампах і газонаповнених рекламних трубках.

Іскровий розряд виникає в газі зазвичай за тисках порядку атмосферного. Він характеризується переривчастою формою. За зовнішнім виглядом іскровий розряд являє собою пучок яскравих зигзагоподібних тонких розгалужуваних смуг, які миттєво пронизують розрядний проміжок, швидко згасають і постійно змінюють одна одну. Ці смужки називають іскровими каналами.

За природних умов іскровий розряд спостерігається у вигляді блискавки. Іскровий розряд у незначних масштабах виникає, наприклад, у звичайних вимикачах, коли ми вимикаємо світло. На застосуванні іскрового розряду засновані методи електроіскрової обробки металів. Потужні, сильнострумові розряди у водні були першими кроками на шляху до керованого термоядерного синтезу.

Коронний розряд виникає в сильному неоднорідному електричному полі за порівняно високих тисків газу (подібно до атмосферного). Таке поле можна одержати між двома електродами, поверхня одного з яких має велику кривину (тонкий дротик, вістря). Саме така ситуація виникає перед грозою або під час грози. Але в міру видалення від вістря поле швидко зменшується, тому вдалині від вістря електронна лавина не виникає.

Коронний розряд застосовують в електрофільтрах для очищення повітря. Іони, зіштовхуючись із часточками диму, заряджають їх, після чого заряджені частинки притягуються до електродів і осідають на них.

Якщо після одержання іскрового розряду від потужного джерела поступово зменшувати відстань між електродами, то розряд з переривчастого стає безперервним, виникає нова форма газового розряду, яка називається дуговим розрядом.

Температура за дугового розряду досягає 6000 °C (така температура на поверхні Сонця).

Дуговий розряд було відкрито 1802 р. російським фізиком В. В. Петровим. Дуговий розряд використовують для електрозварювання металів. Значний внесок у розробку методів електрозварювання внесли українські вчені під керівництвом академіка А. Є. Патона — організатора й першого директора Інституту електрозварювання в Києві. Дуговий розряд також використовують у прожекторах, проєкційних апаратах і в маяках. У металургії широко застосовують дугові електропечі, джерелом теплоти в яких є дуговий розряд. У таких печах виплавляють сталь, чавун, бронзу й інші метали.

Висновки

Явище, яке полягає в тому, що опір провідника за певної температури стає рівним нулю, називають надпровідністю.

- Процес розпаду молекул розчиненої речовини на іони під дією розчинника називається електролітичною дисоціацією.

- Процес виділення речовини на електродах під час проходження електричного струму через електроліт називають електролізом.

- Маса речовини m , яка виділилася на електроді, пропорційна заряду q , що пройшов через електроліт:

$$m = kq.$$

- Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кілограмах, що виділяється під час проходження 1 Кл електрики:

$$k = \frac{m}{q}.$$

- Іонізація газів — відривання від їхніх атомів або молекул електронів.
- Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.
- Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають несамостійним газовим розрядом.
- Газовий розряд, що триває після того, як припиниться дія зовнішнього іонізатора, називається самостійним газовим розрядом.

Питання та завдання до контролю знань студентів

Перший рівень

1. Як рухаються електрони провідності в металевому провіднику, коли в ньому: а) немає електричного поля; б) створено електричне поле?
2. Яка природа носіїв заряду в електролітах?
3. Яка умова необхідна для виникнення напрямленого руху іонів в електроліті?
4. Чому розрідження газу поліпшує його провідність? Чи за всіх умов це справедливо?
5. Які умови повинні бути виконані, щоб несамостійний розряд став самостійним?
6. Чому за менших густин повітря електричний розряд відбувається за більш низьких напруг?

Другий рівень

1. Чому незважаючи на невисоку швидкість упорядкованого руху електронів у металевому провіднику, прилади в мережі починають діяти одночасно?
2. Чи будь-яка рідина, що проводить електричний струм, є розчином або розплавом електроліту?
3. Яка природа струму в газах?
4. Чому електроскоп, що перебуває неподалік від полум'я газового пальника, розряджається досить швидко?
5. Як зміниться дуговий розряд, якщо сильно остудити анод? катод?
6. Про які фізичні явища йдеться в загадці: «Блісне, мигне, когось позве»?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 31

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Дія магнітного поля на провідник із струмом і на заряд

Мета Роз'яснити студентам поняття явища магнітне поле, як поводить себе частинка.

заняття: Розвивати просторову уяву студента.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Магнітне поле 2. Сила Ампера 3. Сила Лоренца
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	55 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

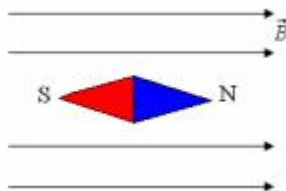
Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Магнітне поле – це особлива форма матеріальної взаємодії. Воно виникає : 1) між рухомими зарядженими частинками, 2) між провідниками зі струмом, 3) між струмом і рухомим зарядом. Магнітне поле – одна з форм електромагнітного поля. Завжди, коли існує змінне електричне поле, виникає й магнітне поле. Магнітне поле, характеристики якого не змінюються з часом, називається стаціонарним. Силовою характеристикою магнітного поля є вектор індукції магнітного поля $\vec{B}$. За напрям вектора магнітної індукції в місці розташування вільної маленької рамки зі струмом беруть напрям перпендикуляра до рамки. Останній визначають напрямом руху свердлика (правого гвинта), який потрібно обертати в напрямі струму в рамці.

1 Навчальне питання Магнітне поле

Правило свердлика: якщо рукоятку свердлика з правою різьбою обертати за напрямком струму в рамці, то напрям вектора $\vec{B}$ збігається з напрямком руху свердлика. Напрямок вектора магнетної індукції $\vec{B}$ збігається з напрямком осі магнетної стрілки в полі (від південного полюса до північного) (Рис. 42).



Графічно магнітне поле зображають лініями магнетної індукції, дотичні до яких збігаються з напрямом вектора магнетної індукції в даній точці. Лінії магнетної індукції завжди замкнуті на відміну від ліній електростатичного поля, які починаються і закінчуються на зарядах. Такі поля називають вихровими.

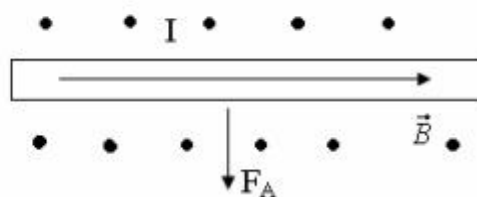
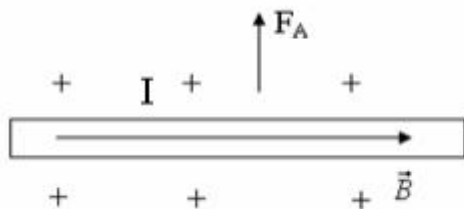
На прямолінійний провідник зі струмом в магнетному полі діє сила, перпендикулярна до напрямку струму і вектора магнетної індукції (сила Ампера)

$$F_A = BIl \sin \alpha$$

B – індукція поля, I – сила струму в провіднику, l – довжина провідника, α – кут між провідником і напрямом вектора магнетної індукції.

2 Навчальне питання Сила Ампера

Напрямок сили Ампера визначають за правилом лівої руки: якщо розташувати ліву руку так, щоб силові лінії магнетного поля входили в долоню, а чотири випрямлені пальці вказували напрямок струму, то відігнутий на 90° великий палець покаже напрям сили Ампера (Рис.43).



Провідники зі струмом одного напрямку притягаються, різного напрямку відштовхуються. Сили взаємодії двох провідників із струмом визначається за формулою

$$F = \mu \mu_0 \frac{I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

де ℓ – довжина провідника, $I_1 I_2$ – відповідні струми, d – відстань між провідниками, $\mu_0 =$

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, μ_0 – магнетна стала, μ – магнетна проникність середовища: $\mu = \frac{B}{B_0}$ - показує в скільки разів вектор магнетної індукції в однорідному середовищі більший за вектор магнетної індукції у вакуумі. На заряджену частинку у магнетному полі, яка рухається зі швидкістю $\vec{v}$, діє сила Лоренца

$$\vec{F}_L = q \vec{B} \sin \alpha,$$

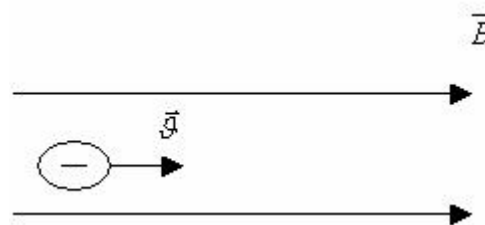
де q – заряд частинки, $\vec{v}$ – швидкість частинки, α – кут між вектором швидкості і вектором магнетної індукції.

Напрямок сили Лоренца визначається за правилом лівої руки, яке справджується для руху позитивних заряджених частинок. Для негативних – напрямок струму вважається протилежним напрямку їх руху.

3 Навчальне питання Сила Лоренца

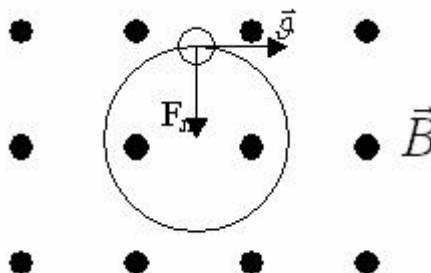
Сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості частинки, тому вона не виконує роботи. Якщо частинка влітає в електричне поле під кутом α :

1. $\alpha = 0$



В цьому випадку частинка рухається по інерції ($\vec{v} = \text{const}$) (Рис.4).

2. $\alpha = 90^\circ$



$B = \text{const}$, то частинка описує коло (Рис.45).

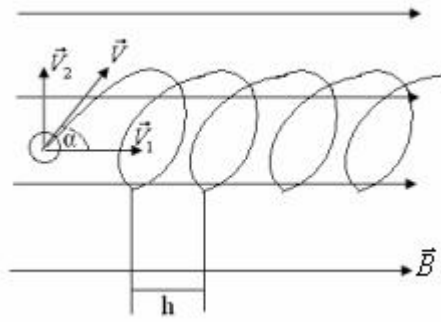
$$F_L = \frac{m v^2}{R} = q v B$$

$$R = \frac{m v}{q B}$$

Період обертання зарядженої частинки

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{q B}$$

3. $\alpha < 90^\circ$



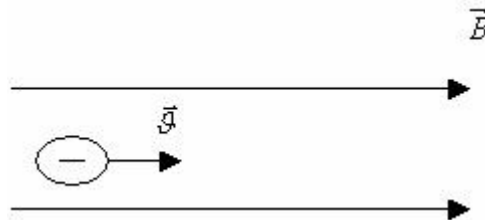
Швидкість частинки напрямлена під кутом α до магнетного поля. Під дією сили Лоренца частинка рухається по гвинтовій лінії (Рис.46).

h – крок спіралі.

$h = v_1 T$, де T – період обертання.

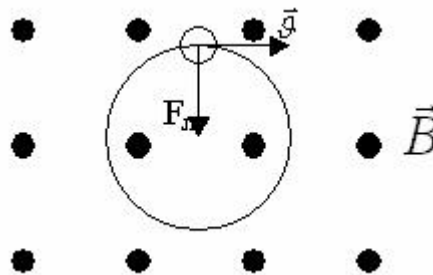
Сила Лоренца завжди перпендикулярна до швидкості частинки, тому вона не виконує роботи. Якщо частинка влітає в електричне поле під кутом ?:

1. $\alpha = 0$



В цьому випадку частинка рухається по інерції ($\vartheta = \text{const}$) (Рис.4).

2. $\alpha = 90^\circ$



$B = \text{const}$, то частинка описує коло (Рис.45).

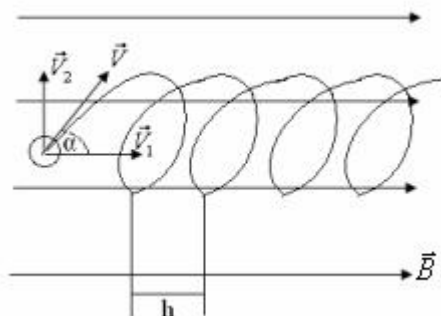
$$F_A = \frac{m \vartheta^2}{R} = q \vartheta B$$

$$R = \frac{m \vartheta}{qB}$$

Період обертання зарядженої частинки

$$T = \frac{2\pi R}{\vartheta} = \frac{2\pi m}{qB}$$

3. $\alpha < 90^\circ$



Швидкість частинки напрямлена під кутом α до магнетного поля. Під дією сили Лоренца частинка рухається по гвинтовій лінії (Рис.46).

h – крок спіралі.

$h = V_1 T$, де T – період обертання.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. У чому полягає суть поняття магнітного поля?
2. За яким правилом визначають напрям сили Ампера?
3. Як визначити швидкість частинки у магнітному полі?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 32

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Явище електромагнітної індукції. Вихрове поле, вихрові струми

Мета Ознайомити студентів з електричною та магнітною взаємодією та явищем електромагнітної взаємодії. Розвивати образне та критичне мислення, творчу уяву.

заняття: Виховувати почуття відповідальності, працелюбність, самостійність, уважність.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, плакат, ілюстрації

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5 хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Явище електромагнітної індукції 2. Вихрове поле
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

У природі існує особлива форма матерії, єдине ціле - електромагнітне поле. Одна із форм його виявлення - магнітне поле, друга - електричне. Між цими полями існує тісний зв'язок: змінне з часом електричне поле породжує магнітне, а магнітне породжує електричне поле. Цей зв'язок встановлено завдяки відкриттю 1831 року англійським вченим М. Фарадеєм **явища електромагнітної індукції** - виникнення електричного струму в провідному контурі, який або нерухомий у змінному магнітному полі, або переміщується в постійному магнітному полі так, що кількість ліній магнітної індукції, що перетинають контур, змінюється. Це явище згодом стало основою всієї електротехніки і радіотехніки. Зокрема, дія генераторів всіх електростанцій світу, що перетворюють механічну енергію в енергію електричного струму, ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Це явище встановив Фарадей на основі дослідів, які тепер може повторити кожний. У котушку, кінці якої замкнено на чутливий до струму прилад (гальванометр), уводимо або витягуємо магніт (рис.4.4.12). Під час переміщення магніту створюється змінне з часом магнітне поле, в якому знаходиться котушка. Кожного разу в котушці (замкнений провідник) під дією змінного магнітного поля виникає струм, який називають **індукційним струмом**.

1 Навчальне питання Явище електромагнітної індукції

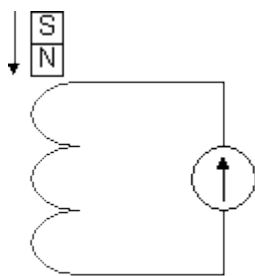


Рис.4.4.12.

Індукційний струм в котушці з металевого дроту виникає також під час зміни сили струму в другій котушці, магнітне поле якої пронизує першу котушку. Індукційний струм утворюється також під час руху котушки відносно нерухомого постійного магніту. Якщо з'єднана з гальванометром котушка рухається повільно в однорідному полі, то індукційний струм не виникає, бо кількість силових ліній, що перетинають котушку, увесь час залишається незмінною. Поява електричного струму в замкненому контурі під час зміни магнітного поля, що його пронизує, свідчить про дію в контурі сторонніх сил неелектростатистичної природи або про виникнення ЕРС індукції. Кількісний опис явища електромагнітної індукції виконують на основі встановлення зв'язку між ЕРС індукції і фізичною величиною, яку називають **магнітним**

потоком. Ця величина залежить від значень вектора $\vec{B}$ не в одній точці, а в усіх точках поверхні, обмеженої плоским замкненим контуром.

Магнітним потоком Φ через поверхню з площею S називають скалярну фізичну величину, що

дорівнює добутку модуля вектора магнітної індукції $\vec{B}$ на площу поверхні S та косинус кута між

вектором $\vec{B}$ і вектором нормалі до поверхні $\vec{n}$ (рис.4.4.13).

$$\Phi = BS \cos \alpha.$$

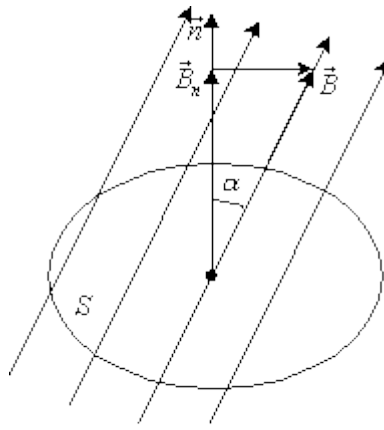


Рис.4.4.13.

Добуток $B \cos \alpha = B_n$ - проекція вектора магнітної індукції на нормаль до площини контуру, тому $\Phi = B_n S$.

Магнітний потік наочно можна витлумачити як величину, пропорційну кількості ліній магнітної індукції, що пронизують поверхню площею S .

Одиниця магнітного потоку - вебер. Магнітний потік в один вебер (1 Вб) створюється однорідним магнітним полем з індукцією 1 Тл через площу 1 м², перпендикулярну до ліній магнітної індукції: 1 Вб = 1 Тл · м².

Причина виникнення індукційного струму полягає перш за все в тому, що в замкненому контурі спочатку виникає ЕРС, а вже потім під її впливом в контурі, опір якого R , пройде індукційний

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

струм такий, якого потребує закон Ома для повного кола . Досліди Фарадея показали, що

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

сила індукційного струму пропорційна швидкості зміни магнітного потоку через поверхню, обмежену контуром:

$$I_i \sim \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} .$$

Опір провідника не залежить від швидкості зміни магнітного потоку. Отже, $I_i \sim \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ тільки тому,

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

що ЕРС індукції пропорційна .

Закон електромагнітної індукції сформульовано саме для ЕРС, оскільки за такого формулювання він виражає суть явища, незалежного від властивостей провідників, у яких виникає індукційний струм. Згідно із законом електромагнітної індукції ЕРС індукції в замкненому контурі дорівнює за модулем швидкості зміни магнітного потоку через поверхню обмежену контуром:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| .$$

Під час проведення дослідів з електромагнітної індукції можна помітити, що стрілка приладу відхиляється то в один, то в другий бік, що свідчить про різні напрями індукційного струму (рис.4.4.14, а, б).

Російський вчений Ленц застосував до явища електромагнітної індукції закон збереження і перетворення енергії і сформулював правило, користуючись яким можна визначити напрям індукційного струму.

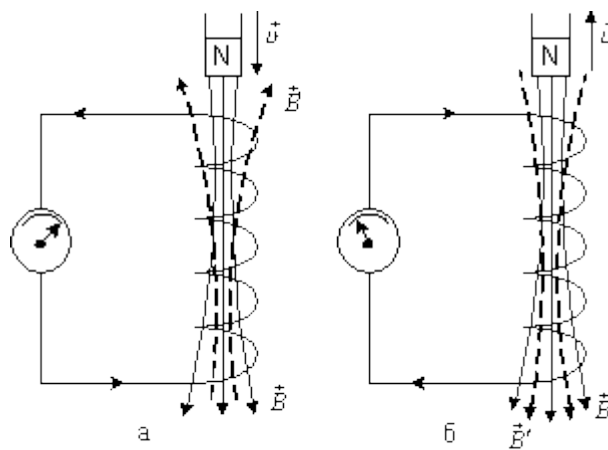


Рис.4.4.14.

Правило Ленца формулюється так: індукційний струм, що виникає в замкненому контурі, протидіє зміні магнітного потоку, який збуджує цей струм. Застосуємо це правило до закону електромагнітної індукції. На рис.4.4.15 зображено замкнений контур. Додатним вважатимемо

напрямок обходу контуру проти руху годинникової стрілки. Нормаль до контуру $\vec{n}$ утворює правий гвинт з напрямом обходу. Нехай магнітна індукція $\vec{B}$ напрямлена вздовж нормалі до контуру і з часом зростає. Тоді

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} > 0 \text{ і } \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} > 0.$$

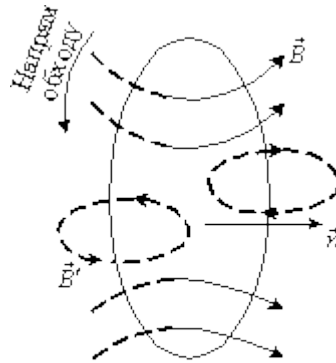


Рис.4.4.15.

Згідно з правилом Ленца індукційний струм створює магнітний потік $\Phi' < 0$. Силкові лінії магнітного поля індукційного струму зображено на рис.4.4.15 пунктиром. Отже, цей струм I_i згідно з правилом свердлика напрямлений за рухом годинникової стрілки (проти напрямку додатного обходу) і ЕРС індукції від'ємна. Тому в рівнянні електромагнітної індукції

має стояти знак мінус, який вказує, що ϵ_i і $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ мають різні знаки:

$$\epsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

Якщо в з'єднаних послідовно контурах відбуваються однакові зміни магнітного потоку, то ЕРС індукції в них дорівнює сумі ЕРС індукції в кожному із контурів. Тому, якщо змінюється магнітний потік у котушці, що складається із N однакових витків провідника, загальна ЕРС індукції буде в N разів більшою від ЕРС індукції в окремому контурі:

$$\epsilon_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (4.4.4)$$

Рівняння (4.4.4) може набувати й іншого вигляду залежно від характеру зміни магнітного потоку. Для випадку нестационарного магнітного поля, коли вектор індукції магнітного поля змінюється з часом за незмінних площі контуру та його орієнтації ($S = \text{const}$, $a = \text{const}$):

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \alpha \quad (4.4.5)$$

У разі зміни орієнтації поля (якщо $\vec{B} = \text{const}$) або зміни орієнтації контуру в стаціонарному полі ($S = \text{const}$):

$$\varepsilon_i = - \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = - \frac{BS(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)}{\Delta t}, \quad (4.4.6)$$

де α_1 і α_2 - кути між нормаллю до контуру і вектором індукції в початковий і кінцевий моменти часу.

Коли магнітне поле стаціонарне ($\vec{B} = \text{const}$), а орієнтація контуру незмінна ($\alpha = \text{const}$), то ЕРС індукції може виникати внаслідок зміни площі контуру. Її розраховують за формулою

$$\varepsilon_i = - \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = - \frac{B(S_2 - S_1)}{\Delta t} \cos \alpha, \quad (4.4.7)$$

де S_1 і S_2 - площі контуру, на початку і наприкінці, наприклад, руху ділянки контуру. Вирази (4.4.4) - (4.4.7) можна використовувати для розв'язування багатьох задач.

2 Навчальне питання Вихрове поле

Під час будь-якої зміни магнітного поля в навколишньому просторі виникає електричне поле. Це електричне поле приводить в рух вільні електричні заряди в контурі, викликаючи появу індукційного електричного струму. Його називають **вихровим електричним полем**.

Робота сил вихрового електричного поля з переміщення електричних зарядів і є роботою сторонніх сил, джерелом ЕРС індукції в замкненому контурі.

Явище електромагнітної індукції спостерігається і в тих випадках, коли магнітне поле не змінюється з часом, але і магнітний потік через контур змінюється через рух провідників контуру в магнітному полі. Тоді причиною виникнення ЕРС індукції буде не вихрове електричне поле, а сила Лоренца.

Нехай провідник довжиною l , що рухається зі швидкістю $\vec{v}$ перпендикулярно до ліній однорідного магнітного поля з індукцією $\vec{B}$, за час Dt переміщується на відстань $v \Delta t$, описавши поверхню площею $S = l v \Delta t$ (рис.4.4.16). Ураховуючи, що за цих умов $\Phi = BS$, отримуємо з (4.4.4):

$$\varepsilon_i = - Blv.$$

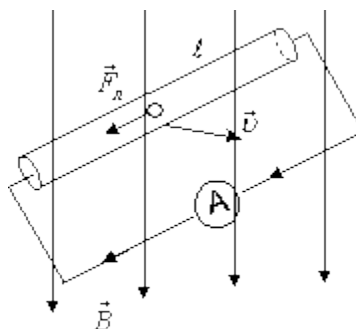


Рис.4.4.16.

Якщо вектори $\vec{B}$ і $\vec{v}$ розміщені під кутом один до одного, то $\varepsilon_i = - Blv \sin \alpha$.

Напрямок індукційного струму в рухомому замкненому провіднику можна визначати за правилом правої руки. Якщо праву руку розташувати так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, а великий відігнутий палець показував напрям швидкості руху провідника, то чотири пальці покажуть напрям індукційного струму.

Особливо великі індукційні струми виникають у масивних провідниках через їх малий опір. Ці струми названо **струмами Фуко** на честь французького фізика, який їх досліджував. Вихрові струми здебільшого шкідливі і тому, щоб зменшити їх вплив, вживають спеціальних заходів. Наприклад, у трансформаторах, електродвигунах суцільні деталі із заліза заміняють на виготовлені з окремих, тонких, ізольованих пластинок або проводів. Це збільшує опір для проходження вихрових струмів і зменшує нагрівання. Нагрівання металів аж до їх плавлення у вакуумі використовують в індукційних печах, коли інші способи малоприматні.

Висновки

У масивних провідниках при зміні магнітного потоку, що їх пронизує, індукуються замкнені електричні струми, які називають вихровими або струмами Фуко. Фізична природа їх така, як і довільних індукційних струмів, але ці струми замикаються безпосередньо в об'єміві провідника у вигляді вихороподібних замкнених ліній, напрямом яких визначається правилом Ленца.

Ефектний дослід поставив Д. Араго: при обертанні підковоподібного магніту навколо осі симетрії розташований над ним мідний (або алюмінієвий) диск приходить в обертання в тому ж напрямку. Причина полягає саме у виникненні в мідному диску індукційних струмів, які породжують вихрове магнітне поле. Внаслідок взаємодії магнітних полів постійного магніту та індукційного струму відбувається обертання диску. Ця ідея закладена в конструкцію асинхронних двигунів змінного струму. Різні технічне застосування знаходять і явище гальмування металевих маятника, який коливається в магнітному полі.

Струми Фуко можуть бути корисні та шкідливі. Так, з допомогою змінного магнітного поля можна індукувати сильні вихрові струми в індукційних печах, де з успіхом плавлять різні метали. В той же час, виникнення значних вихрових струмів в сердечниках трансформаторів призводить до їхнього нагрівання, втрат енергії. Тому, щоб запобігти цьому явищу, сердечники набирають із тонких пластин, розділених ізолюючими прокладками.

Струми Фуко виникають і в масивних провідниках, по яким течуть змінні струми і направлені так, що послаблюють струм всередині провідника і збільшують його на поверхні. В результаті густина змінного струму різна вздовж перерізу провідника. Це явище називають **скін-ефектом** або **поверхневим ефектом**. Із-за скін-ефекту внутрішні частини провідників у високочастотних колах — безкорисні.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Як взаємодіють між собою провідники зі струмом?
2. Якою є природа сторонніх сил, які зумовлюють появу індукційного струму в нерухомому провіднику?
3. Що називають магнітним полем?
4. Які магніти ви знаєте?
5. У чому відмінність вихрового електричного поля від електростатичного?
6. Що таке струми Фуко?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 33

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Явище самоіндукції

Мета заняття: Розширити уявлення студентів про явище електромагнітної індукції. Ознайомити з явищем самоіндукції та характеристикою провідника — індуктивністю. Сприяти розвитку вмінь пояснювати аналогію між самоіндукцією та індукцією. Встановити відповідність між інерцією та самоіндукцією. Виробляти вміння користуватися вимірювальними приладами, перевіряти певні закономірності, застосовувати здобуті знання на практиці, робити висновки. Формувати стійкий інтерес до пізнання світу

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Самоіндукція 2. Індуктивність
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

1 Навчальне питання Самоіндукція

Самоіндукція — це явище виникнення сторонніх сил (що характеризуються ЕРС індукції) у провідному контурі під час зміни магнітного поля, створеного змінним струмом у цьому ж провіднику.

Навколо провідника, по якому протікає електричний струм, створюється магнітне поле. При зміні сили струму змінюється і магнітна індукція цього поля. Внаслідок цього за законом електромагнітної індукції в провіднику збуджується ЕРС.

Явище виникнення ЕРС в провіднику при зміні сили струму в ньому самому називається самоіндукцією.

Явище самоіндукції виявив Д. Генрі у 1832 р.

Явище самоіндукції подібне до явища інерції в механіці.

Магнітний потік Φ через контур та величина струму в контурі I , що створює цей магнітний потік Φ , пов'язані формулою: $\Phi = LI$, де L — індуктивність провідника.

2 Навчальне питання Індуктивність

Індуктивність залежить від:

- розмірів і форми контуру;
- кількості витків N ;
- магнітної проникності середовища μ .

Індуктивність не залежить від значення сили струму.

3. Одиниця вимірювання індуктивності. $[L] = \frac{Вб}{А} = \frac{В \cdot с}{А} = Ом \cdot с = Гн$.

4. ЕРС самоіндукції.

ЕРС самоіндукції в колі пропорційна швидкості зміни сили струму в цьому колі

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Висновки

Розглянемо дослід, у якому розмикають коло дросельної котушки із осердям. Один із проводів залишається приєднаним до клеми котушки, а другим торкаємося до іншої клеми.

У момент розмикання помітне проскакування іскри, що може перейти в дуговий розряд невеликої інтенсивності, супроводжуваний тріском. Учні знають, що іскра виникає під час високої напруги, й, отже, ще раз зможуть перекоонатися, що під час розмикання кола створюється значна ЕРС самоіндукції.

Важливо зазначити, що особливо сильний розряд може виникати під час розмикання кіл (велика швидкість зміни струму), що містять котушки зі стальними осердями – електромагніти, двигуни, трансформатори.

Спостереження розрядів, які виникають під час розмикання кіл, можуть бути використані для обґрунтування необхідності спеціальних масляних вимикачів, у яких запобігається небезпечний наслідок ЕРС самоіндукції – дуговий розряд. Це особливо важливо під час вимикання кіл електропостачання заводів із великою кількістю електродвигунів, трамвайної мережі, промислових районів і т. д.

На закінчення уроку необхідно показати застосування явища самоіндукції в сучасній люмінесцентній лампі. У цій лампі знайшли застосування багато явищ, досліджуваних в курсі фізики, й тому її розгляд дозволить розв'язати низку педагогічних задач: повторити й поглибити раніше вивчений матеріал, причому в новій ситуації; підготувати вивчення нових питань; показати застосування в техніці одночасно кількох явищ, які використовуються в одному пристрої.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. У який момент звичайно іскрить рубильник: під час замикання чи під час розмикання кола?
2. Як залежить модуль вектора індукції магнітного поля від сили струму?
3. Від чого залежить модуль магнітного потоку?

Розробив: Дено Н.П.
Розглянуто та схвалено
на засіданні циклової комісії природничо-
наукових дисциплін
Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.
Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 34

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Звук та ультразвук

Мета сформувати поняття про хвилю, зокрема про звукову хвилю, про швидкість її поширення і про механізм її утворення; формувати вміння порівнювати різні хвильові явища; ознайомити учнів із практичним застосуванням ультразвукових та інфразвукових коливань.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, камертон

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Самоіндукція 2. Індуктивність
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

1 Навчальне питання Самоіндукція

2 Навчальне питання Індуктивність

Висновки

Питання та завдання до контролю знань студентів

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 35

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Коливальний рух. Маятники

Мета заняття: розглянути коливальний рух як приклад криволінійного руху; навчити відрізняти коливальний рух від інших видів руху; вияснити, що таке «маятник», які види маятників існують та яка поміж ними різниця; вивчити основні характеристики коливального руху – період і частоту коливання, та як їх знаходити на практиці; вивести експериментальним шляхом формулу для періоду коливань математичного маятника; розглянути особливості вільних і вимушених, затухаючих і незатухаючих коливань, їх застосування в техніці та де вони зустрічаються в природі;

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, маятник, нитки різної довжини

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	15хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Коливальний рух. 2. Амплітуда, період і частота коливань. 3. Математичний, пружинний маятники.
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	55 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Чи часто ми стикаємося з коливальними рухами? Дуже часто. Коливаються мости, коли по ним походять потяги, частини працюючих механізмів, голосові зв'язки, коли ми розмовляємо, високовольтні дроти під дією вітру, струни на музикальних інструментах. Тобто, якщо тіло здійснює рухи, що повторюються через однакові проміжки часу і проходить через положення рівноваги, то воно коливається або здійснює коливальні рухи. Іноді коливання корисні, і тоді їх використовують для практичних цілей, іноді – шкідливі, і тоді намагаються їх зменшити або усунути.

1 Навчальне питання Коливальний рух

Коливальний рух є одним з найпоширеніших у природі видів руху, і всі ми його неодноразово спостерігали. Коливаються гойдалка, гілки й листя дерев на вітрі, струни музичних інструментів і голосові зв'язки людини, коли видають звуки.

Коливальний рух здійснює і тіло, підвішене на пружині. Якщо тіло штовхнути у вертикальному напрямку, то можна побачити, що воно рухається вниз-вгору, тобто здійснює коливальний рух.

Якщо ми подивимося на рух вантажу на нитці, то помітимо, що він буде рухатися від одного крайнього положення до іншого, проходячи через середню точку й повторюючи свій рух через певний проміжок часу. Такий рух вантажу також являє приклад механічних коливань.

Коливаннями називаються фізичні процеси, що точно або приблизно повторюються через однакові інтервали часу. Залежно від фізичної природи розрізняють механічні й електромагнітні коливання.

Механічними коливаннями називаються такі рухи тіл, за яких через рівні інтервали часу координати тіла, що рухається, його швидкість і прискорення приймають вихідні значення.

2 Навчальне питання Амплітуда, період і частота коливань

Амплітуда A – модуль максимального відхилення від положення рівноваги. (рис. 1)

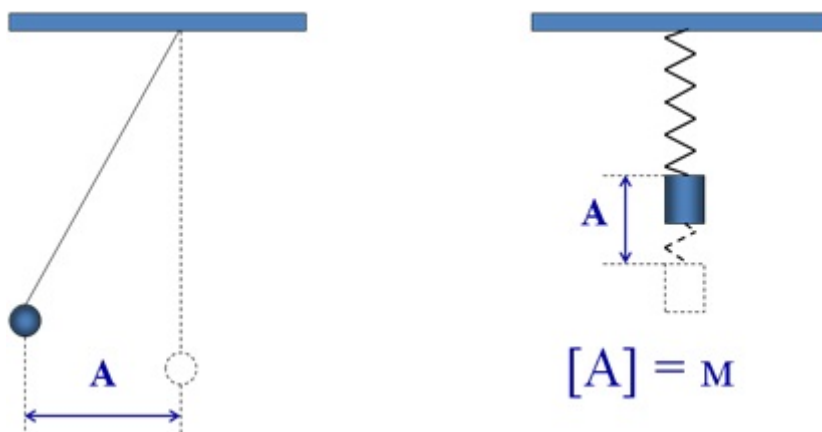


Рис. 1

Частота ν («ню») - кількість повних коливань за одиницю часу.

$$\nu = \frac{N}{t}, [\nu] = \frac{1}{c} = \text{Гц}$$



Рис. 2

Генріх Рудольф Герц (1857–1894)

Одиниця частоти коливань в СІ — **герц**(Гц); вона названа так на честь видатного німецького фізика *Генріха Герца* (рис. 2).

Якщо тіло за одну секунду робить одне повне коливання, то частота його коливань дорівнює одному герцу.

Період коливань T — час, протягом якого здійснюється одне повне коливання.

$$T = \frac{t}{N}, \quad [T] = c, \quad T \cdot \nu = 1$$

Тягарець, що коливається на нитці, — це приклад найпростішого маятника.

Маятник винайдений Ібн Юнусом у 10 столітті. Вивченням маятника займався й Галілео Галілей. В 16-17 ст. маятники використовували в годинниках. Сьогодні маятники, крім годинників широко використовуються в різних механізмах, зокрема в навігаційних приладах, сейсмографах, в будівництві.

3 Навчальне питання Математичний, пружинний маятники

Маятник — це тверде тіло, яке здійснює коливання під впливом притягання до Землі або під впливом дії пружини.

Маятники, які коливаються під впливом притягання до Землі, називають фізичними маятниками (рис. 3). Коливання таких маятників залежать від їх маси, геометричних розмірів, форми.

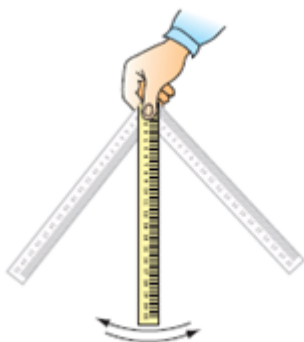


Рис. 3 Приклади фізичних маятників

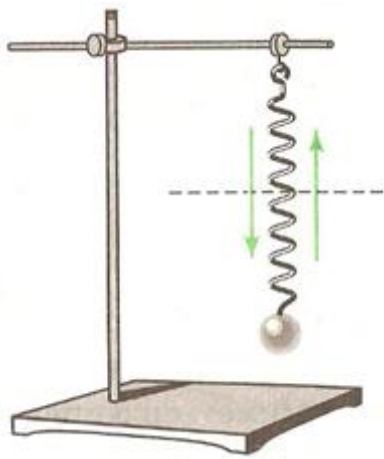


Рис. 4

Пружинний маятник — це тіло, підвішене до пружини. (рис. 4)

Період пружинного маятника залежить від властивостей пружини і маси підвішеного до пружини тіла: чим більша маса, тим більший період коливань.

Якщо такі тіла вивести зі стану рівноваги, вони будуть здійснювати коливання. Коли в системі не було б тертя, такі коливання відбувалися б дуже довго.

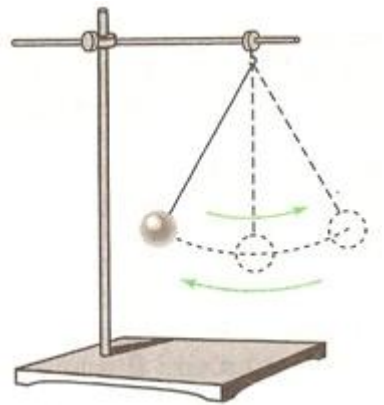


Рис. 5

Математичний маятник — це фізична модель, яка являє собою матеріальну точку, підвішену на тонкій, невагомій і нерозтяжній нитці.

Якщо таку кульку вивести зі стану рівноваги, вона здійснюватиме коливання по дузі кола.

У природі немає ні точкових тіл, ні нерозтяжних невагомих ниток, але в багатьох випадках нитяний маятник можна вважати наближеним до математичного.

Період математичного маятника залежить від довжини підвісу: чим довший маятник, тим більший період коливань.

За одне повне коливання тіло проходить шлях l , який приблизно дорівнює чотирьом амплітудам (див. рис. 4): $l = 4A$.

Виведемо маятник зі стану рівноваги та відпустимо. Маятник почне коливатися. *Такі коливання називають вільними.*

Якщо маятника не торкатися, то через певний час амплітуда його коливань помітно зменшиться, а ще через якийсь час коливання припиняться зовсім.

Коливання, амплітуда яких із часом зменшується, називають **затухаючими коливаннями**. Вільні коливання завжди є затухаючими.

Затухають із плином часу вільні коливання гойдалки і била дзвоника, коливання струни гітари і гілки дерева тощо.

А от коли, наприклад, ви зафарбовуєте щось олівцем, то олівець під дією вашої руки здійснює **вимушені** коливання. Ці коливання триватимуть увесь час, поки ви дієте на олівець, і не затухатимуть.

Незатухаючі коливання — це коливання, амплітуда яких не змінюється з часом.

Наприклад, доки працює механізм швацької машинки, голка здійснює вимушені незатухаючі коливання (рис. 6).

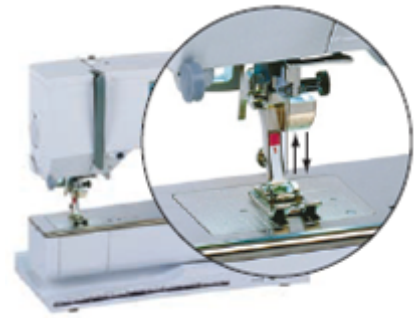


Рис. 6

Маятник Фуко – маятник, що використовується для експериментальної демонстрації добового обертання Землі.

Маятник Фуко Київської політехніки має висоту 22 м, діаметр бронзової кулі – 28 см, масу – 43 кг. (рис. 7)



Рис. 7

Висновки

Серце одне з найбільш досконалих коливальних систем. У різних тварин воно скорочується по-різному. У кита, наприклад, 7 скорочень за 1 хвилину, а у синички – 1200 скорочень за той же час. Порівняйте частоту пульсу кита та синички.

Дано:
 $t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$
 $N_k = 7$
 $N_c = 1200$

$\nu_k - ?$ $\nu_c - ?$

Розв'язання

$$\nu_k = \frac{N_k}{t}, \quad \nu_k = \frac{7}{60 \text{ с}} \approx 0,12 \text{ Гц};$$

$$\nu_c = \frac{N_c}{t}, \quad \nu_c = \frac{1200}{60 \text{ с}} = 20 \text{ Гц}.$$

$$\frac{\nu_c}{\nu_k} \approx 167.$$

Відповідь: частота пульсу синички 20 Гц, а кита – 0,12 Гц; серце синички скорочується в 167 разів швидше, ніж у кита.

Задача 2. Ударний вузол перфоратора здійснює коливання з частотою 2,5 Гц. З яким періодом коливається ударний механізм?

Дано:
 $\nu = 2,5 \text{ Гц}$

Розв'язання

$$T = ? \quad \left| \quad T = \frac{1}{\nu}, \quad T = \frac{1}{2,5 \text{ Гц}} = 0,4 \text{ с} . \right.$$

Відповідь: **0,4 с**.

Задача 3. Амплітуда незатухаючих коливань точки струни 1 мм, а частота 1 кГц. Який шлях пройде точка за 0,2 с?

Дано:

$$A = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

$$\nu = 1 \text{ кГц} = 1000 \text{ Гц}$$

$$t = 0,2 \text{ с}$$

l = ?

Розв'язання

За одне повне коливання точка струни пройде шлях:

$$l_1 = 4A.$$

Знайдемо кількість коливань за визначений час:

$$\nu = \frac{N}{t} \Rightarrow N = \nu \cdot t.$$

Отже, шуканий шлях дорівнює:

$$l = l_1 \cdot N \Rightarrow l = 4 \cdot A \cdot \nu \cdot t.$$

$$l = 4 \cdot 0,001 \text{ м} \cdot 1000 \text{ Гц} \cdot 0,2 \text{ с} = 0,8 \text{ м}.$$

Відповідь: **0,8 м**.

Питання та завдання до контролю знань студентів

Період коливань математичного маятника...:

- ☐ А) залежить від довжини нитки;
- ☐ Б) залежить від маси вантажу;
- ☐ В) залежить від амплітуди коливань;
- ☐ Г) не залежить від земного притягання.

2. За 2 с маятник здійснив 8 коливань. Укажіть всі правильні відповіді.

- ☐ А) період коливань 4 с.
- ☐ Б) період коливань 16 с.
- ☐ В) період коливань 0,25 с.

3. Скільки коливань здійснить матеріальна точка за 5 с, якщо частота коливань становить 440 Гц?

- ☐ А) 2200.
- ☐ Б) 88.
- ☐ В) 220.

4. Тягарець, який коливається на пружині, за 8 с зробив 32 коливання. Знайдіть період і частоту коливань.

- ☐ А) 4 с; 0,25 Гц.
- ☐ Б) 0,25 с; 4 Гц.

☐ В) 25 с; 0,4 Гц.

5. Гойдалка рухалася із крайнього лівого положення в крайнє праве протягом 2 с. Вкажіть правильні твердження.

- ☐ А) період коливань 4 с;
☐ Б) частота коливань 2 Гц;
☐ В) якщо відпустити гойдалку, то її коливання будуть незатухаючими;
☐ Г) якщо довжину мотузки, на якій висить гойдалка, зменшити вдвічі, то період коливань також зменшиться вдвічі.

6. Скільки коливань здійснить маятник годинника, встановленого в кают-компанії судна, за час подорожі з Одеси до Керчі? Період коливань маятника дорівнює 1 с, відстань від Одеси до Керчі становить 250 км, судно рухається зі швидкістю $12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № ____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 36

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Одержання електромагнітних коливань

Мета З'ясувати механізм виникнення вільних електричних коливань і енергетичні

заняття: перетворення в коливальному контурі. Розвивати пам'ять, логічне мислення та

увагу. Виховувати інтерес до дисципліни.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, підручники

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Утворення електромагнітних хвиль
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

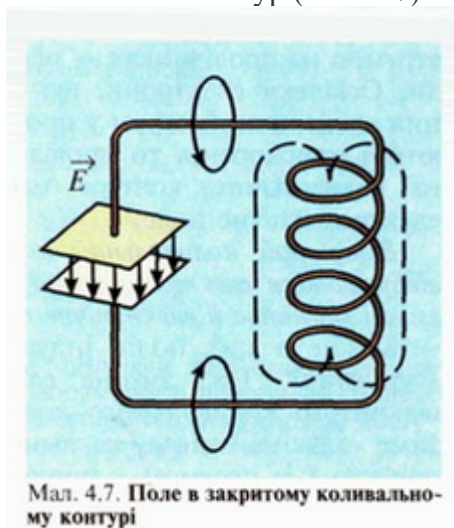
Здавалося б, коливання маятника нічим не нагадують розряд конденсатора через котушку індуктивності. Однак насправді це не так. Механічні і електромагнітні коливання підлягають однаковим фізичним законам. Це виявляється, якщо цікавитися не предметом коливання (тягарець на пружині чи сила електричного струму в колі), а процесом здійснення коливання. Відомо, що під коливанням слід розуміти будь-яку періодичну зміну деякої величини, тобто таку зміну, за якої значення цієї величини через певний інтервал часу — період — повторюється. Однаковим законам підлягають також хвильові процеси різної природи.

1 Навчальне питання Утворення електромагнітних хвиль

Електромагнітні коливання поширюються у вигляді електромагнітних хвиль. У них відбуваються взаємні перетворення електричного і магнітного полів, які разом утворюють змінне електромагнітне поле.

Процес поширення змінного електромагнітного поля у просторі називають електромагнітною хвилею.

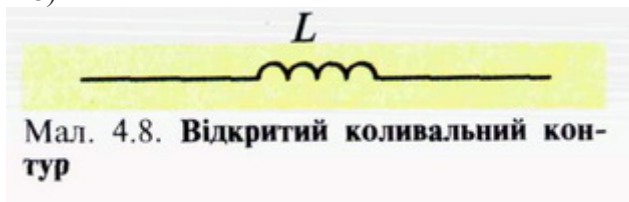
Для одержання електромагнітних хвиль, як і хвиль будь-якої природи, потрібна система, в якій відбуваються коливання. Для електромагнітних коливань такою системою може бути коливальний контур (мал. 4.7).



Мал. 4.7. Поле в закритому коливальному контурі

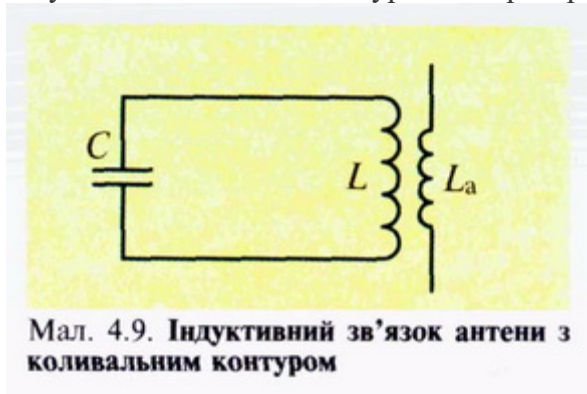
Сучасні електронні системи дають змогу підтримувати в ньому незатухаючі коливання протягом тривалого часу, що, у свою чергу, створює умови для тривалого випромінювання електромагнітних хвиль.

Однак сам по собі закритий коливальний контур не може випромінювати електромагнітні хвилі. Електромагнітні коливання відбуваються в самому коливальному контурі і зовні це практично нічим не проявляється. Його електричне поле зосереджене між обкладками конденсатора і поза його межами практично не виявляється. Змінні ж магнітні поля зосереджені в основному всередині котушки контура і не виходять за його межі. Коливання електромагнітного поля можуть поширюватися в просторі, якщо вони відбуваються в так званому відкритому контурі, який має два досить довгі провідники, з'єднані один з одним через котушку індуктивності (мал. 4.8).



Мал. 4.8. Відкритий коливальний контур

Для збудження електромагнітних коливань у відкритому контурі є різні способи, але найпоширеніший з них, коли котушка індуктивності відкритого коливального контура утворює індуктивний зв'язок з контуром генератора незатухаючих коливань (мал. 4.9).



Закритий коливальний контур не випромінює електромагнітних хвиль

Завдяки явищу електромагнітної індукції в котушці L_a з'являється змінна ЕРС, внаслідок чого в провідниках виникає змінний струм, а на провідниках — різнойменні заряди. Оскільки електрони, які утворюють змінний електричний струм у провідниках, рухаються прискорено, то провідники відкритого коливального контура матимуть змінне електромагнітне поле.

Відкритий коливальний контур, у якому відбуваються електромагнітні коливання, має змінні магнітне й електричне поля.

Кожне з цих полів індукуватиме поле-«супутник». Так, змінне електричне поле відкритого коливального контура індукуватиме «власне» змінне магнітне поле, вже не пов'язане із струмом у провідниках. Відповідно до теорії Максвелла, вектор магнітної індукції цього поля буде перпендикулярним до вектора напруженості електричного поля, а його значення залежатиме від швидкості зміни вектора напруженості електричного поля:

$$B \sim \frac{\Delta E}{\Delta t}.$$

Індуковане змінне магнітне поле, у свою чергу, спричинюватиме появу індукованого електричного поля, вектор напруженості якого буде перпендикулярним до вектора магнітної індукції, а його значення залежатиме від швидкості зміни магнітної індукції:

$$E \sim \frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

Індукційні процеси захоплюють все нові й нові точки простору, і, таким чином, змінне електромагнітне поле поширюється у просторі зі швидкістю світла.

Відкритий коливальний контур може бути джерелом електромагнітної хвилі

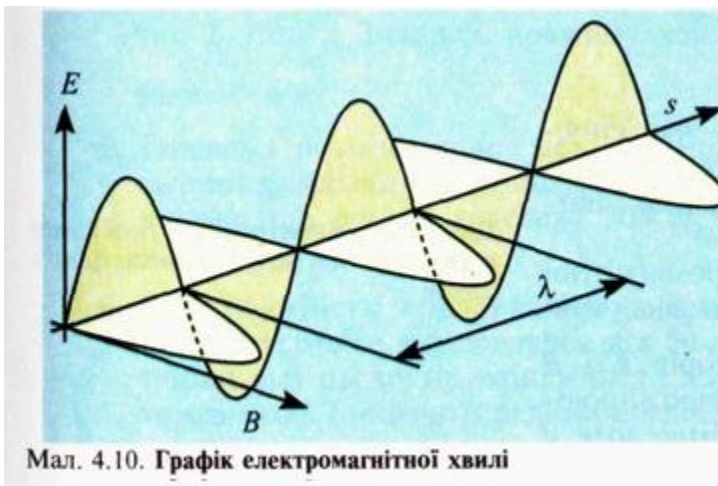
Змінний струм у відкритому коливальному контурі породжує змінне електромагнітне поле

Зміни електромагнітного поля поширюються в просторі, як хвилі

На відстані декількох довжин хвилі від відкритого коливального контура в просторі вже поширюється єдина електромагнітна хвиля, в якій відбуваються взаємозумовлені одночасні зміни електричного і магнітного полів — складових електромагнітного поля. Цю частину хвилі називають хвильовою зоною.

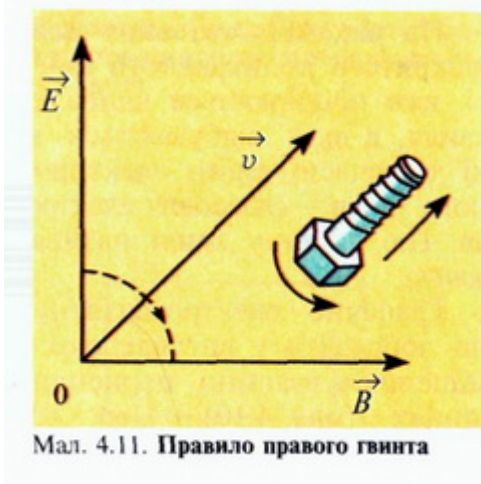
У хвильовій зоні зміни вектора напруженості електричного поля і вектора магнітної індукції відбуваються одночасно

Графічно електромагнітну хвилю можна зобразити у вигляді двох синусоїд, розміщених у взаємно перпендикулярних площинах (мал. 4.10).



Мал. 4.10. Графік електромагнітної хвилі

Цей графік показує функціональну залежність значень векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$ від відстані у напрямку поширення електромагнітної хвилі. За напрямком вектори $\vec{E}$ і $\vec{B}$ однозначно пов'язані між собою і вектором швидкості поширення хвилі. Їхні коливання відбуваються у взаємно перпендикулярних площинах, причому вектор $\vec{E}$ завжди знаходиться в площині випромінюючого вібратора, а вектор швидкості завжди перпендикулярний до площини коливань векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$. Зв'язок між ними ілюструє мал. 4.11.



Мал. 4.11. Правило правого гвинта

Для запам'ятовування цього зв'язку користуються правилом правого гвинта: якщо правий гвинт обертати в напрямку від вектора $\vec{E}$ до вектора $\vec{B}$ найкоротшим шляхом, то напрямок його поступального

руху збіжиться з напрямком вектора швидкості $\vec{v}$.

Напрями векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$ і $\vec{v}$ пов'язані між собою за правилом правого гвинта

Аналітично коливальний процес, яким є електромагнітна хвиля, описується двома рівняннями:

$$E = E_0 \sin \omega \left(t - \frac{r}{c} \right)$$

$$B = B_0 \sin \omega \left(t - \frac{r}{c} \right),$$

де E_0 і B_0 — амплітуди хвилі; t — час спостереження; ω — циклічна частота; r — відстань поширення хвилі; c — швидкість світла.

Для опису електромагнітної хвилі користуються гармонічними функціями

Важливою особливістю електромагнітної хвилі є те, що у хвильовій зоні відсутній зсув фаз між коливаннями векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$ і хвиля стає незалежною від випромінюючого диполя. Змінне електромагнітне поле є вільним, не пов'язаним із зарядженими тілами.

Висновки

Вільні електромагнітні коливання завжди згасають за той чи інший час і тому дуже рідко застосовуються на практиці. Незатухаючі коливання, які можуть тривати як завгодно довго, навпаки, дістали величезне практичне застосування. З одним способом збудження в колі незатухаючих електромагнітних коливань, так званих автоколивань, ви вже ознайомилися. Не менш важливе значення у техніці мають коливання, що виникають під дією зовнішньої ЕРС, яка періодично змінюється.

Питання та завдання до контролю знань студентів

- 1.Що називають електромагнітними коливаннями?
- 2.Який прилад служить для накопичення електричного поля?
- 3.Який прилад служить для накопичення магнітного поля?
- 4.Що таке коливальний контур?
- 5.Пояснити механізм здійснення електромагнітних коливань.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № __ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 37

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Електромагнітні хвилі. Принцип радіопередачі

Мета ознайомити студентів із практичним застосуванням електромагнітних хвиль;

заняття: розкрити фізичний принцип радіотелефонного зв'язку

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
Опорні конспекти,

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Самоіндукція 2. Індуктивність
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

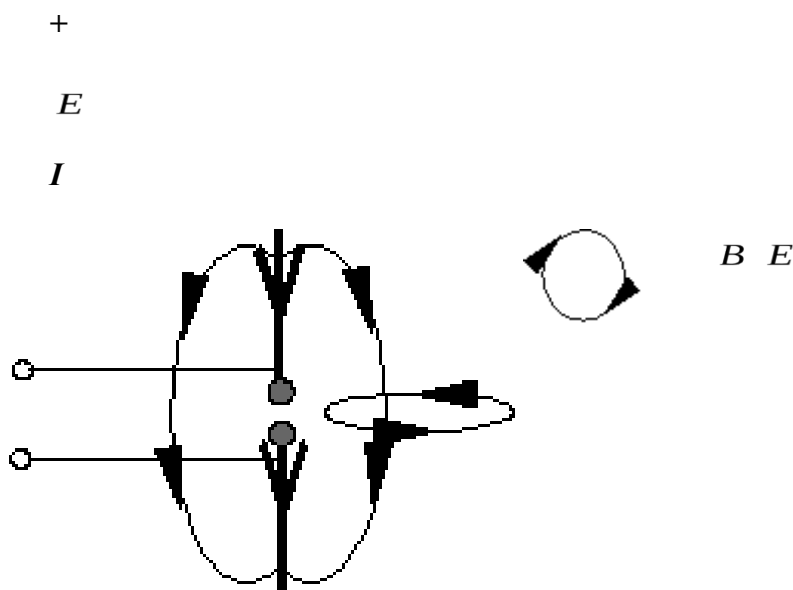
2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

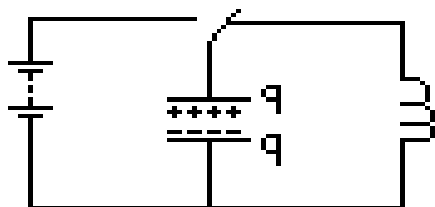
Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Генріх Рудольф Герц (1857 – 1894), німецький фізик. Експериментально довів (1886 – 1889) існування електромагнітних хвиль (використовуючи вібратор Герца). Додав рівнянням Максвелла симетричну форму. Експериментально підтвердив тотожність основних властивостей електромагнітних і світлових хвиль. Відкрив зовнішній фотоефект (1887).



1 Навчальне питання Електромагнітні хвилі

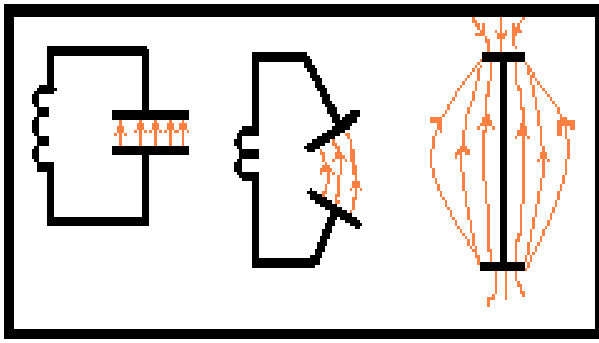


а) Електромагнітні хвилі були вперше експериментально отримані Герцем в 1887г. В його дослідах прискорений рух електричних зарядів збуджувався в двох металевих стрижнях з кулями на кінцях (вібратор Герца). Коливання електричних зарядів у вібраторі створюють електромагнітну хвилю. Тільки коливання у вібраторі створює не одна заряджена частинка, а

величезне число електронів, які рухаються злагоджено. В електромагнітній хвилі вектори E і B перпендикулярні один одному. Вектор E лежить в площині, що проходить через вібратор, а вектор B перпендикулярний цій площині. Випромінювання хвиль відбувається з максимальною інтенсивністю в напрямку, перпендикулярному осі вібратора. Вздовж осі випромінювання не відбуваються.

В звичайному коливальному контурі (його можна назвати закритим), майже все магнітне поле зосереджено всередині катушки, а електричне усередині конденсатора. Оддалік контура електромагнітного поля практично немає. Такий контур дуже слабо випромінює електромагнітні хвилі.

Для отримання електромагнітних хвиль Герц використовував простий пристрій, який називається зараз вібратором Герца. Цей пристрій є відкритим коливальним контуром.



До відкритого коливального контура можна перейти від закритого, якщо поступово розсовувати пластини конденсатора, зменшуючи їх площу і одночасно зменшуючи кількість витків в катушці. Врешті-решт вийде прямий дріт. Це і є відкритий коливальний контур. Місткість і індуктивність вібратора Герца мала. Тому частота

коливань відносно велика.

б) В дослідах Герца довжина хвилі складала декілька десятків сантиметрів. Обчисливши власну частоту електромагнітних коливань вібратора, Герц зміг визначити швидкість електромагнітної хвилі за формулою $v = \lambda \nu$. Вона виявилася приблизно рівна швидкості світла: $c \approx 300000 \text{ км/с}$. Досвід Герца блискуче підтвердив прогнози Максвелла.

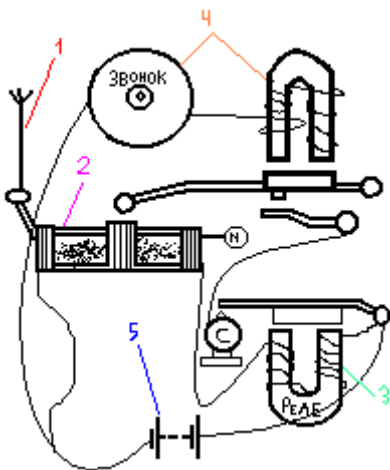
2 Навчальне питання Винайдення радіо О.С.Поповим

В Росії одним з перших почав вивчати електромагнітні хвилі викладач офіцерських курсів в Кронштадті Олександр Степанович Попов.

Попов Олександр Степанович (1859-1905), російський фізик і електротехнік, винахідник електричного зв'язку без дротів (радіозв'язку). В 1895 році продемонстрував винайдений ним перший в світі радіоприймач. Весною 1897 року досяг дальності радіозв'язку 600м, влітку 1897 – 5 кілометрів, в 1901 – близько 150 кілометрів. Створив (1895) прилад для реєстрації грозових розрядів («грозовідмітник»). Отримав золоту медаль на Всесвітній виставці 1900 року в Парижі.

Приймач Попова складався з:

- 1 – антени,
- 2 – когерера,
- 3 – електромагнітного реле,
- 4 – електричного дзвінка,
- 5 – джерела постійного струму.



Можливість практичного застосування електромагнітних хвиль для встановлення зв'язку без дротів була вперше продемонстрована 7 травня 1895 року. Цей день вважається днем народження радіо.

Електромагнітні хвилі викликали вимушені коливання струму і напруги в антені. Змінна напруга з антени подавалася на два електроди, які були розташовані в скляній трубці, заповненій металевою тирсою. Ця трубка і є когерер. Послідовно з когерером включалися реле і джерело постійного струму.

Через погані контакти між тирсою опір когерера зазвичай великий, тому електричний струм в ланцюзі малий і реле дзвінка не замикає. Під дією змінної напруги високої частоти в когерере виникають електричні розряди між тирсою, частинки тирси спекаються і його опір зменшується в 100 – 200 разів. Сила струму в катушці електромагнітного реле зростає, і реле включає електричний дзвінок. Так реєструється прийом електромагнітної хвилі антеною.

Удар молоточка дзвінка струшує тирсу і повертає його в початковий стан, приймач знову готовий до реєстрації електромагнітної хвилі антеною.

б) Сучасні радіоприймачі зовсім несхожі на свого прабатька, але принцип дії залишився той самий, що і в приймачі Попова. Сучасний приймач також має антену, в якій хвиля, що приходить, викликає дуже слабкі магнітні коливання. Як і в приймачі Попова, енергія цих коливань не використовується безпосередньо для прийому. Приглушені сигнали лише керують джерелами енергії, які живлять наступні ланцюги. Зараз таке керування здійснюється за допомогою напівпровідникових приладів.

В 1899 році була знайдена можливість прийому сигналів за допомогою телефону. На початку 1900 року радіозв'язок був успішно використаний під час рятувальних робіт у Фінській затоці. За участю Попова розпочалося впровадження радіозв'язку на флоті і в армії Росії.

За кордоном удосконаленням подібних приладів займалася фірма, організована італійським ученим Марконі. Досліди, поставлені в широкому масштабі, дозволили здійснити радіотелеграфну передачу через Атлантичний океан.

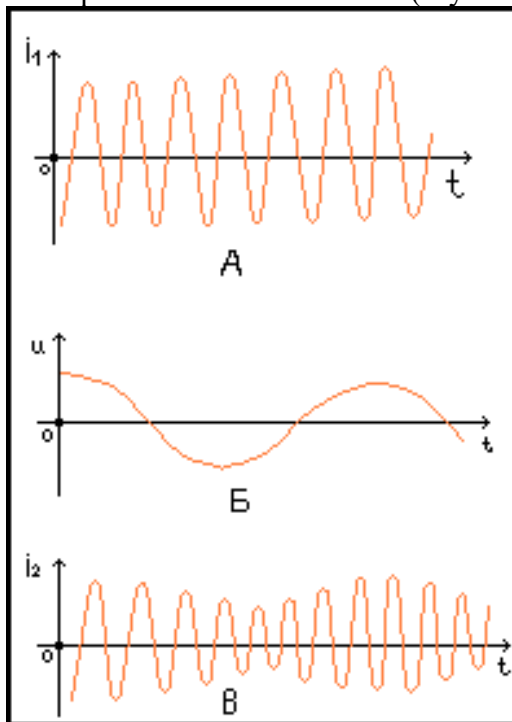
Найважливішим етапом розвитку радіозв'язку було створення в 1913 році генератора незгасаючих електромагнітних коливань.

3 Навчальне питання Принципи радіозв'язку. Модуляція

Окрім передачі телеграфних сигналів, що складаються з коротких і більш тривалих імпульсів електромагнітних хвиль, став можливим надійний і високоякісний радіотелефонний зв'язок – передача мови і музики за допомогою електромагнітних хвиль.

При радіотелефонному зв'язку коливання тиску повітря в звуковій хвилі перетворюються за допомогою мікрофону в електричні коливання тієї ж форми. Здавалося б, якщо ці коливання посилити і подати в антену, то можна буде передавати на відстані мову і музику за допомогою електромагнітних хвиль. Проте насправді такий спосіб передачі нездійснений.

Справа в тому що, коливання звукової частоти є порівняно повільними коливаннями, а електромагнітні хвилі низької (звукової) частоти майже зовсім не випромінюються.



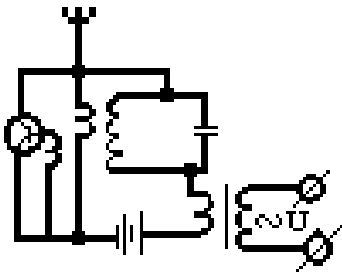
Для передачі цих хвиль на великі відстані їх необхідно перетворити в коливання високої частоти, але так, щоб не зіпсувати інформацію, яку вони несуть. [Процес](#) перетворення електромагнітних коливань низької частоти в коливання високої частоти називається модуляцією. Для перетворення звукових хвиль використовується амплітудна модуляція.

В процесі модуляції відбувається накладення амплітуди низькочастотних сигналів на високочастотний сигнал.

Модуляція – повільний процес. Це такі зміни у високочастотній коливальній системі, при яких вона встигає зробити дуже багато високочастотних коливань, перш ніж їх амплітуда зміниться помітним чином.

Без модуляції немає ані телеграфної, ані телефонної, ні телевізійної передачі.

Для здійснення амплітудної модуляції електромагнітних коливань високої частоти в електричний ланцюг транзисторного генератора послідовно з коливальним контуром

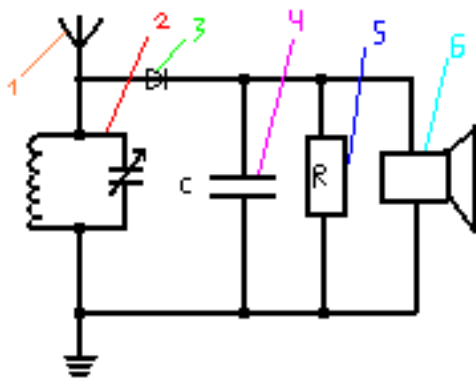


включають катушку трансформатора. На другу катушку трансформатора подається змінна напруга звукової частоти, наприклад, з виходу мікрофону після необхідного посилення. Змінний струм в другій катушці трансформатора викликає появу напруги на кінцях першої катушки трансформатора.

Змінна напруга звукової частоти складається з постійною напругою джерела струму; зміни напруги між емітером і колектором транзистора приводять до змін із звуковою частотою амплітуди коливань сили струму високої частоти в контурі генератора. Такі коливання високої частоти називаються амплітудно-модульованими.

З коливальним контуром генератора індуктивно зв'язана антена радіопередавача. Вимушені коливання струму високої частоти, що відбувається в антені, створюють електромагнітні хвилі.

5. Будова найпростішого детекторного приймача. Детектування. Найпростіший радіоприймач з УВЧ і УНЧ.



Електромагнітні хвилі, що випромінюють антеною радіопередавача, викликають вимушені коливання вільних електронів в будь-якому провіднику. Напруга між кінцями провідника, в якому електромагнітна хвиля порушує вимушені коливання електричного струму, пропорційно довжині провідника. Тому для прийому електро-магнітних хвиль в найпростішому детекторному радіоприймачі зас-тосовується довгий дріт – приймальна антена (1). Для того, щоб слухати тільки одну

радіопередачу, коливання напруги не направляють безпосередньо на вхід підсилювача, а спочатку подають на коливальний контур (2) з власною частотою, що змінюється, коливань. Зміна власної частоти коливань в контурі приймача проводиться зазвичай зміною електроємності змінного конденсатора. При збігу частоти вимушених коливань в антені з власною частотою контура настає резонанс, при цьому амплітуда вимушених коливань напруги на обкладаннях конденсатора контура досягає максимального значення. Таким чином, з великого числа електромагнітних коливань, які утворюються в антені, виділяються коливання потрібної частоти.

З коливального контура приймача модульовані коливання високої частоти поступають на детектор (3). В якості детектора можна використовувати напівпровідниковий діод, який пропускає змінний струм високої частоти тільки в одному напрямку. В перебігу кожного напівперіоду високої частоти імпульси струму заряджають конденсатор (4), разом з тим конденсатор поволі розряджається через резистор (5). Якщо значення електроємності конденсатора і електричного опору резистора вибрані правильно, то через резистор протікатиме струм, що змінюється в часі із звуковою частотою, використаною при модуляції коливань в радіопередавачі. Для перетворення електричних коливань в звукові змінна напруга звукової частоти подається на телефон (6).

Детекторний радіоприймач досить недосконалий. Він не володіє високою чутливістю і тому успішно може приймати радіопередачі тільки від потужних радіостанцій або від радіопередавачів, які знаходяться не на великій відстані.

Для підвищення чутливості в сучасних радіоприймачах сигнал з коливального контура поступає на вхід підсилювача високої частоти (ПВЧ), а з виходу підсилювача високочастотні електричні коливання поступають на детектор. Для збільшення потужності звукового сигналу на виході радіоприймача електричні коливання звукової частоти з виходу детектора поступають на вхід підсилювача низької частоти.

Змінна напруга звукової частоти з виходу ПНЧ подається на динамік.

Для посилення електричних коливань високої і низької частот можуть бути використані схеми з електронними лампами або транзисторами.

Висновки

Широкого застосування дістали електромагнітні хвилі в сучасній системі телебачення, тобто передаванні зображень на відстань за допомогою ультракоротких електромагнітних хвиль. Десятки тисяч телевізійних станцій у багатьох країнах світу регулярно ведуть передачі, які дивляться сотні мільйонів глядачів. Принципова схема одержання і приймання телевізійного сигналу мало відрізняється від принципової схеми радіотелефонного зв'язку. Для того щоб здійснити передавання й приймання електромагнітних хвиль, що несуть звукову та оптичну інформацію, потрібно:

- 1) створити високочастотні електромагнітні коливання (за допомогою генератора електромагнітних коливань);
- 2) накласти на високочастотні коливання звукову та оптичну інформацію (досягається модуляцією високочастотних коливань коливаннями нижчої частоти);
- 3) забезпечити випромінювання електромагнітних хвиль у навколишнє середовище (за допомогою передавальної антени);
- 4) забезпечити приймання електромагнітних хвиль (за допомогою приймальної антени та резонуючого коливального контуру);
- 5) зняти з прийнятого високочастотного сигналу звукову та оптичну інформацію (за допомогою детектора та фільтра).

Учні записують у зошити схему одержання і приймання телевізійного сигналу).

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Чи однакова швидкість поширення радіосигналів на Місяці й на Землі? (Ні. На Місяці швидкість поширення радіосигналів ($c=3 \cdot 10^8$ м/с) більша, ніж на Землі)
2. Нерухомі електричні заряди не взаємодіють з магнітним полем, а рухомі – взаємодіють. (Так. Тому що магнітні поля взаємодіють лише з магнітними полями; біля нерухомого заряду немає магнітного поля, а біля рухомих зарядів магнітне поле є)
3. Висока частота коливань, що використовується в радіозв'язку, називається частотою-носієм? (Так. Високочастотний сигнал переносить звукову інформацію).
4. В горах утруднений зв'язок на коротких хвилях. (Так. Короткі хвилі не огинають гори).
5. З поверхні Землі можна вести космічну радіолокацію у діапазоні довгих хвиль. (Ні. У діапазоні ультракоротких хвиль).
6. Дротяна сітка із квадратними вічками не може відбивати електромагнітні хвилі. (Ні. Вона відбиває електромагнітні хвилі, довжина яких менша за довжину сторони квадрата.)

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-
наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ 20 ____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 38

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Світлові явища на межі двох прозорих середовищ

Мета Ознайомитися з особливостями поширення світла на межі двох середовищ,

заняття: розглянути поняття "Лінза" та навчитися будувати зображення за допомогою лінз.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, лінзи

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Заломлення світла 2. Лінза
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Отже, розділ фізики, що вивчає природу світла, закономірності світлових явищ і взаємодію світла з речовиною, називається оптикою.

Геометрична оптика – розділ оптики, у якому вивчаються закони поширення світла в прозорих середовищах на основі уявлень про світловий промінь.

Які ж були ранні теорії про природу світла?

Давні греки висунули кілька теорій щодо світла. Одна з них дуже цікава. Згідно з нею, світло являє собою щось таке, що витікає з наших очей на зразок води зі шланга; при цьому передбачалося, що ми бачимо речі, спрямовуючи на них потік світла. Отже, подібно до того, як ми відчуваємо характер поверхні в разі торкання до неї, ми також дізнаємося, як виглядає річ. Очі сліпого не випускають світла, тому він не може бачити.

До епохи Відродження ніхто серйозно не виступав проти цієї теорії. Одним з перших, хто висунув послідовну теорію світла, засновану на спостереженні та експерименті, був Ісаак Ньютон. За його теорією світло складається із малих частинок – фотонів, корпускул речовини, що випромінюються у всіх напрямках, й інша його теорія – що світло є хвиля. Але Ньютон схилився до першої теорії, відкинувши хвильову.

Приблизно в той самий час, коли Ньютон запропонував корпускулярну теорію, Християн Гюйгенс (1629-1695), голландський астроном і фізик висунув хвильову теорію світла. Гюйгенс припустив існування деякої речовини, яку він назвав ефіром. Томас Юнг експериментально довів справедливості хвильової теорії світла.

Отже, світлу притаманний двоїстий характер: корпускулярно-хвильовий.

1 Навчальне питання Заломлення світла

Чому ложка, опущена в склянку з водою, здається нам зламаною на межі повітря і води? Що таке оптична густина середовища? Як поводить ся світло, переходячи з одного середовища в інше? Про все це ви дізнаєтеся з цього параграфа.

Проводимо дослід із заломлення світла Проведемо такий експеримент. Спрямуємо на поверхню води в широкій посудині вузький пучок світла під деяким кутом до поверхні. Ми помітимо, що в точках падіння промені не тільки відбиваються від поверхні води, а й частково проходять у воду, змінюючи при цьому свій напрямок (рис. 3.33). Зміну напрямку поширення світла в разі його проходження через межу поділу двох середовищ називають заломленням світла.

Першу згадку про заломлення світла можна знайти в працях давньогрецького філософа Арістотеля, який ставив собі питання: чому палиця у воді здається переламаною? А в одному з давньогрецьких трактатів описано такий дослід: «Потрібно стати так, щоб пласке кільце, покладене на дно посудини, сховалося за її краєм. Потім, не змінюючи положення очей, налити в посудину воду. Промінь світла заломиться на поверхні води, і кільце стане видимим». Аналогічний дослід проілюстровано на рис. 3.34.

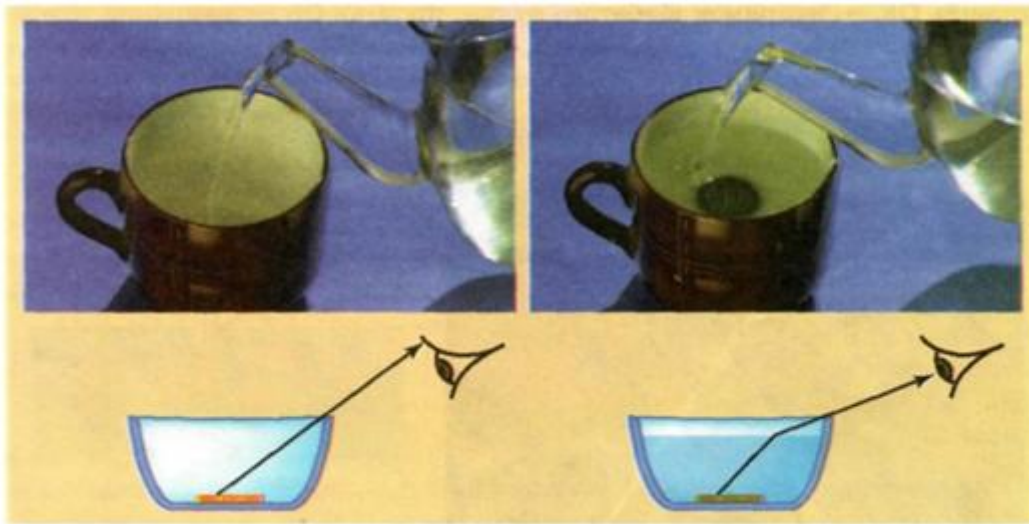


Рис. 3.34. На рисунку та схемі ліворуч у чашці немає води; пучок світла, відбитий монетою, не потрапляє в око спостерігачеві, тому той монети не бачить. На рисунку та схемі праворуч у чашку налито воду; відбите монетою світло, заломлюючись на межі «вода — повітря», сягає ока спостерігача — його око розташоване так само, як і доти, проте монета стає для спостерігача видимою

2. Зясовуємо причину заломлення світла

То чому ж світло, переходячи з одного середовища в інше, змінює свій напрямок? Ми вже знаємо, що світло у вакуумі поширюється хоч і з величезною, проте скінченною швидкістю — близько 300 000 км/с. У будь-якому іншому середовищі швидкість світла є меншою, ніж у вакуумі. Наприклад, у воді швидкість світла в 1,33 разу менша, ніж у вакуумі; коли світло переходить із води в алмаз, його швидкість зменшується ще в 1,8 разу; у повітрі швидкість поширення світла у 2,4 разу більша, ніж в алмазі, і лише трохи (~1,0003 разу) менша за швидкість світла у вакуумі. Саме зміна швидкості світла в разі переходу з одного прозорого середовища в інше є причиною заломлення світла.

Прийнято говорити про оптичну густину середовища: чим менша швидкість поширення світла в середовищі, тим більшою є оптична густина середовища.

Так, повітря має більшу оптичну густину, ніж вакуум, оскільки в повітрі швидкість світла дещо менша, ніж у вакуумі. Оптична густина води менша, ніж оптична густина алмазу, оскільки швидкість світла у воді більша, ніж в алмазі.

Чим більше відрізняються оптичні густини двох середовищ, тим більше заломлюється світло на межі їх поділу. Іншими словами, чим більше змінюється швидкість світла на межі поділу двох середовищ, тим сильніше воно заломлюється.

3. Установлюємо, що відбувається під час заломлення світла

Розгляньмо явище заломлення світла докладніше. Для цього знову скористаємося оптичною пайбою. Установивши в центрі диска скляний півциліндр, спрямуємо на нього вузький пучок світла (рис. 3.35). Частина пучка відіб'ється від поверхні півциліндра, а частина пройде крізь неї, змінивши свій напрям (заломиться).

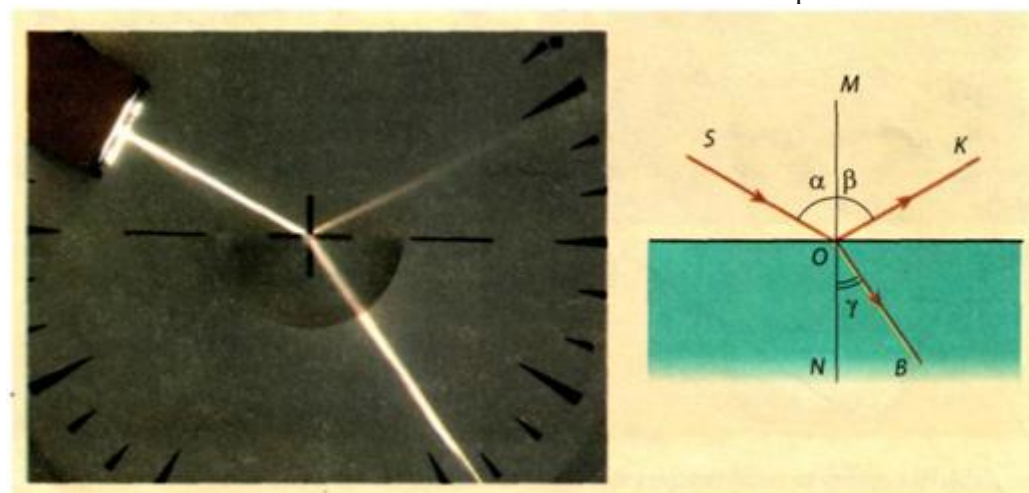


Рис. 3.35. Спостереження заломлення світла за допомогою оптичної шайби, α — кут падіння, β — кут відбивання, γ — кут заломлення світлового пучка

На схемі праворуч промінь SO задає напрямок падаючого пучка світла, промінь OK — напрямок відбитого пучка, промінь OB — напрямок заломленого пучка; MN — перпендикуляр, поставлений у точці падіння променя SO. Усі зазначені промені лежать в одній площині — у площині поверхні диска.

Кут, утворений заломленим променем і перпендикуляром до межі поділу двох середовищ, поставленим у точці падіння променя, називається кутом заломлення.

Якщо тепер збільшити кут падіння, то ми побачимо, що збільшиться й кут заломлення. Зменшуючи кут падіння, ми помітимо зменшення кута заломлення (рис. 3.36).

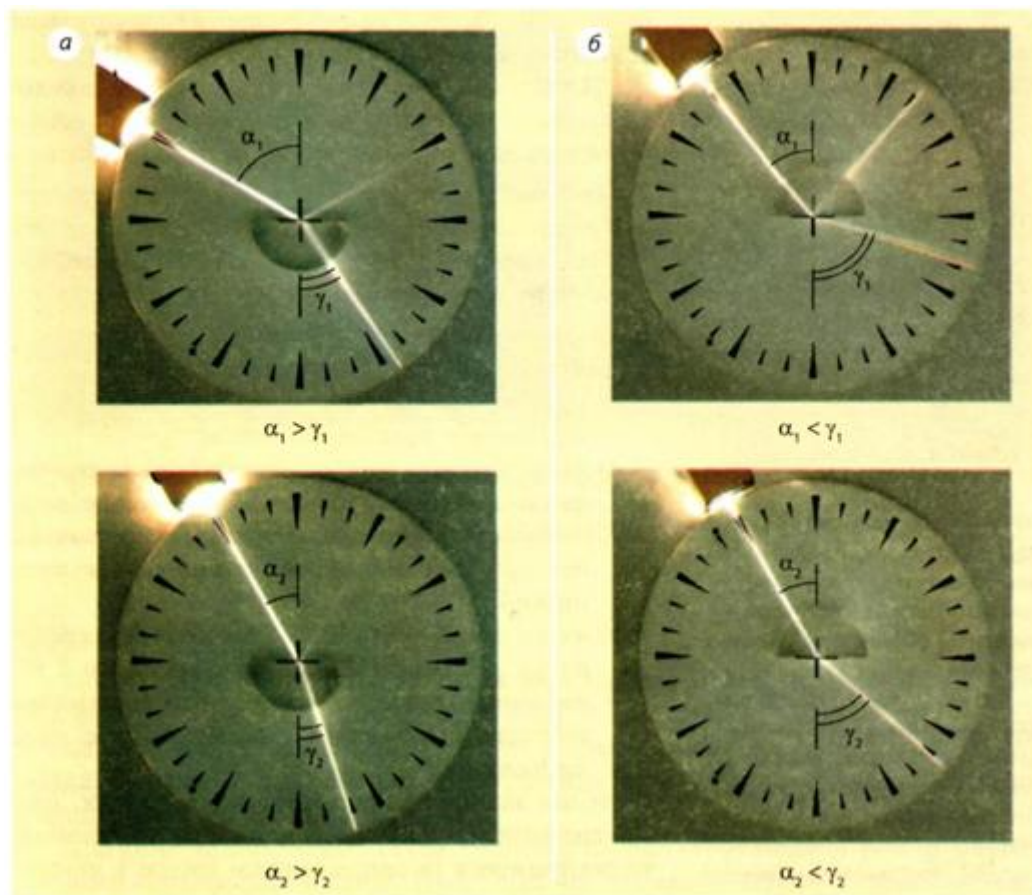


Рис. 3.36. Установлення закономірностей заломлення світла (α_1, α_2 — кути падіння, γ_1, γ_2 — кути заломлення). У разі збільшення кута падіння світла збільшується й кут його заломлення. Якщо світло падає із середовища з меншою оптичною густиною в середовище з більшою оптичною густиною (з повітря в скло) (а), то кут падіння більший за кут заломлення. Якщо навпаки (зі скла в повітря) (б), то кут заломлення більший за кут падіння

Співвідношення значень кута падіння і кута заломлення у випадку переходу пучка світла з одного середовища в друге залежить від оптичної густини кожного із середовищ. Якщо, наприклад, світло падає з повітря на скло (рис. 3.36, а), то кут заломлення завжди буде меншим, ніж кут падіння ($\gamma_1 < \alpha_1, \gamma_2 < \alpha_2$). Якщо ж промінь світла спрямувати зі скла в повітря (рис. 3.36, б), то кут заломлення завжди буде більшим, ніж кут падіння ($\gamma_1 > \alpha_1, \gamma_2 > \alpha_2$).

Нагадаємо, що оптична густина скла є більшою від оптичної густини повітря, і сформулюємо закономірності заломлення світла.

1. Промінь падаючий, промінь заломлений і перпендикуляр до межі поділу двох середовищ, поставлений у точці падіння променя, лежать в одній площині.

2. Існують такі співвідношення між кутом падіння і кутом заломлення:

а) у разі збільшення кута падіння збільшується й кут заломлення;

б) якщо промінь світла переходить із середовища з меншою оптичною густиною в середовище з більшою оптичною густиною, то кут заломлення є меншим, ніж кут падіння;

в) якщо промінь світла переходить із середовища з більшою оптичною густиною в середовище з меншою оптичною густиною, то кут заломлення є більшим, ніж кут падіння.

(Слід зазначити, що в старших класах, після вивчення курсу тригонометрії, ви глибше познайомитеся із заломленням світла і дізнаєтеся про нього на рівні законів.)

4. Пояснюємо заломленням світла деякі оптичні явища

Коли ми, стоячи на березі водойми, намагаємося на око визначити її глибину, вона завжди здається меншою, ніж є насправді. Це явище пояснюється заломленням світла (рис. 3.37).

Наслідком заломлення світла в атмосфері Землі є той факт, що ми бачимо Сонце й зорі трохи вище від їхнього реального положення (рис. 3.38). Заломленням світла можна пояснити ще багато природних явищ: виникнення міражів і веселки та ін.

Явище заломлення світла є основою роботи численних оптичних пристроїв (рис. 3.39). Із деякими з них ми познайомимось у наступних параграфах, із деякими — в ході подальшого вивчення фізики.

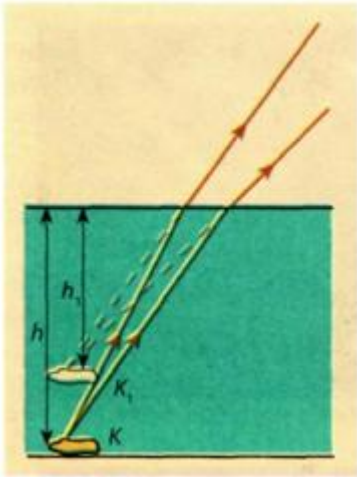


Рис. 3.37. Промені світла, що йдуть, наприклад, від камінця K , який лежить на дні водойми, заломлюються на межі «вода — повітря». У результаті ми бачимо уявне зображення камінця — K_1 і, відповідно, уявне зображення дна. Таким чином, визначаючи на око глибину водойми, ми помиляємося: нам здається, що глибина водойми — h_1 , замість реальної глибини h . (Чим меншим є кут, під яким ми роздивляємося дно, тим більша похибка.)

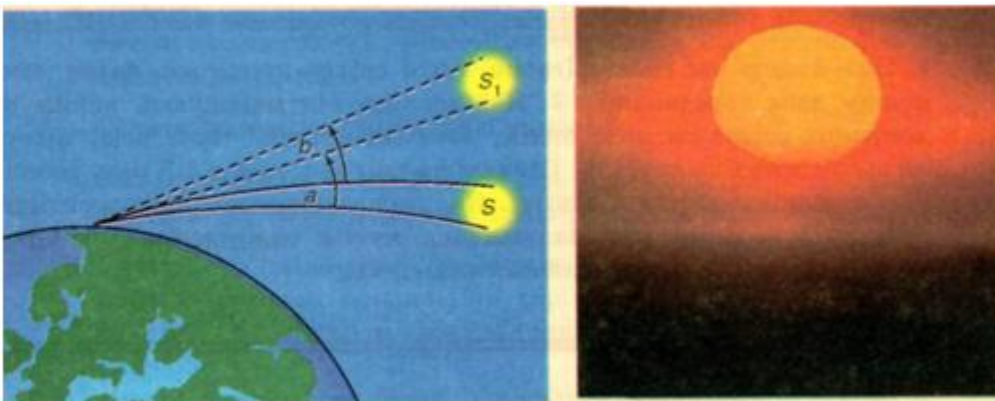


Рис. 3.38. Пучок світлових променів, який іде від Сонця (положення Сонця — S), заломлюється (крива a) в атмосфері Землі. Спостерігачеві здається, що світло поширюється по прямій b і, що Сонце є розташованим вище, ніж насправді (положення S_1)

2 Навчальне питання Лінза

1. Знайомимось з різними видами лінз *Лінзою (сферичною) називають прозоре тіло, обмежене з двох боків сферичними поверхнями (зокрема, одна з поверхонь може бути площиною). За формою лінзи поділяються на опуклі (рис. 3.50) та увігнуті (рис. 3.51). Якщо товщина лінзи d у багато разів менша від радіусів R_1 R_2 сферичних поверхонь, що*

утворюють лінзу, то таку лінзу називають **тонкою лінзою** (рис. 3.52). Далі, говорячи про лінзу, ми завжди матимемо на увазі таку лінзу.

Зазвичай опуклі лінзи є **збиральними**: паралельні промені, що падають на збиральну лінзу, пройшовши крізь неї, перетинаються в одній точці (рис. 3.53).

Увігнуті лінзи найчастіше бувають **розсіювальними**: паралельні промені після проходження крізь розсіювальну лінзу виходять розбіжним пучком (рис. 3.54).

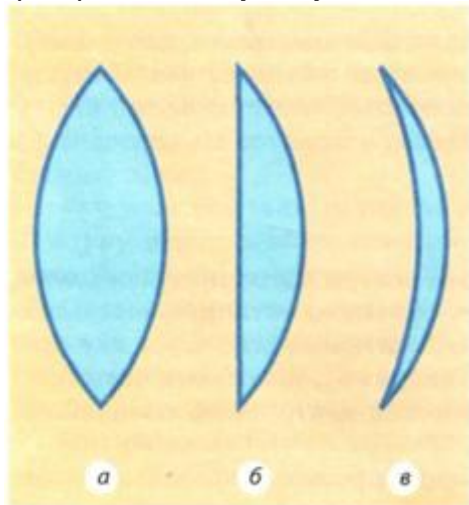


Рис. 3.50. Різні види опуклих лінз у розрізі: а — двоопукла лінза, б — плоско-опукла лінза, в — увігнуто-опукла лінза

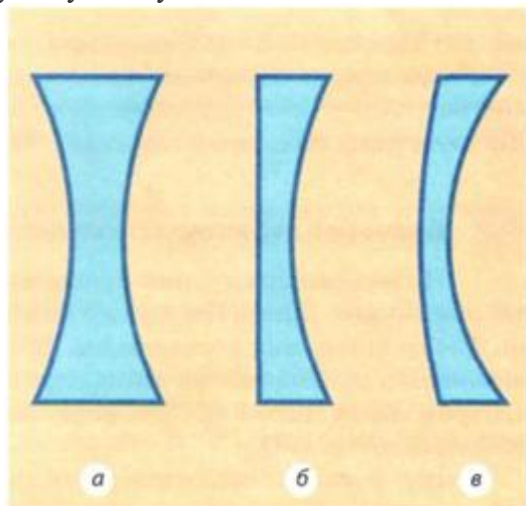
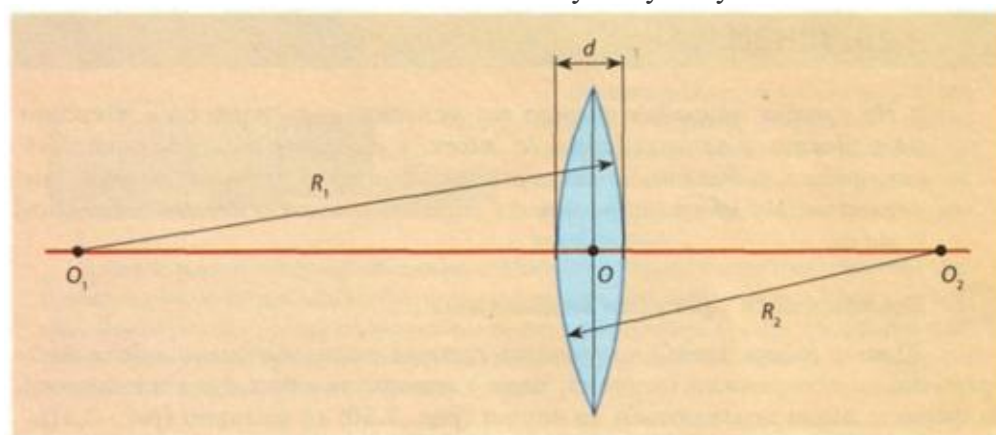


Рис. 3.51. Різні види увігнутих лінз у розрізі: а — двоувігнута лінза, б — плоско-увігнута лінза, в — опукло-увігнута лінза



сферична

лінза:

d

$\ll R_1,$

d

Рис. 3.52.

Тонка

$\ll$

R_2

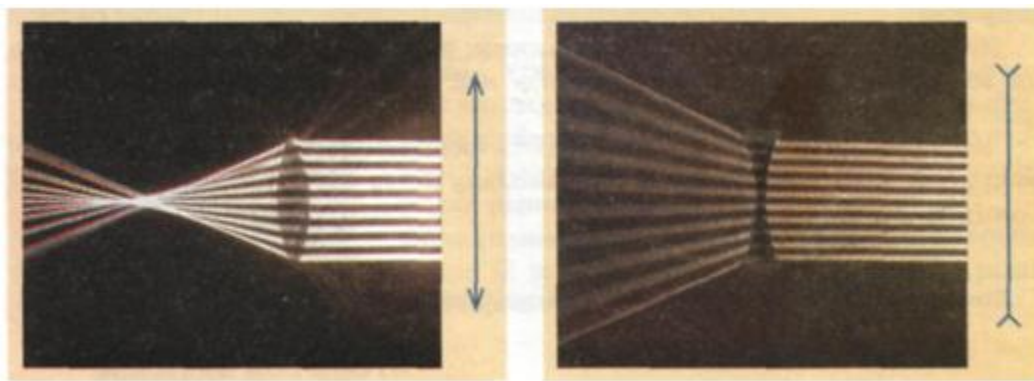


Рис. 3.53. Паралельні промені, заломлюючись у збиральній лінзі, перетинаються в одній точці (праворуч — умовне зображення збиральної лінзи)

Рис. 3.54. Паралельні промені, заломлюючись у розсіювальній лінзі, розходяться (праворуч — умовне зображення розсіювальної лінзи)

2. Вивчаємо характеристики лінзи Проведемо пряму, яка проходить через центри сферичних поверхонь, що обмежують лінзу. Цю пряму називають **головною оптичною віссю лінзи**. Точку лінзи, яка розташована на головній оптичній осі і через яку промінь світла проходить, не змінюючи свого напрямку, називають **оптичним центром лінзи** (рис. 3.55). На рисунках оптичний центр лінзи зазвичай позначають літерою O .

Точку, у якій збираються після заломлення промені, паралельні головній оптичній осі збиральної лінзи, називають **дійсним фокусом збиральної лінзи** (рис. 3.56).

Якщо пучок променів, паралельних головній оптичній осі, спрямувати на розсіювальну лінзу, то після заломлення вони вийдуть розбіжним пучком.

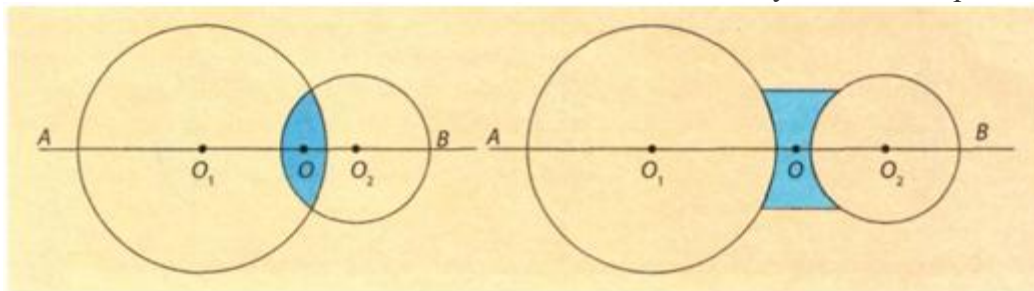


Рис. 3.55. Пряма AB , яка проходить через центри O_1 і O_2 сферичних поверхонь, що обмежують лінзу, називається **головною оптичною віссю лінзи**. Точка O — оптичний центр лінзи

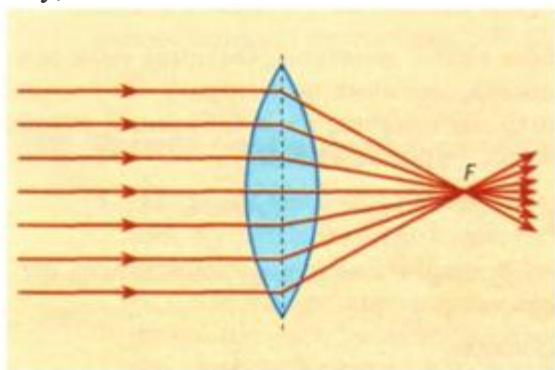


Рис. 3.56. Дійсний фокус збиральної лінзи - точка F

Однак їхні продовження зберуться в одній точці на головній оптичній осі лінзи (рис. 3.57). Цю точку називають **уявним фокусом розсіювальної лінзи**.

На рисунках фокус лінзи позначають літерою F .

Відстань від оптичного центра лінзи до фокуса називають **фокусною відстанню лінзи**.

Фокусна відстань позначається символом F і **вимірюється в метрах**. Фокусну відстань збиральної лінзи домовилися вважати додатною ($F > 0$), а розсіювальної — від'ємною $F < 0$.

Очевидно, що чим сильніші заломлювальні властивості має лінза, тим меншою є її фокусна відстань (рис. 3.58).

Фізична величина, що характеризує заломлювальні властивості лінзи та обернена до фокусної відстані, називається **оптичною силою лінзи**.

Оптична сила лінзи позначається символом D та обчислюється за формулою

$$D = 1/F$$

де F — фокусна відстань лінзи.

Одиницею оптичної сили є діоптрія.

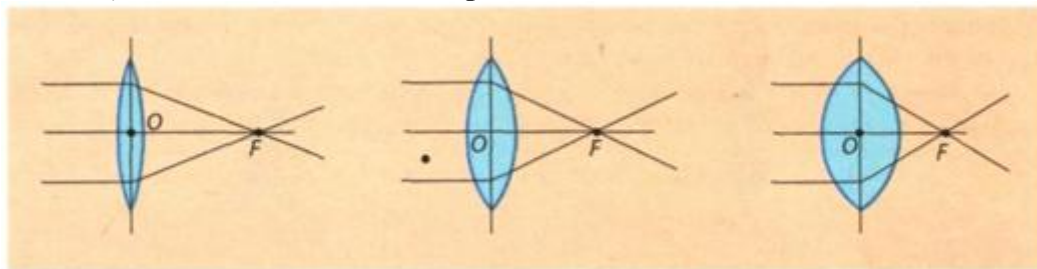


Рис. 3.58. Чим меншими є радіуси сферичних поверхонь, що обмежують лінзу, тим сильніше ця лінза заломлює світло, отже, тим менша її фокусна відстань F . **1 діоптрія (дптр)** — це оптична сила такої лінзи, фокусна відстань якої дорівнює 1 м.

Якщо лінза збиральна, то її оптична сила є додатною. Оптична сила розсіювальної лінзи є від'ємною. Наприклад, оптична сила лінз у бабусиних окулярах +3 дптр, а в маминих -3 дптр. Це означає, що в бабусиних окулярах стоять збиральні лінзи, а в маминих — розсіювальні.

Висновки

Світловий пучок, падаючи на межу поділу двох середовищ, які мають різну оптичну густину, поділяється на два пучки. Один із них — відбитий — відбивається від поверхні, підпорядковуючись законам відбивання світла. Другий — заломлений — проходить через межу поділу в друге середовище, змінюючи свій напрямок.

Причина заломлення світла — зміна швидкості світла в разі переходу з одного середовища в інше. Якщо під час переходу світла з одного середовища в інше швидкість світла зменшилася, то говорять, що світло перейшло із середовища з меншою оптичною густиною в середовище з більшою оптичною густиною, і навпаки.

Прозоре тіло, обмежене з двох боків сферичними поверхнями, називають лінзою. Лінзи бувають збиральними та розсіювальними, а за формою — опуклі та увігнуті.

Лінза називається збиральною, якщо пучок паралельних променів, що падає на неї, після заломлення в лінзі перетинається в одній точці. Цю точку називають дійсним фокусом лінзи.

Лінза називається розсіювальною, якщо паралельні промені, що падають на неї, після заломлення в лінзі йдуть розбіжним пучком, однак продовження цих заломлених променів перетинаються в одній точці. Ця точка називається уявним фокусом лінзи.

Фізична величина, що характеризує заломлювальні властивості лінзи та є оберненою до фокусної відстані лінзи, називається оптичною силою лінзи ($D = 1/F$). Оптична сила лінзи вимірюється в діоптріях (дптр).

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Яке явище ми спостерігаємо, коли світло проходить через межу поділу двох середовищ? 2. Які досліди підтверджують явище заломлення світла на межі поділу двох середовищ?
3. У чому причина заломлення світла?
4. Швидкість світла у воді в 1,3 разу менша, ніж швидкість світла в повітрі. Яке середовище має більшу оптичну густину?
5. Який кут називається кутом заломлення?
6. Сформулюйте закономірності заломлення світла.

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-
наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 39

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Інтерференція світла

Мета на прикладі явища інтерференції ознайомити студентів із хвильовими властивостями світла.

заняття: _____

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	10 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Когерентні хвилі 2. Інтерференція світла
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Перед тим, як розпочати розгляд явища інтерференції світла, з'ясуємо спочатку, що це за явище.

Попередньо ми мали справу з однією хвилею, що поширюється від джерела. Але дуже часто в середовищі одночасно поширюється кілька різних хвиль. Що ж відбувається в місцях, де хвилі накладаються одна на одну?

Якщо дві хвилі зустрічаються в одному місці гребенями, то в цьому місці збурення води посилюється. Якщо ж, навпаки, гребінь однієї хвилі зустрічається із западиною іншої, то поверхня води не збурюватиметься.

У кожній точці середовища коливання, спричинені двома хвилями, додаються. Результуюче зміщення будь-якої частинки середовища — це сума зміщень, які б створювала кожна з хвиль, поширюючись без іншої.

Додавання у просторі двох (або кількох) хвиль, коли відбувається постійний у часі розподіл амплітуд результуючих коливань у різних точках простору, називається інтерференцією.

1 Навчальне питання Когерентні хвилі

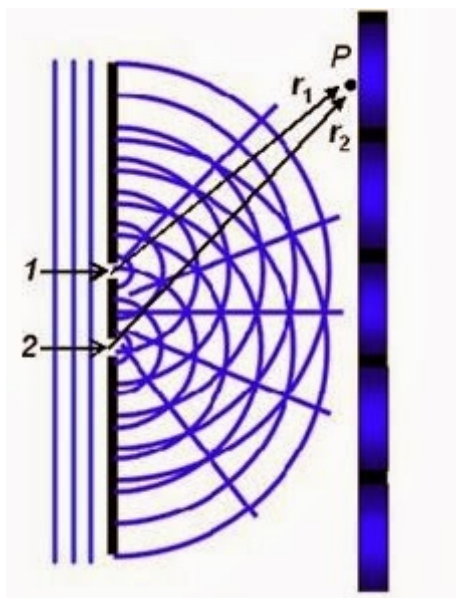
Когерентними вважають джерела, які:

- випромінюють світло однакової частоти $\omega_1 = \omega_2$;
- випромінюють світло однакової поляризації;
- інтерферуючі хвилі мають сталу в часі різницю фаз.

Інтерференція характеризується інтерференційною картиною – чергуванням світлих та темних смуг (максимумів та мінімумів інтенсивності).

Умовою стабільності інтерференційної картини є суперпозиція когерентних хвиль.

Когерентні хвилі на практиці отримують від джерела, розділивши світло, що випромінюється ним на два пучки, наприклад, заломлений та відбитий.



Дослід Юнга (утворення когерентних джерел)

Оптичною довжиною шляху називають шлях світла у вакуумі, пройдений за той самий час, що і у речовині.

Оптична довжина шляху чисельно дорівнює добутку геометричної довжини шляху світла на абсолютний показник заломлення середовища:

$$L = nl.$$

Оптична різниця ходу променів Δ , дорівнює різниці їхніх оптичних довжин шляху:

$$\Delta = L_1 - L_2.$$

Різниця фаз $\Delta\phi$ інтерферуючих променів пропорційна їх оптичній різниці ходу

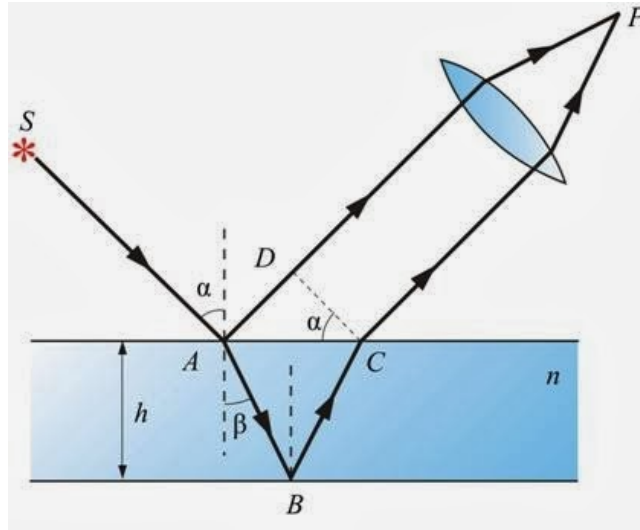
$$\Delta\phi = 2\pi \cdot \Delta / \lambda.$$

Максимум інтенсивності світла в інтерференційній картині спостерігається в тих місцях, для яких оптична різниця ходу інтерферуючих променів дорівнює парному числу півхвиль:

$$\Delta = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

Мінімум інтенсивності спостерігається при оптичній різниці ходу, що дорівнює непарному числу на півхвиль:

$$\Delta = \pm (2k+1)\lambda/2.$$



Смути рівного нахилу

Інтерференційні смуги рівного нахилу спостерігаються при відбиванні розсіяного світла від двох поверхонь тонкої плоскопаралельної пластинки. Смути рівного нахилу локалізовані в нескінченості і для їх спостереження на екрані необхідна фокусуюча лінза.

Оптична різниця ходу світлових хвиль, що виникає при відбиванні монохроматичного світла від тонкої плівки:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2},$$

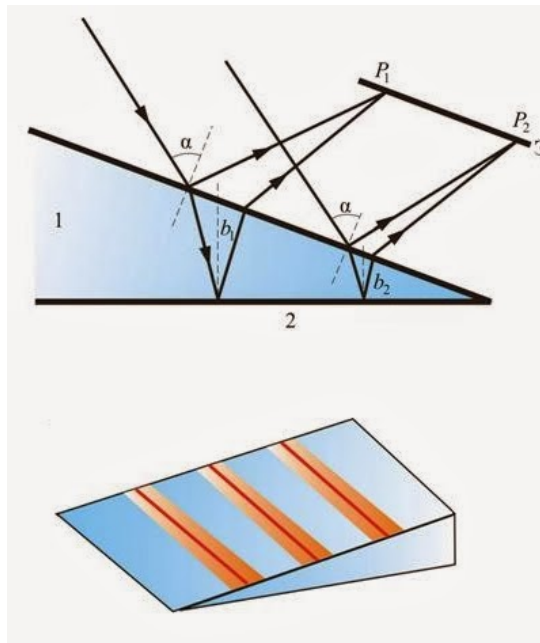
де d – товщина плівки,

n – показник заломлення плівки,

i – кут падіння,

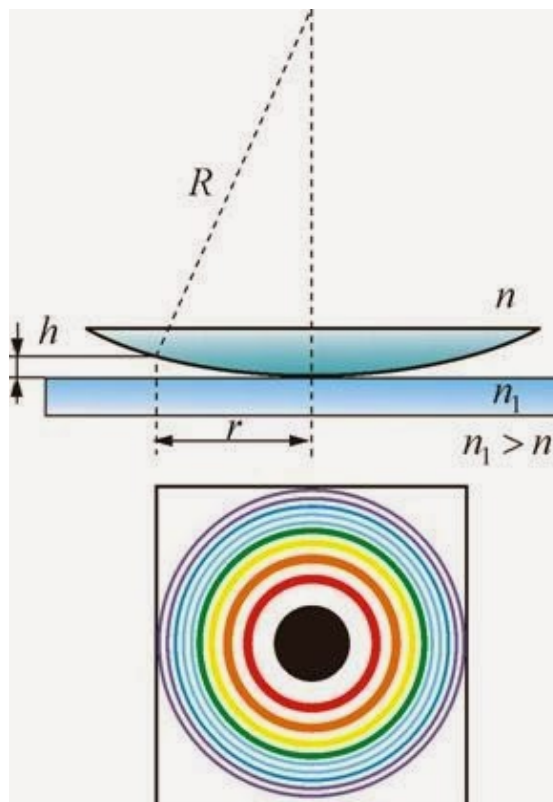
$\pm\lambda/2$ – зміна довжини хвилі при відбиванні від більш густого оптичного середовища.

Смути рівної товщини спостерігаються при освітленні тонкої пластини зі змінною товщиною паралельним пучком світла. Смути рівної товщини локалізовані поблизу поверхні пластини.



Смуги рівної товщини

Якщо роль пластини змінної товщини відіграє повітряний прошарок між лінзою з великою фокусною відстанню і плоско паралельною пластинкою, то інтерференційну картину називають кільцями Ньютона.



Кільця Ньютона та їх утворення

Радіуси світлих кілець Ньютона у відбитому світлі:

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\lambda/2} \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

де k – номер світлого кільця, R - радіус кривизни лінзи.

Радіуси темних кілець Ньютона у відбитому світлі:

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}.$$

Радіуси темних кілець Ньютона у прохідному світлі:

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\lambda/2} \quad (k=1,2,3,\dots).$$

Радіуси світлих кілець Ньютона у прохідному світлі:

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\lambda/2} \quad (k=1,2,3,\dots),$$

За допомогою кілець Ньютона можна визначити радіус кривизни лінзи або довжину світлової хвилі.

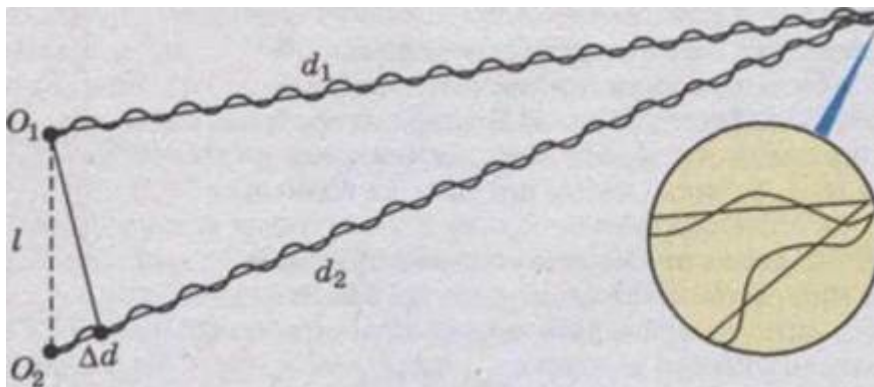
2 Навчальне питання Інтерференція світла

З'ясуємо, за яких умов можлива інтерференція хвиль. Для цього розглянемо детальніше накладання хвиль на поверхні води. Наприклад, можна одночасно збудити дві колові хвилі у ванні за допомогою двох кульок, прикріплених до стержня, який гармонічно коливається (мал. 151). Тоді у будь-якій точці М на поверхні води (мал. 152) додаватимуться коливання, спричинені двома хвилями (від джерел O_1 і O_2). Амплітуди ж коливань, які збудили у точці М обидві ці хвилі, будуть розрізнятися, тому що хвилі проходять різні шляхи d_1 і d_2 . Проте, якщо відстань l між джерелами значно менша від цих шляхів ($l \ll d_1$ і $l \ll d_2$), то обидві амплітуди можна вважати практично однаковими.

Результат додавання хвиль, які приходять у точку М, залежатиме від різниці фаз між ними. Якщо хвилі проходять різні відстані d_1 і d_2 , то вони мають різницю ходу $\Delta d = d_2 - d_1$. Коли різниця ходу дорівнює довжині хвилі λ , це



Мал. 151



Мал. 152

означає, що друга хвиля запізнюється порівняно з першою на один період (якраз за період хвиля проходить шлях, що дорівнює довжині хвилі). Отже, в цьому випадку гребені (або западини) обох хвиль збігатимуться.

На мал. 153 зображено залежність від часу зміщень x_1 і x_2 , спричинених двома хвилями, коли $\Delta d = X$. Різниця фаз коливань дорівнює нулю (або 2π , оскільки період синуса дорівнює 2π). Внаслідок додавання цих коливань виникає результуюче коливання x із подвоєною амплітудою. Амплітуда коливань середовища в даній точці буде максимальною, якщо різниця ходу двох хвиль, що збуджують коливання в цій точці, дорівнює цілому числу довжин хвиль:

$$\Delta d = k\lambda$$

де $k = 0, 1, 2, \dots$

Ця умова називається умовою максимумів.

А що буде, коли на відрізку Δd вміщується половина довжини хвилі? Очевидно, що друга хвиля відставатиме від першої на половину періоду. Різниця фаз дорівнюватиме π , тобто коливання відбуватимуться в протифазі. Внаслідок додавання цих коливань амплітуда результуючого коливання дорівнює нулю і у розглядуваній точці коливання відсутні (мал. 154). Те саме спостерігається, якщо на відрізку вміщується будь-яке непарне число півхвиль.

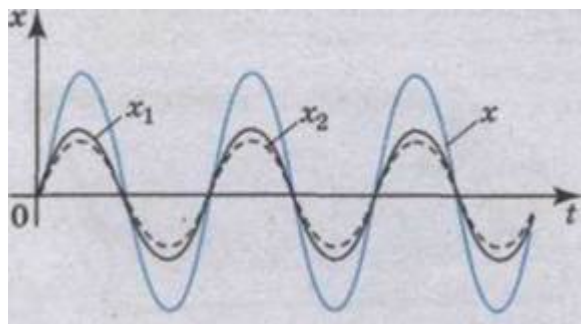
Амплітуда коливань середовища в даній точці буде мінімальною, якщо різниця ходу двох хвиль, що збуджують коливання в цій точці, дорівнює непарному числу півхвиль:

$$\Delta d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

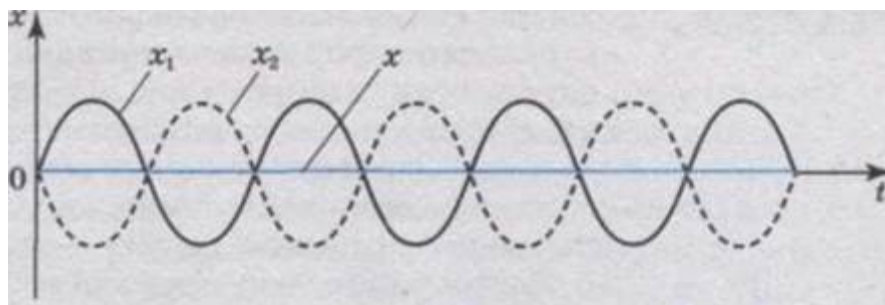
Якщо різниця ходу $\Delta d = d_2 - d_1$ має проміжне значення між

$$\lambda \text{ і } \frac{\lambda}{2},$$

то й амплітуда результуючого коливання набуває деякого проміжного значення між подвоєною амплітудою і нулем. Але найважливішим є те, що амплітуда коливань у будь-якій точці не змінюється з



Мал. 153



Мал. 154

часом. На поверхні води виникає певний розподіл амплітуд коливань, який називають інтерференційною картиною (мал. 155).

Щоб отримати стійку інтерференційну картину, джерела хвиль повинні мати однакову частоту, і фази їх коливань повинні збігатися або розрізнятися на деяку сталу (незалежну від часу) величину. Різниця фаз коливань обох джерел має лишатися незмінною. Джерела, які відповідають цим умовам, називаються когерентними. Когерентними називають і утворені ними хвилі.

Тільки після додавання когерентних хвиль спостерігається стійка інтерференційна картина.

Якщо ж різниця фаз коливань джерел непостійна, то різниця фаз коливань, збуджуваних двома хвилями в будь-якій точці середовища, змінюватиметься. Тому й амплітуда результуючих коливань змінюється з часом. Внаслідок цього максимуми і мінімуми переміщуються в просторі, інтерференційна картина стає розмитою.

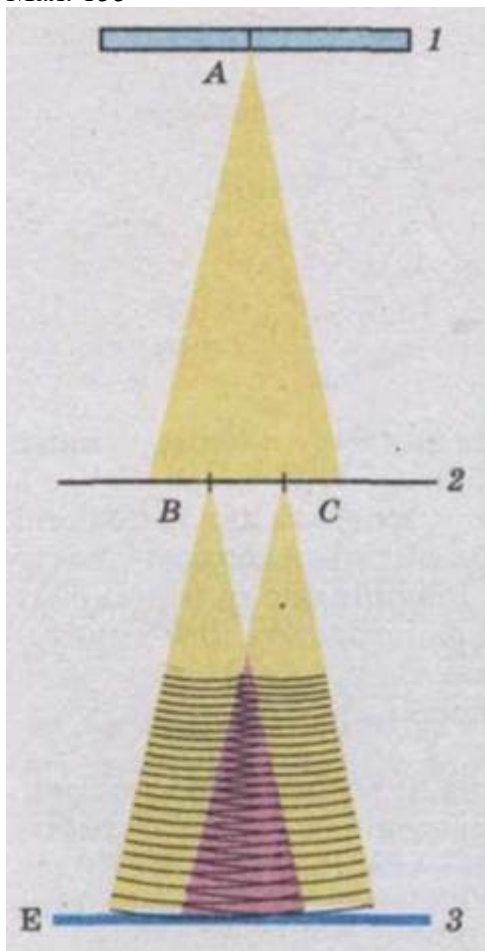
Інтерференція властива хвильовим процесам будь-якої природи. Можна, зокрема, спостерігати інтерференцію звуку. Велике значення інтерференції полягає в тому, що коли в процесі вивчення якогось явища буде виявлено інтерференцію, це означатиме, що маємо справу з хвильовим рухом.

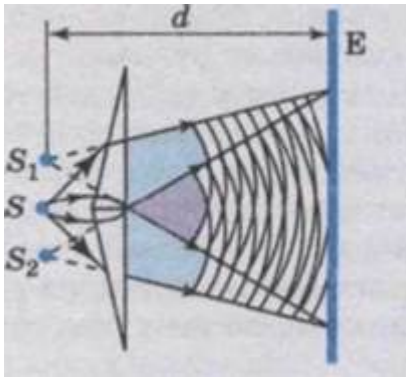
Поширюючись у просторі, хвилі переносять енергію. Що ж відбувається з цією енергією тоді, коли хвилі гасять одна одну? Може вона перетворюється в інші форми і в мінімумах інтерференційної картини виділяється теплота? Нічого подібного. Мінімум у даній точці інтерференційної картини означає, що енергія сюди не надходить зовсім. Внаслідок інтерференції енергія перерозподіляється у просторі. Вона розподіляється нерівномірно на усіх ділянках середовища, а концентрується в максимумах і тому зовсім не надходить у мінімуми.

У 1802 р. англійський фізик Т. Юнг поставив дослід, в якому спостерігав інтерференцію світла. Дослід проходив в добре затемненій кімнаті. Схему досліду наведено на мал. 156. Світло від Сонця падало на ширму 1, в якій було зроблено отвір А у вигляді щілини. Світло від освітленої щілини падало на ширму 2, в якій зробили дві вузькі щілини В і С. Оскільки щілини В і С були розташовані симетрично щілині А, то світло від щілини А до них доходило одночасно, отже, і щілини В і С були когерентними джерелами світла,



Мал. 155





Мал. 157

від них світло падало на екран 3. При цьому на екрані спостерігалася наступна картина: краї екрану були слабо освітлені, а в середині екрану, де пучки світла від щілин накладалися один на одного, спостерігалася чергування декількох світлих (веселкових) і темних смуг, що свідчило про інтерференцію світла.

Таким чином, завдяки досліду Юнга можна говорити про те, що світло має хвильові властивості.

Проте, якщо у досліді Юнга замість двох щілин, що освітлюються одним і тим же джерелом світла, взяти два незалежні джерела світла (наприклад, дві лампи розжарення), то явище інтерференції не спостерігатиметься. Чому?

Ви вже знаєте, що інтерферують тільки когерентні хвилі. При інтерференції двох когерентних хвиль з однаковими амплітудами амплітуда результуючих коливань буде максимальною і дорівнюватиме $2x_{\max}$ у точках, різниця фаз в яких становить нуль або різниця ходу до яких — парне число півхвиль. У тих точках, в яких різниця фаз або різниця ходу дорівнює непарному числу півхвиль, хвилі гасять одна одну і амплітуда результуючої хвилі дорівнює нулю.

Хвилі, що випромінюються звичайними джерелами, не є когерентні: у них різні початкові фази. Тому в кожній точці простору амплітуда результуючої хвилі хаотично і швидко змінюється. Оскільки нашому оку властива інерційність і воно реєструє лише середні значення амплітуд, то інтерференційна картина в цьому випадку не спостерігається.

Французький фізик О. Френель запропонував дотепний спосіб отримання двох когерентних систем світлових хвиль від одного джерела світла. Суть запропонованого Френелем способу полягає у розділенні однієї світлової хвилі на дві когерентні. При накладенні цих хвиль Френель спостерігав їх інтерференцію.

В одному зі своїх дослідів Френель розділяв світлову хвилю від джерела S (мал. 157) за допомогою двох тонких скляних призм, склеєних основами. Таку призму називають біпризмою Френеля. Основу біпризми розташовують паралельно яскраво освітленій щілині. Як і в досліді Юнга, інтерференційна картина спостерігалася на екрані E. Якщо щілину освітлювати монохроматичним (одноколірним) світлом, то всі світлі смуги інтерференційної картини будуть мати такий же колір. Якщо ж щілину освітлювати білим світлом, то інтерференційна картина буде різно колірною. А саме, у кожній світлій смузі спостерігатиметься плавний перехід кольорів від червоного до фіолетового.

Якщо ми отримаємо на дротяному каркасі плівку мильного розчину і направимо на нього світловий пучок від проекційного апарата, то побачимо на плівці кольорове забарвлення. Коли на шляху світлового пучка поставити червоний світлофільтр, то замість кольорових смуг ми побачимо одноколірні червоні смуги, розділені темними смугами. Картина нагадує інтерференційні смуги, отримані за допомогою дзеркал Френеля. Якщо червоний світлофільтр замінити зеленим, то світлі смуги будуть зеленими. Це наводить на думку, що спостережуване явище є результатом інтерференції світла.

Які ж два світлові пучки інтерферують в цьому випадку? Очевидно, що при падінні світла на плівку воно відбивається від передньої і задньої поверхонь цієї плівки. При цьому між пучками, відбитими від передньої і задньої поверхонь, виникає різниця ходу, яка залежить від товщини плівки і матеріалу, з яким плівка стикається.

Якщо різниця ходу дорівнює цілому числу довжин хвиль, то відбудеться підсилення відбитої хвилі, а якщо різниця ходу дорівнює половині хвилі або непарному числу півхвиль, то відбудеться послаблення відбитої хвилі.

Явище інтерференції світла знаходить широке застосування в сучасній техніці. Одним із таких застосувань є створення «просвітленої» оптики. Відполірована поверхня скла відбиває приблизно 4% світла, що падає на неї. Сучасні оптичні прилади складаються з великого числа деталей, виготовлених із скла. Проходячи через кожен з цих деталей, світло ослаблюється на 4%. Загальні втрати світла в об'єктиві фотоапарата становлять приблизно 25%, в призматичному біноклі і мікроскопі — 50%.

Для зменшення світлових втрат в оптичних приладах всі скляні деталі, через які проходить світло, покривають плівкою товщиною в чверть світлової хвилі, показник заломлення якої менший за показник заломлення скла.

Явище інтерференції використовують для контролю якості оброблювальної поверхні.

Висновки

Інтерференцією хвиль називається явище посилення коливань в одних точках простору й ослаблення в інших в результаті накладення двох або декількох хвиль, що приходять у ці точки.

· Когерентні (зв'язані) хвилі — це хвилі, що мають однакову частоту й незмінне зрушення фаз у кожній точці простору. Когерентні джерела — це джерела, що мають однакову частоту й незмінне зрушення фаз у часі.

· Амплітуда коливань середовища в певній точці максимальна, якщо різниця ходу двох хвиль, що збуджують коливання в цій точці, дорівнює цілому числу довжин хвиль:

$$\Delta x = k\lambda.$$

· Амплітуда коливань середовища в певній точці мінімальна, якщо різниця ходу двох хвиль, що збуджують коливання в цій точці, дорівнює непарному числу напівхвиль:

$$\Delta x = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Чому товстий шар нафти не має райдужного забарвлення?
2. Чи можна спостерігати інтерференцію світла від двох поверхонь шибки?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 40

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Дифракція світла. Дисперсія світла

Мета Ознайомитися з явищем розкладання світла в спектр. Залежність показника заломлення світла від його кольору. Дисперсія як залежність показника заломлення світла від частоти коливань (довжини хвилі).

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, плакат

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	10хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Поляризація світла 2. Дисперсія світла 3. Дифракція світла
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	60 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Світло - це видиме випромінювання, тобто електромагнітні хвилі в інтервалі частот, сприймаємих людським оком ($7,5 \cdot 10^8 \dots 4,3 \cdot 10^{14}$ Гц).

Кольори - одне із властивостей матеріального світу, яке сприймається як усвідомлене зорове відчуття. Той або інший колір «привласнюється» об'єкту людиною у процесі їхнього зорового сприйняття. У переважній більшості випадків колірне відчуття виникає в результаті впливу на око потоків електромагнітного випромінювання з діапазону довжин хвиль, у якому по випромінюванню сприймається оком (видимий діапазон - довжини хвиль від 380 до 760 нм).

Оптична область спектра електромагнітних випромінювань складається із трьох ділянок: невидимих ультрафіолетових випромінювань (довжина хвиль 10-400 нм), видимих світлових випромінювань (довжина хвиль 400-750 нм), сприйманих оком як світло й невидимі інфрачервоні випромінювання (довжина хвиль 740 нм - 1-2 мм).

Світлові випромінювання, що впливають на око й викликають відчуття кольору, розділяють на прості (монохроматичні) і складні. Випромінювання з певною довжиною хвилі називають **монохроматичним**.

1 Навчальне питання Поляризація світла

На початку XIX століття, коли Т. Юнг і О. Френель розвивали хвильову теорію світла, природа світлових хвиль була невідома. На першому етапі передбачалося, що світло являє собою поздовжні хвилі, які поширюються в певному гіпотетичному середовищі — ефірі. Під час вивчення явищ інтерференції й дифракції питання про те, якими є світлові хвилі — поздовжніми або поперечними, було другорядним по суті. У той час здавалося неймовірним, що світло — це поперечні хвилі, тому що за аналогією з механічними хвилями довелося б припускати, що ефір — це тверде тіло (поперечні механічні хвилі не можуть поширюватися в газоподібному або рідкому середовищі). Однак поступово накопичувалися експериментальні факти, які свідчили на користь поперечності світлових хвиль.

Справді, світло є окремим випадком електромагнітних хвиль, а в цих хвилях коливання напруженості $\vec{E}$ електромагнітного поля увесь час відбуваються в одній площині (назвемо її площиною поляризації), а коливання магнітної індукції $\vec{B}$ — у перпендикулярній площині.



Поляризаційний фільтр для фотоапарата

Майже у всіх звичайних джерелах світла відбувається неузгоджене випромінювання світла величезною кількістю атомів. Тому результуюча світлова хвиля містить багато

«маленьких» світлових хвиль із різними площинами поляризації. Таке світло називають природно-поляризованим, або неполяризованим.

Ø У загальному випадку поляризація світла характеризує нерівноправність різних напрямків у площині, перпендикулярній до напрямку поширення хвилі.

У сучасних експериментах для одержання лінійно поляризованого світла застосовують так звані поляроїди — тонкі прозорі полімерні плівки. Часткова поляризація відбувається внаслідок заломлення й відбиття.

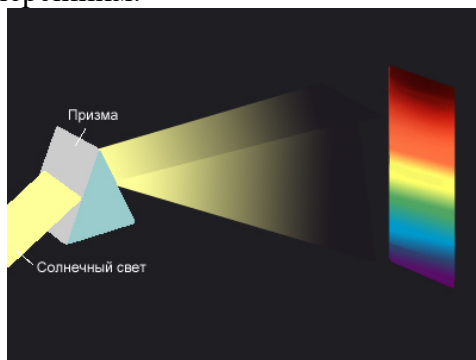
Застосування поляризації світла:

- поляризатори у фотографії (коли обернути поляризатор, обертається площина поляризації, тим самим посилюючи або послаблюючи ефект пригнічення відбиття);
- поляроїди на автотранспорті (для захисту водіїв від осліплення світлом фар зустрічних автомобілів);
- дія сахаромерів (дозволяють вимірювати концентрацію цукру в речовині);
- поляризоване скло в рідкокристалічних індикаторах і екранах (перегляд стереоскопічних зображень і фільмів).



2 Навчальне питання Дисперсія світла

Дисперсія — залежність показника заломлення речовини від довжини хвилі світла. Завдяки дисперсії біле світло розкладається в спектр при проходженні через скляну призму. Тому такий спектр називають дисперсійним.



Прості випромінювання не можуть бути розкладені ні на які інші кольори. Як це відбувається, можна побачити на відео:

Спектр — послідовність монохроматичних випромінювань, кожному з яких відповідає певна довжина хвилі електромагнітного коливання.

Спектральна сполука випромінювання різних речовин досить різноманітна. Проте, всі спектри можна розділити на три типи:

Безперервні спектри.



Це означає, що в спектрі представлені хвилі всіх довжин. У спектрі немає розривів, і на екрані спектрографа можна бачити суцільну різнобарвну смугу.

Безперервні (або суцільні) спектри дають тіла, що перебувають у твердому або рідкому стані, а також сильно стиснені гази. Для одержання безперервного спектра потрібно нагріти тіло до високої температури.

Характер безперервного спектра й сам факт його існування визначаються не тільки властивостями окремих випромінюючих атомів, але й у сильному ступені залежать від взаємодії атомів один з одним.

Безперервний спектр дає також високотемпературна плазма. Електромагнітні хвилі випромінюються плазмою в основному при зіткненні електронів з іонами.

Лінійчаті спектри.



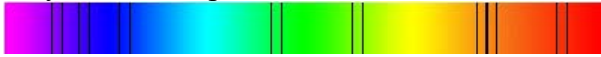
Лінійчаті спектри являють собою набір кольорових ліній різної яскравості, розділених широкими темними смугами. Наявність лінійчатого спектра означає, що речовина випромінює світло тільки цілком певних довжин хвиль (точніше, у певних дуже вузьких спектральних інтервалах). Кожна з ліній має кінцеву ширину.

Лінійчаті спектри дають всі речовини в газоподібному атомарному (але не молекулярному) стані. Ізольовані атоми хімічного елемента випромінюють строго певні довжини хвиль.

Звичайно для спостереження лінійчатих спектрів використовують світіння пар речовини в полум'ї або світіння газового розряду в трубці, наповненої досліджуванним газом.

При збільшенні щільності атомарного газу окремі спектральні лінії розширюються й, при дуже великій щільності газу, коли взаємодія атомів стає істотним, ці лінії перекривають один одного, образуя безперервний спектр.

Смугасті спектри.



Смугастий спектр складається з окремих смуг, розділених темними проміжками. За допомогою дуже гарного спектрального апарата можна виявити, що кожна смуга являє собою сукупність великого числа дуже тісно розташованих ліній. На відміну від лінійчатих спектрів смугасті спектри створюються не атомами, а молекулами, не зв'язаними або слабо зв'язаними один з одним.

При розкладанні білого світла призмою в безперервний спектр кольорів у ньому поступово переходять один в інший. Прийнято вважати, що в деяких границях довжин хвиль (нм) випромінювання мають наступні кольори:

390—440 – фіолетовий; 440—480 – синій; 480—510 – блакитний; 510—550 – зелений; 550—575 – жовто-зелений; 575—585 – жовтий; 585—620 – жовтогарячий; 630—770 – червоний;

Очі людини має найбільшу чутливість до жовто-зеленого випромінювання з довжиною хвилі близько 555 нм.

Розрізняють три зони випромінювання: синьо-фіолетова (довжина хвиль 400-490 нм), зелена (довжина 490-570 нм) і червона (довжина 580-720 нм). Ці зони спектра є також зонами переважної спектральної чутливості приймачів ока й трьох шарів кольорової фотоплівки. Світло, випромінюваний звичайними джерелами, а також світло, відбитий від несвітлових тіл, завжди має складна спектральна сполука, тобто - складається із суми різних монохроматичних випромінювань. Спектральна сполука світла - найважливіша характеристика висвітлення. Він безпосередньо впливає на світопередачу при зйомці на кольорові фотографічні матеріали.

Прикладом дисперсії світла є веселка.

Веселка — атмосферне оптичне і метеорологічне явище, спостерігається звичайно після дощу або (істотно рідше) перед ним. Воно виглядає як різнобарвна дуга або коло, складена із кольорів спектра.

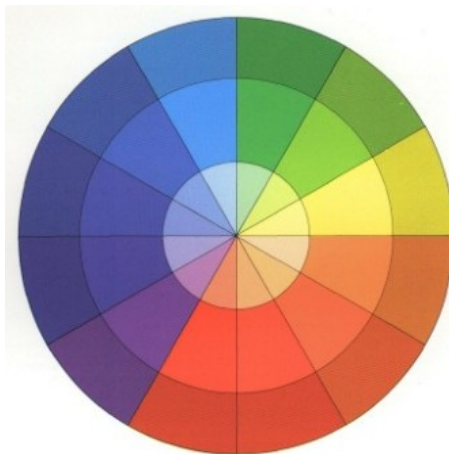
Веселка виникає через те, що сонячне світло випробовує переломлення в крапельках води дощу або тумана, що знаходяться в атмосфері.



Крім цього важливо розуміти кольори і їхні суміші. Колірне колесо розділене на 12 секторів. Серцевину колеса становлять первинні, вторинні й третинні кольори, описані в тексті. У зовнішнім кільці представлені більше темні, а в проміжному - більше світлі тони цих квітів.

Чим же визначається кольори навколишніх нас предметів? Який фізичний зміст відповідає нашим поданням про те, що трава зелена, колір маку червоний, а небо блакитне й т.п.? Кольори предметів, що оточують нас, залежить, по-перше, від їхньої здатності відбивати або пропускати падаючий на них світловий потік й, по-друге, від розподілу світлового потоку в спектрі їхнього джерела, що висвітлює, світла. Коли ми говоримо, що поверхня має зелені кольори (при висвітленні білим світлом), це означає, що із всієї сукупності променів, що становлять біле світло, дана поверхня відбиває переважно зелені промені. Прозоре середовище (стекло, рідина), що представляється нам пофарбованою в зелені кольори (при висвітленні білим світлом), пропускає із всієї сукупності променів переважно зелені промені. Відповідно, відбиті або пропущені промені впливають на наші очі й у нас створюється відчуття зелених кольорів. Всім відомо, що фарбування кімнати й предметів, що перебувають у ній, сприймається нами по-різному при денному (природному) і вечірньому (штучному) висвітленні, здійснюваному лампами накаливання. Причини цього - різний розподіл світлового потоку в спектрах денного світла й лампи накаливання, наявність у спектрі денного світла всіх видимих випромінювань майже в рівній кількості й майже повна відсутність синіх і фіолетових променів у спектрі лампи накаливання. При висвітленні лампами накаливання червоні кольори стають більше соковитими, а жовтогарячі червоніють. При цьому й червоні, і жовтогарячі кольори стають більше світлими. Блакитні кольори зеленіють, а сині і фіолетові трохи червоніють, здобуваючи при цьому пурпурний відтінок, а значить - темніють.

Зіставити різні кольорні сполучення й намітити декоративні ефекти вам допоможе спеціальна схема - так назване колірне колесо. Всі кольори можна одержати, змішуючи в різних співвідношеннях три первинних кольори: червоний, жовтий і блакитний. Змішуючи їх попарно, ви одержите три нові, вторинні кольори. Червоний з жовтим дадуть помаранчевий, жовтий із блакитним - зелений, а блакитний із червоним - фіолетовий. Зображення цих шести кольорів утворюють сектори кола в такому порядку: червоний, помаранчевий, жовтий, зелений, блакитний та фіолетовий. Знову змішуючи попарно суміжні кольори, ви одержите шість третинних кольорів: червоно-помаранчевий, помаранчево-жовтий, жовто-зелений, зелено-блакитний, синьо-фіолетовий і фіолетово-червоний. Помістивши їх у коло, ви одержите колесо основних кольорів із дванадцятьма секторами.



2 Навчальне питання Дифракція світла

Дифракцією світла називають явище огинання світлом перешкод та його поширення в область, де мала б бути тінь. Для спостереження дифракції на шляху поширення світлової хвилі розміщують непрозору перешкоду, яка лише частково закриває хвилю, тобто площа перешкоди менша за площу фронту хвилі. За перешкодою розташовують екран. На екрані в залежності від форми та розмірів перешкоди спостерігають дифракційну картину у вигляді сукупності темних та світлих смуг чи кілець. Дифракція спостерігається і в звичайних природних умовах. Наприклад, розсіювання світла крапельками туману є наслідком дифракції. Явище дифракції є

прямим проявом хвильових властивостей світла і не може бути пояснене, виходячи з уявлень геометричної оптики. Дифракція як хвильове явище зникає, коли довжина хвилі $\lambda \rightarrow 0$, і залежить від довжини хвилі. Явище дифракції виражене краще для довгих хвиль і менше для коротких, а отже для червоного світла його спостерігати легше, ніж для фіолетового. Це обумовлене тим, що при розкладанні світла на хвильовий спектр за рахунок дифракції червоне світло відхиляється більше, а фіолетове – менше. Таким чином, у дифракційному спектрі спостерігається послідовність розташування різних кольорів, яка є оберненою до послідовності цих кольорів у спектрі, що отримують за допомогою призми, коли червоне світло відхиляється менше, а фіолетове – більше (див. п. 5.2. Дисперсія світла).

5.4.1. Принцип Гюйгенса

Вперше принципову можливість зміни напрямку поширення світла перешкодою пояснив Гюйгенс, який припустив, що кожна точка фронту хвилі є джерелом вторинної хвилі. При цьому фронт хвилі у кожний наступний момент часу визначається обвідною фронтів вторинних хвиль. На рис. 69 показано зображення фронту хвилі для моменту часу t та для наступного моменту часу $t + \Delta t$. Тонкими лініями на рис. 69 зображено fronti сферичних вторинних хвиль, джерела яких знаходяться на фронті, визначеного для моменту часу t . У такій картині вторинні хвилі випромінюються неперервно і, зокрема, на зображеному фронті починають випромінюватися в момент часу t . Якщо їх випромінювання відбувається протягом інтервалу Δt , то радіус сфер вторинних хвиль дорівнює добутку швидкості поширення хвиль на час Δt , тобто $r = v \Delta t$. За принципом Гюйгенса фронт хвилі в момент часу $t + \Delta t$ визначається обвідною вторинних хвиль і зсується також на відстань r . Принцип Гюйгенса є корисним і дозволяє, наприклад, з точки зору хвильових уявлень пояснити закони відбивання та заломлення світла. Доведемо з використанням принципу Гюйгенса закон заломлення світла. Для цього розглянемо два середовища, які розділяє плоска межа. Направимо на неї звичайну плоску хвилю. На рис. 70 зображені два промені $A'A$ та $B'B$ падаючої хвилі. На цьому рис. 70 показано також положення фронту AD падаючої хвилі для моменту часу, коли хвиля досягає точки A на межі середовищ. Відрізок AD , що відповідає фронту, перпендикулярний до променів $A'A$ та $B'B$. Позначимо Δt час проходження променем $B'B$ відстані DB $v_1 t = DB$, де v_1 – швидкість поширення падаючої хвилі у першому середовищі, що знаходиться над межею. Згідно з принципом Гюйгенса, поки падаюча хвиля дійде до точки B , точки ділянки AB стануть джерелами вторинних хвиль. Обвідна цих хвиль CB є фронтом заломленої хвилі. Вона, як і падаюча, буде плоскою хвилею, тому відрізок CB також перпендикулярний до заломлених променів. За час Δt вторинна хвиля з джерелом у точці A пройде відстань AC , причому $v_2 t = AC$, де v_2 – швидкість поширення променів у другому середовищі. Довжина гіпотенузи AB прямокутного трикутника ADB дорівнює $AB \sin \alpha$, де α – кут падіння. Але AB є також гіпотенузою прямокутного трикутника ABC , тому $AB \sin \gamma = AC$, де γ – кут заломлення. Порівнюючи обидва вирази для довжини гіпотенузи AB приходимо до вже відомого нам рівняння закону заломлення $\frac{\sin \alpha}{v_1} = \frac{\sin \gamma}{v_2}$, де n_1 і n_2 – показники заломлення відповідних середовищ. За допомогою того ж принципу Гюйгенса легко також якісно пояснити, чому на перешкоді може змінитися напрямок поширення хвилі. Дійсно, розглянемо непрозоре плоске тіло, яке має отвір (рис. 71). Направимо на нього плоску хвилю, хвильовий вектор якої перпендикулярний до площини тіла. Кожна точка отвору стає за Гюйгенсом джерелом вторинної сферичної хвилі. На рис. 71 показані центри таких хвиль і їх fronti, які зображені пунктиром. Обвідна вторинних хвиль визначає фронт поширення хвилі після проходження первинною хвилею отвору. Напрямок поширення кожної вторинної хвилі перпендикулярний до її фронту і відповідає хвильовому вектору. На рис. 71 показані напрямки хвильових векторів для фронту хвилі, які формують вторинні хвилі після проходження хвилею отвору. Видно, що після проходження отвору хвиля вже не є плоскою, бо біля країв отвору її фронт викривляється. З напрямку хвильових векторів знаходимо, що хвиля дещо поширюється в область геометричної тіні. Тепер на екрані не буде чіткої геометричної тіні, яка б повністю відтворювала форму отвору, оскільки частина світла потрапляє в область тіні. Таким чином, принцип Гюйгенса дозволяє пояснити, чому світло потрапляє в область тіні. Але цей принцип не може підказати, як буде розподілена інтенсивність світла вздовж екрану. Іншим принциповим недоліком принципу Гюйгенса є неможливість пояснити з його позицій утворення дифракційної картини, що складається з регулярного набору світлих та темних смуг або кілець. Навіть з попереднього розгляду явища інтерференції видно, що відмічена вада обумовлена тим,

що принцип Гюйгенса нічого не говорить стосовно можливої ролі частот хвиль або, що теж саме, їх довжин в явищах подолання хвилями різного типу перешкод.

Висновки

1. Дисперсія світла — залежність показника заломлення від частоти світлової хвилі.
2. За заданої частоти довжина хвилі більша в тому середовищі, де швидкість хвилі більша.
3. Кожний колір характеризується своєю частотою хвилі.
4. Фронт хвилі — це сукупність точок простору, до яких у цей момент дійшла хвиля.
5. Принцип Гюйгенса: кожную точку фронту хвилі можна розглядати як джерело вторинних хвиль. Нове положення фронту хвилі постає як огибаюча цих вторинних хвиль.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Як можна спостерігати явище дисперсії світла?
2. Чому Ньютон зробив зі свого досліду висновок, що біле світло є складовим?
3. Чим пояснюється розкладання білого світла на кольорові пучки?
4. Чи спостерігається дисперсія світла у разі проходження через вакуум?

Другий рівень

1. На скляну призму направляють промінь червоного або зеленого світла. Чи спостерігатиметься розкладання цього світла на якісь кольорові промені?
2. Чому під час проходження через трикутну скляну призму широкого пучка білого світла райдужне забарвлення з'являється тільки біля країв пучка?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 41

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Фотоелектричний ефект

Мета познайомити студентів з фотоелектричним ефектом і його законами, розглянути історію дослідження фотоелектру; розвивати творче мислення; виховувати бажання отримувати знання.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	15хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Фотоелектр 2. Три закони фотоелектру
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	50 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	10 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Вперше прямий вплив світла на електрику виявив німецький фізик Генріх Герц під час дослідів з електроіскровими вібраторами. Герц встановив, що заряджений провідник, будучи освітлений ультрафіолетовим промінням, швидко втрачає свій заряд, а електрична іскра виникає в іскровому проміжку при меншій різниці потенціалів. Помічене явище було описане Герцом в його статтях 1887-1888 років, але залишено ним без пояснення, оскільки фізичну природу його він не знав. Не зуміли правильно пояснити дію світла на заряди і німецький фізик Гальвакс, і італійський фізик Риги, і англійський фізик Лодж, який, демонструючи в 1894 році досліди Герца в своїй знаменитій лекції "Творіння Герца", лише припустив хімічну природу явища. І це не дивно: електрон буде відкритий Джозефом Джоном Томсоном лише в 1897 році, а без згадки про електрон пояснити фотоефект неможливо.

Проте 26 лютого 1888 року заслужено вважається одним з чудових днів в історії науки і техніки і, зокрема, телебачення. Цього дня великий російський учений Олександр Григорович Столетов (1839-1896) блискуче здійснив дослід, що наочно продемонстрував зовнішній фотоефект і показав істинну природу і характер впливу світла на електрику.

Перші досліди з світлом А.Г. Столетов проводив із звичним електроскопом. Освітлюючи електричною дугою Петрова цинкову пластину, заряджену негативно і сполучену з електроскопом, він знайшов, що заряд швидко зникав. Позитивний же заряд не знищувався.

Припустимо, що при опроміненні світлом з поверхні вилітають електрони. Тоді при освітленні негативно цинкової пластинки електрони вилітають і ще додатково відштовхуються електричним полем пластинки. Тому негативний заряд швидко зникає. Інша річ із позитивним зарядом. Якщо електрон і вилетів, то його з одного боку притягує електричне поле пластинки, з другого його виліт не зменшує, а збільшує позитивний заряд пластинки.

Цей ефект був названий А.Г. Столетовим активно-електричним розрядом. Електронна природа фотоефекту була показана в 1899 році Дж.Дж. Томсоном і в 1900 році Ленардом.

Для постановки точних дослідів Столетов створив експериментальний прилад, що став прообразом сучасних фотоелементів. Прилад складався з двох плоскопаралельних дисків, один з яких був сітчастий і пропускав світлове випромінювання.

До дисків підводилася напруга від 0 до 250 В, причому до суцільного диска підключався негативний полюс батареї. При освітленні суцільного диска ультрафіолетовим світлом включений у коло чутливий гальванометр відзначав протікання струму, незважаючи на наявність повітря між дисками. Продовжуючи дослід, А.Г. Столетов встановив залежність фотоструму від величини напруги батареї і інтенсивності світлового пучка. Подальші роботи привели до створення першого в світі фотоелемента, що був скляним балоном з кварцовим вікном для пропускання ультрафіолетового проміння. Всередину балона поміщалися електроди, один з яких був чутливий до світла, газ відкачувався. Сучасні фотоелементи відрізняються від першого лише конструкцією електродів і їх структурою.

1 Навчальне питання Фотоефект

Фотоефект — явище «вибивання» світлом електронів із металів.

Щоб вивільнити електрон із металу йому необхідно передати енергію, більшу за роботу виходу.

Теоретичне пояснення явища дав Альберт Ейнштейн, за що отримав Нобелівську премію. Ейнштейн використав гіпотезу Макса Планка про те, що світло випромінюється порціями (квантами) із енергією, пропорційною частоті.

Припустивши, що світло і поглинається такими ж порціями, він зміг пояснити залежність швидкості вибитих електронів від довжини хвилі опромінення.

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A$$

де ν — частота світла, h — стала Планка, m — маса електрона, v — його швидкість, A — робота виходу.

Робота Ейнштейна мала велике значення для розвитку ідей квантової механіки взагалі та квантової оптики зокрема.

2 Навчальне питання Три закони фотоефекту

1. Кількість фотоелектронів прямо пропорційна інтенсивності світла.
2. Максимальна кінетична енергія фотоелектронів не залежить від інтенсивності світла, кінетична енергія фотоелектронів прямо пропорційна частоті світла.
3. Для кожної речовини існують порогові значення частоти та довжини хвилі світла, які відповідають межі існування фотоефекту; світло з меншою частотою та більшою довжиною хвилі фотоефекту не викликає.

Оскільки це порогове значення завжди ближче до червоного світла, то йому дали назву червона межа фотоефекту.

Зрозуміло, що червона межа фотоефекту існує завдяки притягуванню електронів до ядер. Разом з тим, останній закон не можна пояснити на основі уявлення про світло як неперервні плавні коливання у вакуумі-ефірі: такі хвилі мали довго розгойдувати електрони до того моменту, коли швидкість останніх стала б достатньою для відриву від металу.

Повне пояснення фотоефекту належить Альберту Ейнштейну, який використав ідею німецького фізика М.Планка про те, що світло випромінюється і поширюється окремими порціями - квантами (або інша назва фотони). Для обчислення енергії кванта світла Макс Планк запропонував просту формулу $\epsilon = h\nu$.

Ейнштейн висловив припущення, що фотоефект відбувається внаслідок поглинання фотоном одного кванта, а інші кванти не можуть брати участь у цьому процесі. Тоді енергія одного кванта світла (фотона) витрачається на подолання бар'єру (виконання роботи виходу, відриву від матеріалу) і надання кінетичної енергії фотоелектрону.

Це дозволило йому записати закон збереження енергії для процесу - наведене вище рівняння Ейнштейна для фотоефекту.

Приклад. Чи відбудеться фотоефект у разі опромінення цинкової пластинки ультрафіолетовим світлом довжиною хвилі 200 нм? Яку максимальну швидкість можуть мати фотоелектрони при цьому? Робота виходу електрона для цинку дорівнює 4,24 еВ.

Розв'язування

$A_0 = 4,24 \text{ еВ}$ $\lambda = 200 \text{ нм}$ $v_{\text{max}} = ?$	Фотоефект можливий, коли $\frac{hc}{\lambda} \geq A_0$. $\frac{hc}{\lambda} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж};$
---	---

$$A_0 = 4,24 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 6,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Отже, за таких умов фотоефект відбудеться.

З рівняння Ейнштейна $\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A_0$,

звідси $v_{\text{max}} = 0,8 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

За граничних умов червоної межі фотоефекту кінетична енергія електрона дорівнює нулю. Тому червона межа фотоефекту визначається лише роботою виходу і залежить від хімічної природи металу, наявності домішок і стану його поверхні:

$$h\nu_0 = A_0, \nu_0 = \frac{A_0}{h} \text{ або } \lambda_0 = \frac{hc}{A_0}. \quad (6.4)$$

Електрон-вольт (еВ) — це одиниця енергії, еквівалентна $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Межу фотоефекту називають «червоною», тому що в разі зміщення довжини хвилі в бік червоного світла (> 0) фотоефект не відбувається.

Приклад. В якого металу — цезію чи вольфраму — червона межа фото- ефекту вища? Роботи виходу цих металів дорівнюють, відповідно, 1,8 та 4,54 еВ.

Розв'язування

$$A_0(\text{Cs}) = 1,8 \text{ еВ}$$

$$A_0(\text{W}) = 4,54 \text{ еВ}$$

$$v_0(\text{Cs}) > v_0(\text{W}) \text{ — ?}$$

$$\text{За означенням } v_0 = \frac{A_0}{h}.$$

$$v_0(\text{Cs}) = 0,43 \cdot 10^{15} \text{ Гц}; \quad v_0(\text{W}) = 1,1 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

$$\text{Отже, } v_0(\text{Cs}) < v_0(\text{W}).$$

Узявши до уваги, що $\lambda = \frac{c}{\nu}$, одержимо: $\lambda_0(\text{Cs}) = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, $\lambda_0(\text{W}) = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Тобто, чер- вона межа цезію лежить у видимій ділянці спектра світла, а вольфраму — за її межами.

Пристій Столєтова:

Скляний балон з кварцовим віконцем і розміщеними двома електродами, до яких прикладалась регульована напруга. Під час опромінення електрони відриваються від катода і летять до анода створюють фотострум. При сталому світловому потоці при збільшенні напруги фотострум тяж зростає, але до певного значення. Найбільший фотострум, який можна одержати при незмінному світловому потоці наз. фотострумом насичення. При збільшенні світлового потоку Φ струму насичення зростає.

2.Перший закон фотоелектру.

Сила фотоструму насичення прямо пропорційна падаючому на електрод світловому потоку. Щоб струм не протікав, потрібно прикласти затримуючу (гальмуючу) напругу, за якою можна визначити кінетичну енергію фотоелектронів.

Змінюючи частоту падаючого світла, Столєтов визначив кінетичну енергію фотоелектронів і встановив другий закон:

Максимальна кінетична енергія фотоелектронів лінійно зростає з частотою світла і не залежить від його інтенсивності.

Найменша частота хвилі, при якій ще можливий фотоелект, наз. Червоною межею фотоелектру.

Найбільша довжина хвилі, при якій ще можна спостерігати фотоелект, наз. червоною межею фотоелектру.

Третій з-н фотоелектру:

Поріг фотоелектру (червона межа) визначається тільки матеріалом електрода і не залежить від інтенсивності випромінювання.

Висновки

Сфери застосування фотоелектру: у різних фотореле (для вмикання і вимикання освітлення вулиць, світла маяків і бакенів, двигунів верстатів); в техніці запису і відтворення звуку в кіно; в авіаційній і космічній техніці (зокрема — у сонячних батареях), на транспорті (застосування фотоелектру в пропускових механізмах метрополітену).

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. У чому полягає суть явища фотоелектру?
2. Послідовністю яких фізичних процесів є фотоелект?
3. Чому явище фотоелектру спостерігається лише за певного приєднання джерела струму?
4. Поясніть суть кожного із законів фотоелектру.
5. За яких умов може відбуватися фотоелект?
6. Чому червона межа фотоелектру залежить від хімічної природи металу? Що ще впливає на її значення?
7. Чому ефект Комптона вважають остаточним підтвердженням квантової гіпотези світла?
8. У чому полягає суть досліду Комптона?
9. Чому хвильова теорія неспроможна пояснити ефект Комптона?
10. Чому ефект Комптона не спостерігається в оптичному діапазоні випромінювання?
11. Які прилади побудовані з використанням явища фотоелектру?
12. Що таке фотопровідність? Від чого вона залежить?

13. Поясніть дію фоторезистора або фотодіода як засобів автоматики.
14. Де застосовують фотоелементи, фотодіоди і фоторезистори?

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-
наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція № 42

з навчальної дисципліни фізика і астрономія

Тема: Радіоактивність. Альфа-, бета-, гамма- випромінювання. Закон радіоактивного розпаду

Мета заняття: Познайомити студентів з історичною хронологією відкриття явища природної радіоактивності та властивостями радіоактивного випромінювання. Розкрити природу радіоактивного розпаду та його закономірності. Розвивати вміння аналізувати науковий матеріал, дослідження, використовуючи додаткову літературу. Виховувати особисту відповідальність за те, що відбувається довкола, чуйність і людяність.

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Опорні конспекти, відео сюжет «Авіація на ЧАЕС», таблиця Менделєєва

Час – 2 години

План проведення лекції

Структура лекції	Відведений час	Методичні вказівки
1 Організаційна частина	5 хв	Привітання, визначення присутності студентів на занятті, знайомство з новою групою.
2 Актуалізація опорних знань, перевірка вивченого матеріалу та мотивація навчальної діяльності студентів	5хв	Вступне зауваження, мотивацію актуальності теми, формулювання мети лекції, огляд головних питань теми: 1. Відкриття радіоактивності (історична хронологія, роботи вчених, висновки) 2. Аналіз дослідів про встановлення фізичної природи іонізуючого випромінювання (α -, β -, γ -промені) та отримання радіоактивних елементів в результаті даних фізичних процесів 3. Фізичний та математичний зміст закону радіоактивного розпаду. Основні характеристики розпаду та зв'язок між ними
3 Основна частина (викладення навчальних питань лекції)	65 хв	Викладення основного змісту матеріалу теми, аналіз, узагальнення висунутих положень.
4 Заключна частина Домашнє завдання: (відповідно до робочої програми)	5 хв	Узагальнення, теоретичні і фактичні висновки, закріплення вивченого на лекції матеріалу.

Література:

1 Сиротюк, В.Д. Фізика підручник для 10 кл. загальноосвітніх навч. закл. [Текст]: (рівень стандарту) / В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий; - К.: Освіта, 2010. – 303 с.

2 Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике [Текст]: учебное пособие / Р.А. Гладкова, В.Е. Добронравов, Л. С. Жданов, Ф.С. Цодиков. – М.: Наука. 1980. – 320 с.

3 Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений [Текст]: учебник / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. – М.: Наука. 1984. – 512 с.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

1 Навчальне питання Відкриття радіоактивності (історична хронологія, роботи вчених, висновки)

Антуан Анрі Беккерь (французький фізик) (1852-1908рр.) Французький фізик А.Беккерь народився в Парижі 15 грудня 1852р. в сім'ї відомих наукових робітників. Отримав середню освіту в ліцеї Людовика Великого, по закінченню якого в 1872 році вступив в Політехнічну школу в Парижі.

- 1896р. – експерименти з опроміненням солей урану;
- 1903р. – Нобелівська премія за відкриття природного радіовипромінювання.

Дослід.

Фотопластинка в цупкому чорному папері, на яку зверху положили шматочки уранової солі і виставляли на сонячне світло. Під час проявлення пластинка почорніла в тих місцях де лежала сіль.

Висновок.

Уран виділяє проміння подібно до рентгенівського, що має велику проникну здатність і діє на фотопластинку.

Випадок.

Похмура погода, відсутність сонця, пластинка в ящику стола і не освічувалась сонячним промінням. Після проявлення (через 2 дні) фотопластинки, на якій лежав мідний хрест, вкритий солями урану, було виявлено почорніння у вигляді виразної тіні хреста.

Висновок.

Солі урану, самовільно без впливу зовнішніх факторів випромінюють невідоме проміння. Почалися інтенсивні дослідження властивостей даного проміння.

Результати досліджень і висновки:

проміння уранової солі

1. діє на фотопластинку;
2. іонізує повітря, так само як і рентгенівське;
3. проникає крізь папір, картон і навіть метал;
4. розряджає електроскоп;
5. інтенсивність випромінювання, визначається лише кількістю урану в суміші (препараті) і не залежить від сполук, в які входить.

Продовження досліджень, щодо відкриття інших хімічних елементів, яким властиве самовільне випромінювання:

— 1898р. – Марія Склодовська-Кюрі (польська вчена) (Слайд 7)

— відкриття радіоактивності: торій - Th

— 1898р – подружжя М. Склодовське-Кюрі та П'єр Кюрі (французький вчений) (слайд 8)

- відкриття радіоактивності Ra- радій («променистий»)
- P_o — полоній (в честь Польщі)

— 1903 – Нобелівська премія подружжю Кюрі (на половину разом з Беккерелем)

В своїй Нобелівській лекції (через два роки після оголошення премії – 1905р.) П'єр Кюрі сказав:

«Я належу до тих, хто разом з Нобелем, вважаю, що нові відкриття принесуть людству більше бід, чим добра»

Підсумок :

В результаті, досліджень, було встановлено, що всі хімічні елементи з порядковим номером більшим за 83 в таблиці Д.І. Менделєєва — РАДІОАКТИВНІ.

2 Навчальне питання Аналіз дослідів про встановлення фізичної природи іонізуючого випромінювання (α -, β -, γ -промені) та отримання радіоактивних елементів в результаті даних фізичних процесів

Радіоактивність — (від лат. radio — випромінювати і activus — активний, дієвий) — самовільне перетворення ядер одних атомів у ядра інших з випусканням трикомпонентного випромінювання: α -, β -, частинок та γ -променів.

Види:

а) природна

б) штучна.

Радіоактивні елементи — хімічні елементи, що мають радіоактивність.

Отже, наступний пункт нашої роботи, це аналіз дослідів по визначенню складу радіоактивного випромінювання.



— символ для позначення радіоактивних матеріалів

Опис досліду:

Радіоактивний препарат вміщували на дно вузького каналу в шматку свинцю. Проти каналу розміщували фотопластинку. На проміння, яке виходило з каналу, діяли сильним магнітним полем, лінії індукції якого перпендикулярні до променя. Всю установку розміщували у вакуумі.

1899 рік — Е. Резерфорд: виявив α і β –частинки.

1900 рік — П. Віллард: встановив, що є і γ -промені.

Висновки:

Склад радіоактивного випромінювання:

α -частинки — ядра гелію (відхиляються електричним і магнітним полем, мають мінімальну проникну і максимальну іонізуючу здатність, поширюються в повітрі на кілька сантиметрів, в твердій речовині на десятки мікронів,)

β -частинки — швидкі електрони (відхиляються електричним і магнітним полем, мають проникну здатність в десятки разів більшу ніж α -частинок, при взаємодії з речовиною розсіюються,)

γ -промені — потік квантів електромагнітного випромінювання (не відхиляються електричним і магнітним полями, мають максимальну проникну і мінімальну іонізуючу здатність), частота до 10^{20} Гц, довжина хвилі — 10^{-12} м.

Одним з основних питань даної теми є фізичний та математичний зміст процесів та змін, що відбуваються при радіоактивному випромінюванні ядрами даних частинок і променів. Тобто потрібно дати відповідь на запитання:

Що ж відбувається з ядром хімічного елемента під час радіоактивного випромінювання?

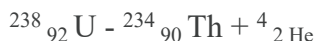
Щоб відповісти на це запитання потрібно скористатися законами збереження електричного заряду та маси, які ми розглянули раніше.

Виходячи з даних законів та властивостей компонентів радіоактивного випромінювання, англійський хімік та фізик Ф. Содді сформулював правила зміщення, які і були названі в його честь.

α -розпад — мимовільний розпад атомного ядра на ядро-продукт і α -частинку (ядро гелія). ${}^4_2\text{He}$

${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{I} + {}^4_2\text{He}$	при α -розпаді: зменшується масове число на 4 одиниці, а зарядове на дві, тобто елемент зміщується в періодичній таблиці на 2 місця вліво (до початку таблиці)
---	---

Приклад:



β -розпад — самочинне випускання електрона з перетворенням в нове атомне ядро

${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{I} + {}^0_{-1}\text{e}$	при β -розпаді, заряд ядра збільшується на одиницю, тому елемент зміщується на одну клітинку вправо (до кінця таблиці)
---	--

Прикла



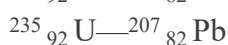
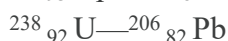
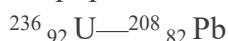
При випромінюванні γ -променів

${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_Z\text{I} + \gamma$	зміщень в таблиці немає
--	-------------------------

Більшість новоутворених ядер є також радіоактивними і потім розпадаються далі.

Радіоактивні ряди — послідовність елементів при радіоактивному розпаді.

В природі відомо 4 ряди:



Розглянемо та проаналізуємо декілька задач щодо α та β розпадів.

3 Навчальне питання Фізичний та математичний зміст закону радіоактивного розпаду. Основні характеристики розпаду та зв'язок між ними

Е. Резерфорд досліджуючи перетворення радіоактивних речовин, установив дослідним шляхом, що їхня активність зменшується з часом. Для кожної радіоактивної речовини існує певний інтервал часу, протягом якого активність зменшується в 2 рази.

Період піврозпаду — T — час, протягом якого розпадається, половина наявних радіоактивних атомів.

Наприклад:

Радій - $T = 1620$ років

Полоній - $T = 140$ діб

Уран - $T = 4,5$ млрд. років

Радон - $T = 3,825$ доби

Знайдемо тепер математичну формулу закону радіоактивного розпаду

N_0 — кількість радіоактивних атомів на початку.

N — кількість радіоактивних атомів через час t .

$N_0 - N = N$ — радіоактивні ядра, що розпадаються за час t

через $t_1 = T : N_1 = N_0/2$,

через $t_2 = T : N_2 = N_0/4$,

через $t_3 = T : N_3 = N_0/8$, тоді в загальному

через $t = nT$ ядер, що не розпалися залишиться $N_0/2^n$, тобто $N = N_0 1/2^n$, оскільки $n = t/T$, то з часом за експоненціальним законом

$N = N_0 2^{-t/T}$ (знак «мінус» означає, що кількість радіоактивних ядер зменшується).

Закон радіоактивного розпаду: за одиницю часу з наявної кількості радіоактивних ядер, завжди розпадається певна їх частина, яку позначають через лямбду і називають сталою розпаду даного радіоактивного елемента.

Фізичний зміст: радіоактивні атоми «не старіють» (з часом швидкість розпаду не змінюється).

Можна лише знайти середній час життя радіоактивних атомів

Ще однією характеристикою радіоактивного розпаду є:

- активність радіоактивної речовини $A = \lambda N$ — це кількість ядер, які розпалися за секунду.

Одиниці вимірювання — 1 Бк (Беккерель)

Закон радіоактивного розпаду справедливий як для кількості ядер, так і для маси радіоактивного препарату.

$$m = m_0 2^{-t/T}$$

Висновки

Радіоактивне опромінення призводить до значного пошкодження живої тканини. Йонізація хімічних речовин в біологічній тканині створює можливість хімічних реакцій, які невластиві для біологічних процесів, й до утворення шкідливих речовин. Пошкодження радіацією ДНК викликає мутації. Робота з радіоактивними речовинами вимагає ретельного дотримання правил техніки безпеки. Радіоактивні речовини позначаються спеціальним символом, наведеним вгорі сторінки.

Радіоактивні речовини зберігаються в спеціальних контейнерах, сконструйованих таким чином, щоб поглинати радіоактивне випромінювання. Великою проблемою є захоронення радіоактивних відходів атомної енергетики.

Питання та завдання до контролю знань студентів

1. Що називають радіоактивністю?
2. Які властивості та природа α , β - частинок, γ -проміння?
3. Сформулюйте правила зміщення α - розпаду?
4. Сформулюйте правила зміщення β - розпаду?
5. Які елементарні частинки випускається при α - та β - розпадах?
6. Які з відомих вам законів збереження виконуються під час радіоактивних перетворень?
7. Що називають періодом піврозпаду радіоактивної речовини? Що він характеризує?
8. Наведіть приклади піврозпаду деяких радіоактивних речовин

Розробив: Дено Н.П.

Розглянуто та схвалено

на засіданні циклової комісії природничо-наукових дисциплін

Протокол № _____ від _____ р.

Голова комісії _____ О.В. Мірошник

Лекція 1

Сучасна модель атома. Протонно-нейтронна модель ядра атома. Ядерні сили. Ізотопи

Мета уроку: сформуванати знання про сучасні погляди на модель атома та атомного ядра, ізотопи, сильну взаємодію нуклонів.

Очікувані результати: учні повинні пояснювати дослід Резерфорда, характеризувати ядерну модель атома та протонно-нейтронну модель атомного ядра, давати означення нуклона, знати, що таке сильна взаємодія, називати основні властивості ядерних сил.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Що ви знаєте про будову речовини?

Яка будова атома?

Яким чином її вдалося встановити?

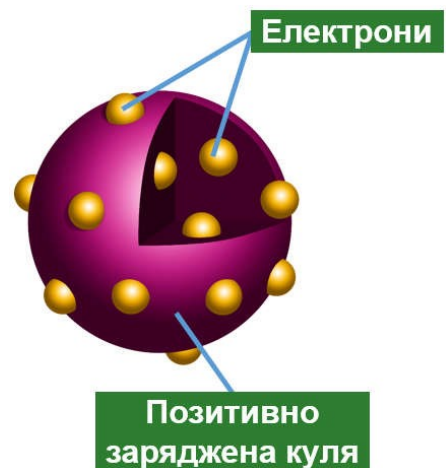
Які гіпотези висувалися для теоретичних і практичних досліджень?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Модель атома Джозефа Томсона

Джозеф Томсон відкрив електрон ще в 1897 р. Виходячи з відомостей про електронейтральність атома, учений створив модель: *атом складається з позитивно зарядженої кулі, заряд якої рівномірно розподілено по всьому об'єму, і негативно заряджених електронів, розміщених у цьому об'ємі*. Модель була схожа на пудинг з родзинками.

Виходячи з моделі атома Томсона, можна було пояснити явища йонізації атомів, електролізу, періодичну систему елементів, але вона не давала змоги пояснити електромагнітні та оптичні явища.



Проблемне питання

- Чи дійсно позитивний заряд розподілений по всьому об'єму атома?

2. Класичний дослід Резерфорда

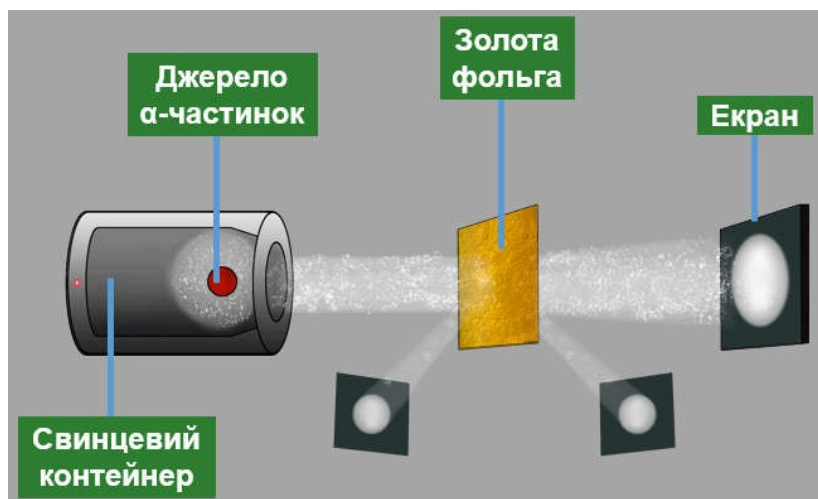
Ернест Резерфорд, Ернест Марсден і Ганс Гейгер у 1908-1911 рр. проводили серію дослідів щодо з'ясування структури атома. Для дослідів учені використали

речовину, із якої з великою швидкістю вилітали позитивно заряджені частинки – так звані α -частинки.

Вузький пучок α -частинок зі свинцевого контейнера спрямовувався на тонку золоту фольгу, а далі потрапляв в екран, покритий шаром кристалів цинк сульфід. Якщо в такий екран улучала α -частинка, то в місці її влучання відбувався слабкий спалах світла. Учені спостерігали спалахи за допомогою мікроскопа та реєстрували влучання α -частинок в екран.

Під час дослідів було виявлено:

- переважна більшість α -частинок проходить крізь золоту фольгу, не змінюючи напрямку руху;
- деякі відхиляються від початкової траєкторії;
- приблизно одна з 20 000 частинок відскакувала від фольги, начебто натикаючись на якусь перешкоду.



Проблемне питання

- Чому деякі α -частинки відскакують від фольги?

Оскільки побачити атом неможливо, то пояснення зміни напрямку руху α -частинок ґрунтувалося на логічних припущеннях.

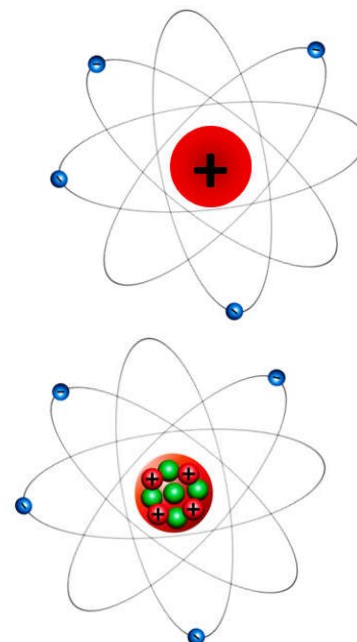
Учений ретельно підрахував кількість частинок, що летіли в кожному з напрямків, а потім за допомогою складного, але переконливого математичного аналізу обґрунтував *ядерну модель атома*.

Ядерна модель будови атома:

- атом складається з позитивно зарядженого ядра, оточеного негативно зарядженими частинками – електронами;
- 99,9% маси і весь позитивний заряд атома зосереджені в ядрі атома;
- розмір ядра порівняно з атомом надзвичайно малий (діаметр атома становить приблизно 10^{-10} м, а ядра – 10^{-15} м).

3. Будова атомного ядра

Атомне ядро складається із частинок двох видів:



- протони (мають позитивний електричний заряд);
- нейтрони (не мають заряду).

Нуклони – це протони й нейтрони, що входять до складу ядра атома.

Нуклонне (масове) число (A) – це сумарна кількість протонів і нейтронів в атомі.

Зарядове (протонне) число (Z) – це кількість протонів у ядрі.

Кількість нейтронів (N) у цьому ядрі: $N = A - Z$.

Нуклід – це вид атомів, який характеризується певним значенням зарядового числа та певним значенням масового числа.

Проблемне питання

- Скільки протонів і нейтронів містить ядро нукліда Титану Ti?

$$A = 48$$

$$Z = 22$$

$$= 48 -$$

$$22 = 26$$

Ізотопи – це різновиди атомів того самого хімічного елемента, ядра яких містять однакове число протонів, але різну кількість нейтронів.

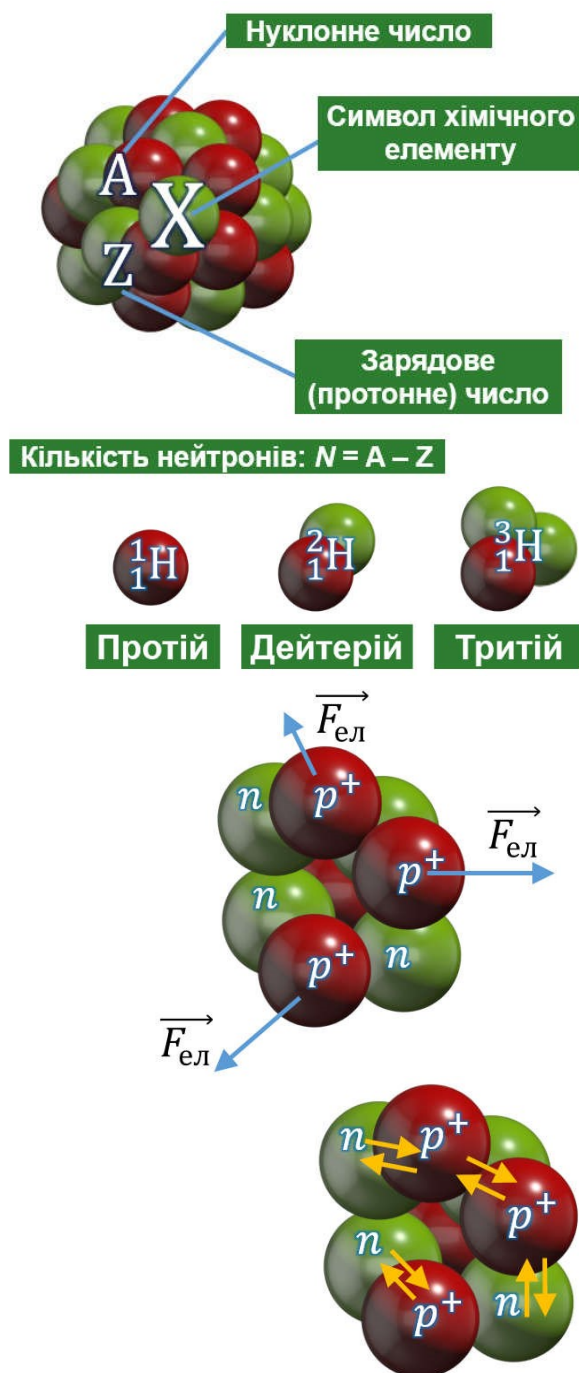
4. Сильна взаємодія

Проблемне питання

- Яким чином у складі одного ядра і на дуже близькій відстані один від одного утримуються протони, адже однойменно заряджені відштовхуються?

Кулонівські (електростатичні) відштовхування намагаються «зруйнувати» ядро.

Ядерні сили – це сили, які діють між протонами й нейтронами в ядрі та забезпечують існування атомних ядер.



Основні властивості ядерних сил:

- 1) *є тільки силами притягання;*
- 2) *є близькодійчими:* вимірювання показали, що ядерні сили між нуклонами виявляються лише на відстанях, які приблизно дорівнюють розмірам нуклона (10^{-15} м);
- 3) *не залежать від заряду:* на однаковій відстані сили, що діють між двома протонами, між двома нейтронами або між протоном і нейтроном, є однаковими;
- 4) *мають властивість насичення:* нуклон виявляється здатним до ядерної взаємодії одночасно лише з невеликою кількістю нуклонів-«сусідів»

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрах атомів Меркурію Hg, Купруму Cu, Германію Ge?

Меркурій

Hg:

$$A = 201$$

$$Z = 80$$

$$= 201 - 80 = 121$$

Купрум

Cu:

$$A = 64$$

$$Z = 29$$

$$= 64 - 29 = 35$$

Германій

Ge:

$$A = 73$$

$$Z = 32$$

$$= 73 - 32 = 41$$

2. Як визначити кількість електронів в атомі?

Атом є електрично нейтральним: сумарний заряд протонів у ядрі дорівнює сумарному заряду електронів, що розташовані навколо ядра. Оскільки заряд протона за модулем дорівнює заряду електрона, то зрозуміло, що в атомі кількість протонів дорівнює кількості електронів.

3. У ядрі атома Броду 35 протонів і 45 нейтронів. Скільки електронів у цьому атомі?

В атомі кількість протонів дорівнює кількості електронів тому в атомі Броду міститься 35 електронів.

4. У ядрі атома Карбону міститься 12 частинок. Навколо ядра рухаються 6 електронів. Скільки в ядрі цього атома протонів і нейтронів?

Оскільки в атомі кількість протонів дорівнює кількості електронів, то

$$Z = 6$$

$$A = 12$$

$$= 12 - 6 =$$

6

5. У ядрі атома певного хімічного елемента 31 протон і 39 нейтронів. Що це за елемент?

$$Z = 31$$

$$= 39$$

$$= A - Z$$

=>

$$A = \quad + Z;$$

$$A = 39 + 31 = 70$$

Галій Ga

6. Чим відрізняються ядра ізоотопів Феруму: Fe; Fe; Fe; Fe?
Ядра ізоотопів Феруму відрізняються кількістю нейтронів.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Опишіть дослід Е. Резерфорда із розсіювання α -частинок та його результати.
2. Із яких частинок складається атом? атомне ядро?
3. Що таке зарядове число? масове число?
4. Як визначити кількість протонів і нейтронів у ядрі? Наведіть приклад.
5. Що таке нуклід?
6. Які нукліди називають ізотопами? Назвіть ізотопи Гідрогену.
7. Який тип взаємодії забезпечує утримання нуклонів у ядрі атома?
8. Дайте означення ядерних сил, назвіть їхні властивості.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 22, Вправа № 22 (1 – 4)

Лекція 2 Радіоактивність. Радіоактивні випромінювання

Мета уроку: сформувані знання про явище радіоактивності, склад радіоактивного випромінювання.

Очікувані результати: учні повинні наводити приклади речовин – радіонуклідів, давати означення радіоактивності, пояснювати дослід із вивчення природи радіоактивного випромінювання, називати види радіоактивних променів, усвідомлювати способи захисту від кожного з видів.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 22.

Бесіда за питаннями

1. Опишіть дослід Е. Резерфорда із розсіяння α -частинок та його результати.
2. Із яких частинок складається атом? атомне ядро?
3. Що таке зарядове число? масове число?
4. Як визначити кількість протонів і нейтронів у ядрі? Наведіть приклад.
5. Що таке нуклід?
6. Які нукліди називають ізотопами? Назвіть ізотопи Гідрогену.
7. Який тип взаємодії забезпечує утримання нуклонів у ядрі атома?
8. Дайте означення ядерних сил, назвіть їхні властивості.

2. Перевірити виконання вправи № 22 (1 – 4)

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Яка будова атома?

Чи може атом одного елементу перетворитися на атом іншого елементу?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Історія відкриття радіоактивності

Один із доказів складної будови атома – явище радіоактивності, відкрите французьким фізиком Анрі Беккерелем (1852 – 1908) у 1896 р. Анрі Беккерель вивчав явище флюоресценції – здатності деяких речовин випускати випромінювання внаслідок дії, зокрема, сонячного світла. Але весна 1896 р. була похмурою, тому досліди довелося відкласти в буквальному значенні в довгий ящик – фотопластинки з досліджуваними мінералами були покладені в ящик лабораторного стола. Нарешті видався сонячний день. Перед новою серією дослідів Беккерель вирішив перевірити якість фотопластинок. Проявивши одну з них, він побачив чіткий силует мінералу у вигляді хреста. Повторивши свої досліди, Беккерель переконався в тому, що *сіль Урану сама, без впливу зовнішніх факторів, випускає невидиме випромінювання.*

Ці промені проникали навіть крізь тонкі металеві пластинки! Причому зовнішні умови: температура, освітленість, тиск, наявність електромагнітного поля – жодним чином не впливали на цю дивну здатність урану. Подальші дослідження показали, що цей вид випромінювання здатний іонізувати повітря.

Радіоактивність – здатність атомів деяких хімічних елементів до мимовільного випромінювання.

Проблемне питання

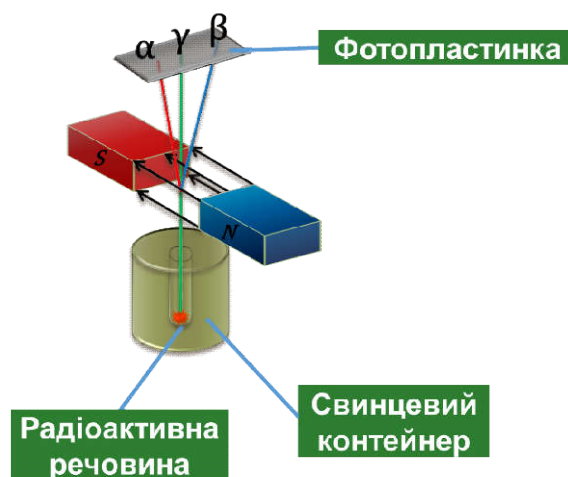
• Чи тільки Уран випускає «промені Беккереля»? (Марія Склодовська-Кюрі (1867–1934) та П'єр Кюрі (1859–1906))

Марія Склодовська-Кюрі перевірила на радіоактивність усі відомі на той час хімічні елементи й виявила, що радіоактивні властивості, окрім Урану, має також Торій. Разом із чоловіком вони відкрили й нові елементи, зокрема Полоній і Радій, які також виявилися радіоактивними. (Радіоактивні елементи були виділені із природних мінералів.)

Згодом виявили, що радіоактивність є властивою всім без винятку нуклідам хімічних елементів, порядковий номер яких більший за 82 ($Z > 82$). Проте й всі інші елементи мають радіоактивні нукліди (природні або одержані штучно).

2. Склад радіоактивного випромінювання

Досліди з вивчення природи радіоактивного випромінювання показали, що радіоактивні речовини можуть випромінювати промені трьох видів. На рисунку зображено схему одного з таких дослідів: пучок радіоактивного випромінювання потрапляє спочатку в сильне магнітне поле постійного магніту, а потім на фотопластинку. Після проявлення фотопластинки на ній чітко видно три темні плями.



α -випромінювання – це потік ядер атомів Гелію .

Швидкість: v_α порядку 10^7 м/с.

Заряд α -частинки: $q_\alpha = +2e$.

Захист: затримуються аркушем паперу завтовшки 0,1 мм.

β -випромінювання – це потік електронів .

Швидкість: v_β близько $3 \cdot 10^8$ м/с.

Заряд β -частинки: $q_\beta = -e$.

Захист: затримуються листом алюмінію завтовшки 1 мм.

γ -випромінювання – це електромагнітні хвилі надзвичайно високої частоти (понад 10^{18} Гц)

Швидкість: $v_\gamma = c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Не заряджене.

Захист: затримується шаром бетону завтовшки декілька метрів.

3. Правила заміщення

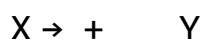
Радіоактивність – здатність ядер радіонуклідів довільно перетворюватися на ядра інших елементів із випромінюванням мікрочастинок.

Правила заміщення:

1. Під час α -розпаду кількість нуклонів у ядрі зменшується на 4, протонів – на 2, тому утворюється ядро елемента, порядковий номер якого на 2 одиниці менший від порядкового номера вихідного елемента.



2. Під час β -розпаду кількість нуклонів в ядрі не змінюється, при цьому кількість протонів збільшується на 1, тому утворюється ядро елемента, порядковий номер якого на одиницю більший за порядковий номер вихідного елемента.



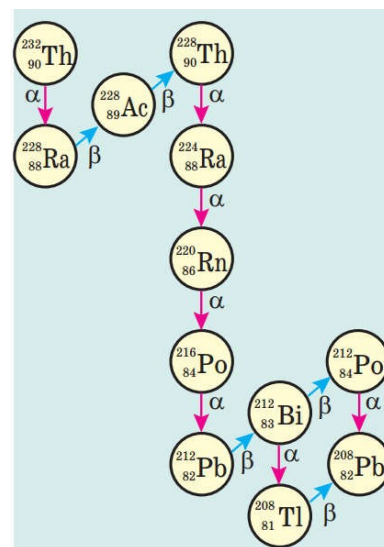
4. Радіоактивні ряди

Проблемне питання

• Після пояснення радіоактивності мрія алхіміків Середньовіччя про перетворення речовин на золото здійснилася?

(Учені з'ясували, що вихідне (материнське) ядро атома радіоактивного елемента X може зазнавати цілої низки перетворень: ядро атома елемента X перетворюється на ядро атома елемента Y, потім на ядро атома елемента Z і т. д., однак у цьому ланцюжку не може бути випадкових «гостей»).

Радіоактивний ряд – це сукупність усіх ізотопів, які виникають у результаті послідовних радіоактивних перетворень даного материнського ядра.



IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Чому радіоактивні препарати зберігають в товстостінних свинцевих контейнерах?

Свинець поглинає більшу частину радіоактивного випромінювання речовини тому зменшується кількість випромінювання, що поширюється від препарату.

2. Який з трьох видів радіоактивного випромінювання – α , β , γ – має найбільшу проникну здатність? має найбільшу іонізуючу здатність?

Найбільшу проникну здатністю мають γ -промені. Найбільшою іонізуючою здатністю володіють α -частинки.

3. Чи змінюються масове число і зарядове число ядра при випусканні ядром γ кванта? Чому?

Хімічні властивості елемента не змінюються при випромінюванні ним γ -кванта, оскільки зарядове число і склад ядра атома не змінюються. Зменшується енергія ядра.

4. Ядро радону Rn випустило α -частинку. В ядро якого елемента перетворилося ядро радону?

$$\begin{aligned} \text{Rn} &\rightarrow \text{He} + \\ Z &= 86 - 2 = 84 \end{aligned}$$

X

$$A = 220 - 4 = 216;$$

X = Po (ізоотп полонію)



5. Ядро якого елемента утворилося з ядра ізоотпу кобальту Co після випускання β -частинки?

$$\begin{aligned} \text{Co} &\rightarrow + \\ Z &= 27 + 1 = 28 \end{aligned}$$

X

$$A = 60;$$

X =

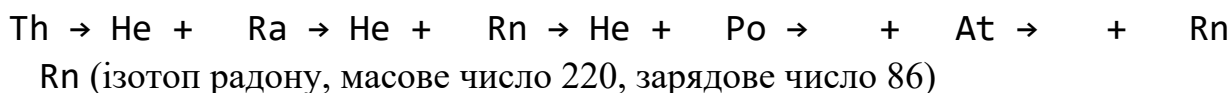
Ni (ізоотп

нікелю)



6. Визначте зарядове і масове число ізоотпу, який вийде із торію Th після трьох α - і двох β -перетворень.

1 спосіб



Rn (ізоотп радону, масове число 220, зарядове число 86)

2 спосіб



$$Z = 90 - 2 - 2 - 2 + 1 + 1 = 86;$$

$$- 4 - 4 - 4 = 220;$$

Rn

$$A = 232$$

$$X =$$

Rn (ізоотоп радону, масове число 220, зарядове число 86)

3 спосіб

$$\text{Th} \rightarrow 3 {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{-1}e + X$$

$$Z = 90 - 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 86; \quad A = 232 - 3 \cdot 4 - 2 \cdot 0 = 220; \quad X =$$

Rn

Rn (ізоотоп радону, масове число 220, зарядове число 86)

7. Який ізоотоп утворюється з урану U після двох β -розпадів і одного α розпаду?

1 спосіб

$$U \rightarrow + \quad \text{Np} \rightarrow + \quad \text{Pu} \rightarrow \text{He} + U$$

(ізоотоп урану)

U

2 спосіб

$$U \rightarrow + + \text{He} + X$$

$$Z = 92 + 1 + 1 - 2 = 92$$

$$239 - 4 = 235$$

A =

X = U

U (ізоотоп урану)

3 спосіб

$$U \rightarrow 2 {}^0_{-1}e + {}^4_2\text{He} + X$$

$$Z = 92 + 2 \cdot 1 - 2 = 92$$

$$239 - 2 \cdot 0 - 4 = 235$$

A =

X = U

U (ізоотоп урану)

8. Скільки α - і β -частинок випускає ядро урану U, перетворюючись в ядро вісмуту Bi?

$$U \rightarrow \text{He} + + \text{Bi}$$

$$233 = 4 \cdot x + 0 \cdot y + 209$$

$$92 = 2 \cdot x - 1 \cdot y + 83$$

$$x = \frac{233 - 209}{4} = 6$$

$$y = 83 + 2 \cdot 6 - 92 = 3.$$

Відбувається шість α - і три β -розпади.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Як було відкрито явище радіоактивності?
2. Наведіть приклади природних радіоактивних елементів.
3. Опишіть дослід із вивчення природи радіоактивного випромінювання.
4. Які види радіоактивного випромінювання ви знаєте?
5. Якою є фізична природа α -; β -; γ -випромінювання?
6. Як захиститися від радіоактивного випромінювання?
7. Наведіть означення радіоактивності.
8. Що відбувається з ядром атома під час випромінювання α -частинки? β частинки?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 23, Вправа № 23 (2 – 4)

Самостійна робота з теми «Сучасна модель атома. Ізотопи. Радіоактивність»

1 варіант

1. Відповідно до ядерної (планетарної) моделі атома в центрі атома знаходиться
(1 бал) а) Негативно заряджене ядро б) Позитивно заряджене ядро в) Електрон

2. Атом (1 бал)

а) Заряджений позитивно

б) Заряджений негативно

в) Електрично нейтральний

3. Ядро атома складається з (1 бал)

а) Протонів і нейтронів б) α -частинок і нейтронів в) Протонів і електронів

4. Число протонів в ядрі називається (1 бал)

а) Масовим числом і позначається буквою A

б) Зарядовим числом і позначається буквою N

в) Зарядовим числом і позначається буквою Z

5. Які з чотирьох ядер атомів хімічних елементів є ізотопами: (1 бал)

U;

Th;

U;

Np

а) U і Np

б) і

в) U і Th

6. Явище радіоактивності відкрито (1 бал)

- а) Антуаном Анрі Беккерелем
- б) Ернестом Резерфордом
- в) Джозефом Джоном Томсоном

7. Радіоактивністю називають здатність до мимовільного випромінювання
(1 бал)

- а) Атомів всіх хімічних елементів
- б) Атомів деяких хімічних елементів**
- в) Молекул деяких речовин

8. β -випромінювання – це (1 бал)

- а) Електромагнітні хвилі надзвичайно високої частоти (понад 10^{18} Гц)
- б) Потік ядер атомів Гелію (He)
- в) Потік швидких електронів**

9. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Торію Th?

(2 бали) Торій Th: $A = 232$
 $Z = 90$
 $= 232 - 90 = 142$

10. Ядро якого елемента утворилося з ядра ізотопу цезію Cs після випускання β - частинки? (2 бали) $\text{Cs} \rightarrow + X$

$Z = 55 + 1 = 58$ $A = 137$
 $X = \text{Ba}$ (Барій) $\text{Cs} \rightarrow + \text{Ba}$

2 варіант

1. Ядерну (планетарну) модель атома запропонував (1 бал)

- а) Джозеф Джон Томсон
- б) Ернест Резерфорд**
- в) Антуан Анрі Беккерель

2. Відповідно до ядерної (планетарної) моделі атома навколо ядра атома рухаються (1 бал)

- а) Електрони, маса яких значно менша за масу ядра**
- б) Електрони, маса яких значно більша за масу ядра
- в) Протони, маса яких приблизно рівна масі ядра

3. Заряд ядра атома (1 бал)

- а) Більший за модуль сумарного заряду електронів
- б) Менший від модуля сумарного заряду електронів
- в) Дорівнює модулю сумарного заряду електронів**

4. Загальна кількість нуклонів в ядрі називається (1 бал)

а) **Масовим числом, позначається буквою А**

б) Масовим числом, позначається буквою N

в) Зарядовим числом, позначається буквою Z

5. Число протонів, нейтронів і їх загальне число пов'язані співвідношенням (1 бал)

а) $N = A + Z$

б) $N = A - Z$

в) $N = Z - A$

6. Ядра атомів ізотопів містять однакову кількість (1 бал)

а) Нейтронів, але різне число протонів

б) Протонів і нейтронів

в) **Протонів, але різне число нейтронів**

7. α -випромінювання – це (1 бал)

а) Електромагнітні хвилі надзвичайно високої частоти (понад 10^{18} Гц)

б) **Потік ядер атомів Гелію**

в) Потік швидких електронів ()

8. γ -випромінювання – це (1 бал)

а) Потік швидких електронів ()

б) **Електромагнітні хвилі надзвичайно високої частоти (понад 10^{18} Гц)**

в) Потік ядер атомів Гелію (He)

9. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрах атомів Нептунію Nr? (2 бали) Нептуній Nr:

$$A = 237$$

$$Z = 93$$

$$= 237 - 93 = 144$$

10. Ядро Торію Th випустило α -частинку. В ядро якого елемента перетворилося ядро торію? (2 бали) $\text{Th} \rightarrow \text{He} + X$;

$$Z = 90 - 2 = 88$$

$$A = 230 - 4 = 226$$

$$X = \text{Ra} \quad (\text{радій})$$

$$\text{Th} \rightarrow \text{He} + \text{Ra}$$

Урок 3

Лекція 3 Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів

Мета уроку: сформувати знання про період радіоактивного розпаду, активність радіонуклідного джерела, застосування радіоактивних ізотопів.

Очікувані результати: учні повинні давати означення періоду радіоактивного розпаду та активності радіоактивної речовини, знати формули для їх обчислення та одиниці в СІ, усвідомлювати застосування радіоактивних ізотопів.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку I.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 23 або самостійну роботу.

Бесіда за питаннями

1. Як було відкрито явище радіоактивності?
 2. Наведіть приклади природних радіоактивних елементів.
 3. Опишіть дослід із вивчення природи радіоактивного випромінювання.
 4. Які види радіоактивного випромінювання ви знаєте?
 5. Якою є фізична природа α -, β -, γ -випромінювання?
 6. Як захиститися від радіоактивного випромінювання?
 7. Наведіть означення радіоактивності.
 8. Що відбувається з ядром атома під час випромінювання α -частинки? β частинки?
2. Перевірити виконання вправи № 23 (2 – 4)

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Чи можна дізнатися, яке саме ядро в певній радіоактивній речовині розпадеться першим?

Яке буде наступним?

Яке розпадеться останнім?

Фізики стверджують, що дізнатися про це неможливо: розпад того чи іншого ядра радіонукліда – подія випадкова. Разом із тим поведінка радіоактивної речовини в цілому підлягає чітко визначеним закономірностям.

ІІІ. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Період піврозпаду

Якщо взяти закриту скляну колбу, що містить певну кількість Радону-220, то виявиться, що приблизно через 56 с кількість радону в колбі зменшиться вдвічі. Ще через 56 с із решти атомів знову залишиться половина і т. д. Отже, зрозуміло, чому інтервал часу 56 с був названий *періодом піврозпаду* Радону-220.

Період піврозпаду $T_{1/2}$ – це фізична величина, що характеризує радіонуклід і дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер даного радіонукліда.

$$\left[\frac{N}{N_0} \right] = 1 \quad \text{с}$$

Період піврозпаду деяких радіонуклідів

Радіонуклід	Період піврозпаду $T_{1/2}$
Йод-131	8 діб
Карбон-14	5700 років
Кобальт-60	5,3 року
Плутоній-239	24 тис. років
Радій-226	1600 років
Радон-220	56 с
Радон-222	3,8 доби
Уран-235	0,7 млрд років
Уран-238	4,5 млрд років
Цезій-137	30 років

2. Активність радіоактивного джерела

Проблемне питання

• Якщо кількість атомів Урану-238 і Радію-226 є однаковою, з якого зразка за 1 с вилетить більше α -частинок?

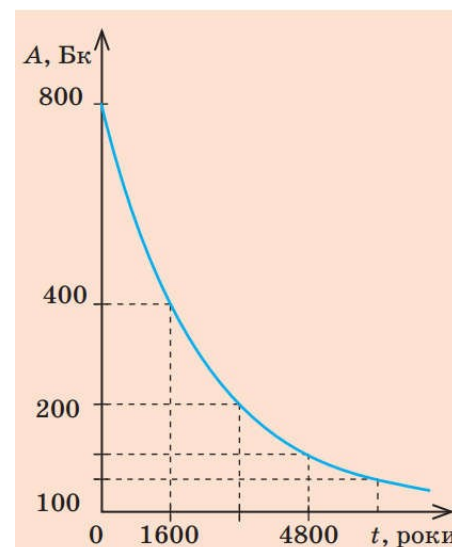
(Періоди піврозпаду даних радіонуклідів відрізняються майже у 3 млн разів, за той самий час у зразку радію відбудеться набагато більше α -розпадів, ніж у зразку урану)

Активність радіоактивного джерела – це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіоактивному джерелі за одиницю часу.

Одиниця активності в СІ – бекерель.

1 Бк – це активність такого радіоактивного джерела, в якому за 1 с відбувається 1 акт розпаду:

розп



$$[\quad] = 1 \text{ Бк} = 1 \frac{1}{\text{с}} = 1 \text{ с}^{-1}$$

Позасистемна одиниця активності – **кюри (Ки)**:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$$

Якщо зразок містить *атоми лише одного радіонукліда*, то активність цього зразка можна визначити за формулою:

$$A = \lambda N$$

N – кількість атомів радіонукліда в зразку на даний час λ – стала радіоактивного розпаду радіонукліда

$$\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}} ; \quad [\lambda] = \text{с}^{-1}$$

З плином часу в радіоактивному зразку кількість ядер радіонуклідів, що не розпалися, зменшується, відповідно й зменшується й активність зразка.

3. Застосування радіоактивних ізотопів

Два напрями використання радіоактивних ізотопів:

1. Використання радіоактивних ізотопів як індикаторів.

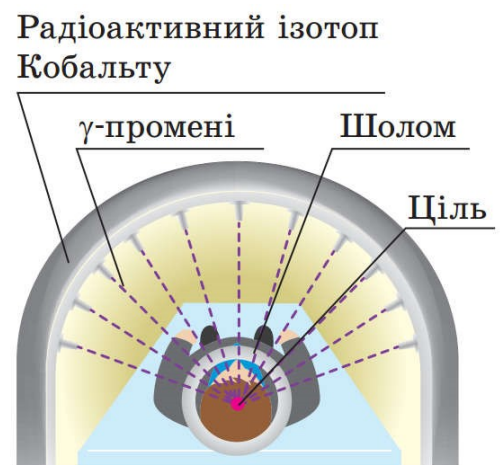
Радіоактивність є своєрідною міткою, за допомогою якої можна виявити наявність елемента, простежити за поведінкою елемента під час фізичних і біологічних процесів.

Наприклад, щоб з'ясувати, як рослини засвоюють фосфорні добрива, до цих добрив додають радіоактивний ізотоп Фосфору, а потім досліджують рослини на радіоактивність і виявляють кількість засвоєного фосфору.

2. Використання радіоактивних ізотопів як джерел γ -випромінювання.

Розглянемо кілька прикладів.

а) Використання γ -випромінювання для лікування онкозахворювань. Щоб γ -промені не знищували здорові клітини, використовують декілька слабких пучків γ -променів, які фокусуються на пухлині.



б) Застосування радіоактивних ізотопів для діагностики захворювань. За кількістю йоду в щитоподібній залозі зручно стежити за допомогою його γ -радіоактивного ізотопу. Якщо щитоподібна залоза в нормі, то через певний час після введення в організм Йоду-131 γ -випромінювання від нього матиме певну оптимальну інтенсивність. А от якщо щитоподібна залоза функціонує з відхиленням від норми, то інтенсивність γ -випромінювання буде аномально

високою або, навпаки, низькою. Аналогічний метод застосовують для досліджування обміну речовин в організмі, виявлення пухлин.

в) *Визначення віку стародавніх предметів.* Поки тварина або рослина живі, вміст радіоактивного Карбону в них залишається незмінним. Після припинення життєдіяльності організму кількість радіоактивного Карбону починає зменшуватися, зменшується й активність β -випромінювання. Знаючи, що період піврозпаду Карбону С становить 5700 років, можна визначити вік археологічних знахідок.

г) *Застосування γ -випромінювання в техніці.* Гамма-дефектоскопи, за допомогою яких перевіряють, наприклад, якість зварених з'єднань. Завдяки тому що γ -промені по-різному поглинаються масивною сталлю і сталлю з порожнинами, гамма-дефектоскоп «бачить» тріщини всередині металу, а отже, виявляє брак ще на стадії виготовлення конструкції.

д) *Знищення мікробів за допомогою радіації.* Певна доза опромінення вбиває організми. Але ж не всі вони корисні для людини. Так, медики невпинно працюють над тим, щоб позбутися хвороботворних мікробів. Такі процедури називають дезінфекцією та стерилізацією.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Період піврозпаду Йод-131 дорівнює 8 діб. Чому рівна стала радіоактивного розпаду даного радіонукліда? *Розв'язання*

Дано:

$$T_{1/2} = 8 \text{ діб}$$

$$= 6,912 \cdot 10^5 \text{ с}$$

λ – ?

$$= 6,912 \cdot 10^5 \text{ с}$$

$$8 \text{ діб} = 8 \cdot 24 \text{ год} = 8 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 691200 \text{ с}$$

$$\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}} \quad [\lambda] = \frac{1}{\text{с}} = 1 \text{ с}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{0,69}{6,912 \cdot 10^5} = 0,0998 \cdot 10^{-5} = 9,98 \cdot 10^{-7} (\text{с}^{-1})$$

Відповідь: $\lambda = 9,98 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$.

2. Стала розпаду радіоактивного Кобальту-60 рівна $4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Визначте інтервал часу, за який первинна кількість радіоактивних атомів скоротиться удвічі.

Дано:

$$= 4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

/ - ?

Розв'язання

$$\lambda = \frac{0,69}{T} \Rightarrow \frac{0,69}{\lambda} = T$$

/] = T

$$= \frac{0,69}{4,15 \cdot 10^{-9}} \approx 0,166 \cdot 10^9 \text{ (с)}$$

$$0,166 \cdot 10^9 \text{ с} = 0,166 \cdot 10^9 \cdot 3,16887646 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 5,3 \text{ роки}$$

Відповідь: / $\approx 5,3$ роки .

3. Інтервал часу, за який кількість радіоактивних атомів Радію-226 скоротилася вдвічі, у 53 рази більший за аналогічний інтервал часу для радіоактивних атомів Цезію-137. У якого з цих елементів більша стала радіоактивного розпаду? у скільки разів більша?

Дано:

$$\frac{T_{1/2 \text{ Рад.}}}{T_{1/2 \text{ Цез.}}} = 53$$

$$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = ?$$

Розв'язання

$$\text{Цез.} = \frac{0,69}{T_{\text{Цез.}}} \quad \text{Рад.} = \frac{0,69}{T_{\text{Рад.}}}$$

$$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{T_{\text{Рад.}}}{T_{\text{Цез.}}} = 53$$

$$\frac{0,69}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{0,69}{\lambda_{\text{Цез.}}} = 53$$

$$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{T_{\text{Рад.}}}{T_{\text{Цез.}}} = 53$$

$$\frac{\lambda_{\text{Цез.}}}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{0,69}{\lambda_{\text{Рад.}}} = \frac{0,69}{\lambda_{\text{Цез.}}} = 53$$

Відповідь:

Рад.

_____ Цез. = 53, для цезію стала радіоак

розпаду в 53 рази більша ніж для радію.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Дайте означення періоду піврозпаду. Що характеризує ця фізична величина?

2. Що таке активність радіоактивного джерела?

3. Яка одиниця активності в СІ?

4. Як активність радіонукліда пов'язана зі сталою його розпаду?

5. Чи змінюється з часом активність радіонукліда? Якщо змінюється, то чому і як?

6. *Наведіть приклади використання радіоактивних ізотопів.*

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 24, Вправа № 24 (1)

Лекція 5 Розв'язування задач з теми «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів»

Мета уроку: закріпити знання за темою «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Очікувані результати: учні повинні вміти розв'язувати задачі різних типів за темою «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів».

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

1. Провести бесіду за матеріалом § 24

Бесіда за питаннями

1. Дайте означення періоду піврозпаду. Що характеризує ця фізична величина?

2. Що таке активність радіоактивного джерела?

3. Яка одиниця активності в СІ?

4. Як активність радіонукліда пов'язана зі сталою його розпаду?

5. Чи змінюється з часом активність радіонукліда? Якщо змінюється, то чому і як?

6. Наведіть приклади використання радіоактивних ізотопів.

2. Перевірити виконання вправи № 24 (1)

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Стала розпаду ядер атомів радіоактивного Торію-229 дорівнює $3 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$

1. Якою є активність радіоактивного препарату, якщо в ньому міститься $1,5 \cdot 10^{28}$ атомів Торію-229?

$$\lambda = 3 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$$

$$N = 1,5 \cdot 10^{28}$$

$$A = ?$$

Дано:

Розв'язання

$$= \lambda N \quad [A] = \text{с}^{-1} \cdot 1 = \text{Бк}$$

$$= 3 \cdot 10^{-12} \cdot 1,5 \cdot 10^{28} = 4,5 \cdot 10^{16} \text{ (Бк)}$$

$$\text{Відповідь: } = 4,5 \cdot 10^{16} \text{ Бк.}$$

2. Стала розпаду радіоактивного Урану-235 дорівнює $3,14 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$.

Скільки атомів Урану-235 міститься в радіоактивному препараті, якщо його активність складає 157 Бк?

Дано: **Розв'язання**

$$= 157 \text{ Бк}$$

$$3,14 \cdot 10$$

— ?

$$= \lambda$$

$\Rightarrow$

$$= \frac{A}{\lambda} \quad [N] = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = 1$$

$$= \frac{157}{3,14 \cdot 10^{-17}} = 50 \cdot 10$$

Відповідь: $= 5 \cdot 10$ атомів.

3. Стала розпаду радіоактивного Торію-230 дорівнює $2,7 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1}$. Скільки розпадів відбудеться за 10 с у радіоактивному препараті Торію-230, якщо в ньому міститься $7,5 \cdot 10^{24}$ атомів? Активність Торію-230 протягом цього часу вважайте незмінною.

Дано:

$$= 10 \text{ с}$$

$$2,7 \cdot 10$$

$$= 7,5 \cdot 10$$

$$\text{розп.} =$$

$$?$$

Розв'язання

Оскільки кількість ядер, що розпалися за 1 секунду, дорівнює активності препарату, то знаючи активність A , знайдемо скільки ядер розпалося за 10 с.

$$\text{розп.} =$$

$$\text{розп.} = \text{с}^{-1} \cdot 1 \cdot \text{с} = 1$$

$$\text{розп.} = 2,7 \cdot 10 \cdot 7,5 \cdot 10 \cdot 10 = 20,25 \cdot 10$$

Відповідь: $\text{розп.} = 2 \cdot 10$.

4. Активність препарату Радону на початку дослідів становила 1500 Бк. Якою стане активність цього препарату коли розпадається 75 % всіх атомів Радону?

Дано: Розв'язання

$$= 1500$$

$$= 0,25$$

$$\text{Бк} = \lambda$$

$$\frac{A_0}{A} = \frac{N_0}{N} = 4 \Rightarrow A = \frac{A_0}{4} = \frac{1500 \text{ Бк}}{4} = 375 \text{ Бк}$$

Відповідь: $= 375 \text{ Бк}$.

5. Період напіврозпаду Цезію-137 дорівнює 30 рокам. Яка частина атомів цього ізотопу залишиться після 180 років?

Дано:

$$T_{1/2} = 30 \text{ років}$$

$$t = 180 \text{ років}$$

$$\frac{N}{N_0} = ?$$

Розв'язання

$$180$$

років

$$\text{розп.} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{розп.} = 30 \quad \text{років} = 6$$

/

За час, який дорівнює періоду напіврозпаду, кількість радіоактивного елемента зменшується в 2 рази. Тобто кількість атомів Цезію-137 зменшилася у $2^6 = 64$ рази.

Відповідь: $\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

VI. Домашнє завдання

Повторити § 24, Вправа № 24 (2, 4)

Лекція 6 Розв'язування задач з теми «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів»

Мета уроку: закріпити знання за темою «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Очікувані результати: учні повинні вміти розв'язувати задачі різних типів за темою «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів».

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, Періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Перевірити виконання вправи № 24 (2, 4)

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. На даний момент часу у радіоактивному зразку міститься 0,1 моля Плутонію 239. Визначте активність Плутонію в цьому зразку, якщо стала розпаду дорівнює

Дано: $\nu =$ $0,1 \text{ моль}$ $\lambda = 9,01 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1}$ $= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \text{ с}^{-1}$ - ?	Розв'язання $A = \lambda \cdot N$ $A = 9,01 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1} \cdot 0,1 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ $A = 5,4 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
---	---

Відповідь: $= 5,4 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

$m = 0,2 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$
 $\lambda = 3,14 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

M

10^{-3}

моль

$A = ?$

2. У радіоактивному зразку міститься 0,2 г Урану-235. Визначте активність Урану в цьому зразку. Активність зразка вважайте постійною. Стала розпаду радіоактивного Урану-235 дорівнює $3,14 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$.

Дано:

Розв'язання

λ

$$A = \frac{3,14 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{235 \cdot 10^{-3} \text{ кг моль}^{-1}}$$

$$= 1,6 \cdot 10^4 \text{ (Бк)}$$

$$v = \frac{m}{M} \Rightarrow A = \frac{m N_A}{M}$$

$$= 6,02 \cdot 10^{23} \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 6,02 \cdot 10^4 \text{ Бк}$$

Відповідь: $= 1,6 \cdot 10^4 \text{ Бк}$.

3. Визначте масу Радію-226, якщо його активність становить 5 Кі. Стала радіоактивного розпаду Радію-226 дорівнює $1,37 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}$.

Дано:

Розв'язання

$$A = 5 \text{ Кі} = 5 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} = \lambda N_A$$

$$N_A = \frac{A}{\lambda} = \frac{5 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}}{1,37 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}} = 1,37 \cdot 10^{22} \text{ моль}^{-1}$$

$$M = \frac{m N_A}{A} = \frac{m \cdot 1,37 \cdot 10^{22} \text{ моль}^{-1}}{5 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}} = 226 \text{ г}$$

Відповідь: $= 5,1 \text{ г}$.

4. Кількість радону зменшилася у 8 разів за 11,4 доби. Чому дорівнює період напіврозпаду Радону?

Дано:

$$\frac{N_0}{N} = 8$$

$$t = 11,4 \text{ доби}$$

$$T_{1/2} = ?$$

Розв'язання

$$/ = \text{---} \text{ розп.}$$

За час, який дорівнює періоду напіврозпаду, кількість радіоактивного елемента зменшується в 2 рази. У цьому випадку пройшло три таких цикли $8 = 2^{\text{розп.}}$ = 3

$$11,4 \text{ доби}$$

$$/ = \text{---} 3 = 3,8 \text{ доби}$$

Відповідь: / = 3,8 доби.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

VI. Домашнє завдання

Повторити § 24, Вправа № 24 (3, 5)

Самостійна робота з теми «Активність радіоактивної речовини. Застосування радіоактивних ізотопів»

1 варіант

- Якою буквою позначається активність радіоактивного джерела? (1 бал)
а) λ б) $T_{1/2}$ в) A г) N
- За якою формулою визначають сталу радіоактивного розпаду? (1 бал)

а) $= \frac{\text{---}}{\text{---}}$, б) $= \lambda$ в) $= \text{---}$ г) $\lambda = \frac{\text{---}}{\text{---}}$

3. Фізична величина, що характеризує радіонуклід і дорівнює часу, протягом якого розпадається половина наявної кількості ядер даного радіонукліда. (1 бал)

- Стала радіоактивного розпаду радіонукліда
- Період піврозпаду**
- Активність радіоактивного джерела
- Кількість атомів радіонукліда в зразку на даний час

- Як змінюється активність радіоактивного препарату з часом? (2 бали)

Активність радіоактивного препарату з часом зменшується, тому що з плином часу в радіоактивному зразку кількість ядер радіонуклідів, що не розпалися, зменшується.

5. Знайдіть активність зразка, у якому міститься 10^{10} ядер Плутонію-239.

Стала розпаду радіоактивного Плутонію-239 рівна $9,01 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1}$. (2 бали)

Дано:

$$= 10$$

$$= 9,01 \cdot 10$$

— ?

с

Розв'язання

$$= \lambda$$

$$[A] = \text{с}^{-1} \cdot 1 = \text{Бк}$$

$$= 9,01 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{10} = 9,01 \cdot 10^{-3} (\text{Бк})$$

Відповідь: $= 9,01 \cdot 10 \text{ Бк}$.

6. Стала розпаду радіоактивного Урану-235 рівна $3,14 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$. Визначте інтервал часу, за який первинна кількість радіоактивних атомів скоротиться удвічі.

Дано:

$$= 3,14 \cdot 10$$

/ — ?

с

(2 бали)
Розв'язання

$$\lambda = \frac{0,69}{T} \Rightarrow = \frac{0,69}{\lambda}$$

$$[T_{1/2}] = \frac{1}{-1} =$$

с

с

/

$$= \frac{0,69}{3,14 \cdot 10^{-17}} \approx 0,22 \cdot 10^{17} (\text{с})$$

$$0,22 \cdot 10^{17} \text{ с} = 0,22 \cdot 10^{17} \cdot 3,16887646 \cdot 10^{-8} \text{ роки} \approx 0,7 \cdot 10^9 \text{ років}$$

млрд

Відповідь: / $\approx 0,7 \text{ млрд років}$.

7. Стала розпаду радіоактивного Плутонію-238 дорівнює $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ с}^{-1}$. Унаслідок розпаду кожного ядра виділяється енергія $W_0 = 8,8 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$. Скільки енергії виділяється за 24 год в зразку, що містить 10 мг Плутонію-238? Активність Плутонію-238 протягом цього часу вважайте незмінною. (3 бали)

$$= 2,6 \cdot 10 \text{ с}$$

$$= 8,8 \cdot 10$$

$$\lambda = 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$W_0 = 8,8 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

$$t = 24 \text{ год} = 8,4 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$m = 6,02 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

$$M = 238 \text{ г/моль}$$

$$= 238 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Розв'язання

Оскільки кількість ядер, що розпалися за 1 секунду, дорівнює активності препарату, то знаючи активність A , знайдемо скільки ядер розпалося за 24 год.

= розп.

= λ

$$\begin{aligned} \text{розп.} &= \frac{A \cdot t}{M} = \frac{2,6 \cdot 10^{-10} \cdot 8,4 \cdot 10^4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,8 \cdot 10^{-13}}{238 \cdot 10^{-3}} \\ &= \frac{115,7}{238 \cdot 10^{-3}} \approx 0,49 \cdot 10^3 (\text{Дж}) \\ &\approx 490 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Відповідь:

2 варіант

- Якою буквою позначається період піврозпаду? (1 бал)
 - λ
 - $T_{1/2}$
 - A
 - N
- За якою формулою визначають активність радіоактивного джерела? (1 бал)

$$\text{а) } \lambda = \frac{\quad}{\quad},$$

$$\text{б) } =$$

$$\text{в) } = -$$

$$\text{г) } \lambda = \frac{\quad}{\quad},$$

3. Фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості розпадів, що відбуваються в певному радіоактивному джерелі за одиницю часу. (1 бал)

а) Стала радіоактивного розпаду радіонукліда

б) Період піврозпаду

в) Активність радіоактивного джерела

г) Кількість атомів радіонукліда в зразку на даний час

4. Як змінюється кількість атомів радіоактивного препарату з часом? (2 бали)

З плином часу в радіоактивному зразку кількість ядер радіонуклідів, що не розпалися, зменшується.

5. Період піврозпаду Цезію-137 дорівнює 30 років. Чому рівна стала радіоактивного розпаду даного радіонукліда? (1 рік = 31536000 с). (2 бали)

Дано:

$$T_{1/2} = 30 \text{ років}$$

$$= 9,46 \cdot 10^8 \text{ с}$$

$$\lambda = ?$$

Розв'язання

$$30 \text{ років} = 30 \cdot 31536000 \text{ с} = 946080000 \text{ с}$$

$$= 9,46 \cdot 10^8$$

$$\lambda = \frac{0,69}{T_{1/2}} \quad [\lambda] = \frac{1}{\text{с}} = 1 \text{ с}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{0,69}{9,46 \cdot 10^8} = 0,073 \cdot 10^{-8} = 7,3 \cdot 10^{-10} (\text{с}^{-1})$$

$$\text{Відповідь: } \lambda = 7,3 \cdot 10^{-10} \text{ с}^{-1}.$$

6. Стала розпаду радіоактивного Кобальту-60 дорівнює $4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Скільки атомів Кобальту-60 міститься в радіоактивному препараті, якщо його активність складає 166 Бк? (2 бали)

Дано:

$$A = 166 \text{ Бк}$$

$$4,15 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$$

$$N = ?$$

Розв'язання

$$A = \lambda N$$

$$\Rightarrow$$

$$N =$$

$$\lambda$$

$$\text{Бк} \cdot \text{с}$$

$$[N] = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = \frac{1}{\text{с}^{-1}} = 1$$

$$= \frac{166}{4,15 \cdot 10^{-9}} = 40 \cdot 10$$

Відповідь: $= 4 \cdot 10$ атомів.

7. Стала розпаду Йоду-131 дорівнює приблизно 10^{-6} с^{-1} , а Кобальту-60 – приблизно $4 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Для якого з цих елементів період напіврозпаду більший? У скільки разів? (3 бали)

Дано:

$$\text{Йод} = 10 \text{ с}$$

$$\text{Коб.} = 4 \cdot 10$$

$$\frac{T_{1/2 \text{ Коб.}}}{T} = ?$$

/ Йод

Розв'язання

$$\frac{0,69}{\text{Коб.}} = \frac{0,69}{\text{Йод}}$$

$$/ \text{Йод} =$$

Коб.

Йод

$$\frac{0,69}{\text{Коб.}} = \frac{0,69}{\text{Йод}}$$

$$\frac{T_{1/2}}{T} = \frac{10^{-6} \text{ с}^{-1}}{4 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}} = 0,25 \cdot 10^3 = 250$$

$$/ \text{Йод} = 4 \cdot 10 \text{ с}$$

Відповідь: $\frac{0,69}{\text{Коб.}} = 250$, для кобальту період

напіврозпаду більший в 250 разів ніж для йоду.

Лекція 7 Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання.

Природний радіоактивний фон. Дозиметри

Мета уроку: сформувати знання про йонізаційну дію радіації, величини, що її вимірюють, про природний радіаційний фон, дозиметри як фізичні прилади.

Очікувані результати: учні повинні усвідомити вплив радіоактивного випромінювання на організм; знати означення величин, що характеризують йонізуюче випромінювання (поглинута й еквівалентна дози випромінювання), наводити формули для їх обчислення та одиниці в СІ; знати джерела радіаційного

фону; ознайомитись із побутовим дозиметром як приладом для вимірювання доз йонізуючого випромінювання.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, побутові дозиметри (радіометри).

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Які види радіоактивного випромінювання ви знаєте?

Як впливають радіоактивні речовини на організм людини?

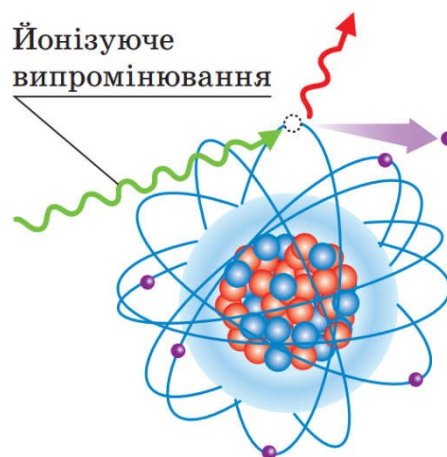
III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Вплив йонізуючого випромінювання на організм

Потрапляючи в речовину, радіоактивне випромінювання передає їй енергію.

Йонізуюче випромінювання – це випромінювання, взаємодія якого з речовиною призводить до йонізації її атомів і молекул.

Унаслідок поглинання енергії йонізуючого випромінювання електрон вилітає з атома й атом перетворюється на позитивний йон.



Йонізація атомів і молекул тканин призводить до пошкодження клітин і зміни структури тканин.

Радіоактивне опромінення призводить до порушень функцій органів:

- зростають крихкість і проникність судин;
- знижується опірність організму;
- відбувається розлад діяльності шлунково-кишкового тракту; - порушуються функції кровотворних органів; - нормальні клітини перероджуються на злоякісні.

2. Характеристика йонізуючого випромінювання

Проблемне питання

- Як охарактеризувати йонізуюче випромінювання?

Поглинута доза йонізуючого випромінювання (D) – це відношення енергії W йонізуючого випромінювання, поглинутої речовиною, до маси m цієї речовини.

$$= \frac{W}{m}$$

Одиниця поглинутої дози в СІ – **грей** (на честь англійського фізика Льюїса

Гарольда Грея (1905–1965))

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] = 1 \quad \frac{\text{Гр}}{\text{кг}} = 1$$

Проблемне питання

- Чи однаковим є біологічний вплив різних видів випромінювання на організми за однакової поглинутої дози? (Неоднаковий. Наприклад, за однакової енергії α випромінювання значно небезпечніше, ніж β - або γ -випромінювання.)

Еквівалентна доза йонізуючого випромінювання (H) – це фізична величина, яка характеризує біологічний вплив поглинутої дози йонізуючого випромінювання.

=

D – поглинута доза;

K – коефіцієнт якості (характеризує небезпечність даного виду випромінювання: чим більший коефіцієнт якості, тим небезпечнішим є випромінювання).

Одиниця еквівалентної дози в СІ – **зіверт** (на честь шведського вченого Рольфа Максиміліана Зіверта (1896–1966))

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] = 1 \text{ Зв}$$

Коефіцієнти якості деяких видів йонізуючого випромінювання

Вид випромінювання	Коефіцієнт якості (K)
α -випромінювання	20
β -випромінювання	1
γ -випромінювання	1
Нейтрони	5 – 10
Протони	5

Доза йонізуючого випромінювання залежить від часу опромінення: чим більший час опромінення, тим більшою є доза випромінювання.

Потужність дози йонізуючого випромінювання (P_D) – це відношення дози йонізуючого випромінювання D до часу опромінення t .

= —

Одиниця потужності дози йонізуючого випромінювання в СІ – **грей на секунду**

$$\left[\frac{\text{Гр}}{\text{с}} \right] = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

3. Особливості впливу радіації

Особливості впливу радіації (зовнішнє опромінення):

- Найбільш чутливими до радіації є ті клітини, що швидко діляться (першим відчуває дію радіоактивного випромінювання кістковий мозок, унаслідок чого порушується процес кровотворення).
- Різні типи організмів мають різну чутливість до радіоактивного випромінювання (найстійкішими до радіації є одноклітинні).
- Наслідки впливу однакової поглинутої дози випромінювання залежать від віку організму.

Особливості впливу радіації (внутрішнє опромінення):

- Деякі радіонукліди здатні вибірково накопичуватися в окремих органах (30 % йоду накопичується в щитоподібній залозі, маса якої становить лише 0,03 % маси тіла людини. Радіоактивний йод, таким чином, усю свою енергію віддає невеликому об'єму тканини).
- Внутрішнє опромінення є тривалим (радіонуклід, який потрапив в організм, не відразу виводиться з нього, а зазнає низки радіоактивних перетворень усередині організму. При цьому виникає радіоактивне випромінювання, яке йонізує молекули й цим змінює їхню біохімічну активність).

4. Радіаційний фон

Радіаційний фон – йонізуюче випромінювання земного та космічного походження. (будівельні матеріали 1,4 мЗв; ядерні випробування 0,025 мЗв; атомна енергетика 0,002 мЗв; медичні дослідження 1,4 мЗв; телевізори та монітори 0,001 мЗв; космічне випромінювання 0,35 мЗв; зовнішнє природне опромінення 0,35 мЗв).

Природний радіаційний фон – це випромінювання природних радіонуклідів і космічне випромінювання.

У результаті діяльності людини радіаційний фон Землі значно змінився – відбулося *техногенне підвищення радіаційного фону*.

5. Дозиметр

Дозиметр – прилад для вимірювання дози йонізуючого випромінювання, отриманого приладом (і тим, хто ним користується) за деякий інтервал часу.

Радіометр (або дозиметр другого типу) – прилад для вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання від певного джерела (рідини, газу, забрудненої поверхні).



Будова дозиметра:

Детектор – пристрій, що слугує для реєстрації йонізуючого випромінювання. У разі потрапляння йонізуючого випромінювання на детектор виникають електричні сигнали (імпульси струму або напруги), які зчитує *вимірювальний пристрій*. Дані про дозу йонізуючого випромінювання подаються на *вихідний пристрій* (виводяться на дисплей дозиметра); інформація про підвищення радіації може подаватися світінням, звуковим сигналом.



IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Чи є на Землі місця, де немає природного радіоактивного фону?

Таких місць на поверхні Землі немає, тому що природний радіоактивний фон переважно створюється за рахунок космічного випромінювання.

2. Де природний радіоактивний фон вищий: поблизу гранітних кар'єрів чи на поверхні моря?

Поблизу гранітних кар'єрів природний радіоактивний фон вищий. Над поверхнею морів і океанів середній радіаційний фон зменшується більш ніж удвічі в порівнянні з поверхнею суші за рахунок екрануючих властивостей шару води.

3. Як буде змінюватися природний радіоактивний фон в міру підняття на повітряній кулі?

Природний радіоактивний фон в міру підняття на повітряній кулі буде збільшуватися за рахунок космічного випромінювання.

4. Тіло людини масою 75 кг протягом року поглинуло радіоактивне випромінювання з енергією 0,3 Дж. Визначте поглинуту дозу випромінювання.

Дано:

$$m = 75 \text{ кг}$$

$$W = 0,3 \text{ Дж}$$

$$D = ?$$

Розв'язання

Дж

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] = \quad = \text{Гр}$$

$$= \frac{0,3}{75} = 0,004 \text{ (Гр)}$$

Відповідь: $= 4 \text{ мГр.}$

5. Під час роботи з радіоактивними препаратами лаборант піддається опроміненню з потужністю поглиненої дози 0,02 мкГр/с. Яку дозу опромінення отримує лаборант впродовж робочої зміни тривалістю 4 години?

Дано:

$$P_D = 0,02 \frac{\text{мкГр}}{\text{с}}$$

$$= 2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$t = 4 \text{ год}$$

$$= 14,4 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$D - ?$$

Розв'язання

$$= \frac{D}{t} \Rightarrow$$

$$= \text{Гр}$$

$$[] = \text{с} = \text{Гр}$$

с

$$= 2 \cdot 10 \cdot 14,4 \cdot 10 = 28,8 \cdot 10 (\text{Гр})$$

Відповідь: = 0,29 мГр.

6. Безпечною еквівалентною дозою йонізуючого опромінення є 15 мЗв за 1 рік.

Якій потужності поглиненої дози для γ-випромінювання це відповідає?

Дано: Розв'язання

$$= 15$$

$$= 15 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$= 1 \text{ рік}$$

$$\text{мЗв } 1 \text{ рік} = 365 \text{ діб} = 365 \cdot 24 \text{ год} = 365$$

$$= 31536000 \text{ с} = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$= 3,1536 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$K = 1$$

$$P_D - ?$$

$$=$$

$$= \frac{\text{Зв}}{Kt}; [P_D] = \frac{\text{Гр}}{1 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$\approx 4,76 \cdot 10$$

$$\frac{15 \cdot 10}{1 \cdot 3,1536 \cdot 10} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

Відповідь: $\approx 4,76 \cdot 10 \text{ Гр. с}$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. У чому виявляється біологічна дія радіації на організми?
2. Дайте означення поглинутої дози йонізуючого випромінювання. Якою є її одиниця в СИ?

3. Як обчислюють еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання? Якою є її одиниця в СИ?

4. Якими є особливості впливу радіації? Чим зумовлена підвищена небезпека радіонуклідів, що потрапили в організм?

5. Назвіть причини, через які ви завжди і незалежно від того, де живете, зазнаєте впливу радіації.

6. Що таке радіаційний фон? Із яких компонентів він складається?

7. Назвіть джерела радіаційного фону Землі.

8. Для чого призначені дозиметри? Яким є принцип їхньої дії?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 25, Вправа № 25 (1, 2)

Лекція 8 Розв'язування задач з теми «Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання. Природний радіоактивний фон. Дозиметри»

Мета уроку: закріпити знання за темою «Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання. Природний радіоактивний фон. Дозиметри», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Очікувані результати: учні повинні вміти розв'язувати задачі різних типів за темою «Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання. Природний радіоактивний фон. Дозиметри».

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

1. Провести бесіду за матеріалом § 25

Бесіда за питаннями

1. У чому виявляється біологічна дія радіації на організми?

2. Дайте означення поглинутої дози йонізуючого випромінювання. Якою є її одиниця в СИ?

3. Як обчислюють еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання? Якою є її одиниця в СИ?

4. Якими є особливості впливу радіації? Чим зумовлена підвищена небезпека радіонуклідів, що потрапили в організм?

5. Назвіть причини, через які ви завжди і незалежно від того, де живете, зазнаєте впливу радіації.

6. Що таке радіаційний фон? Із яких компонентів він складається?
 7. Назвіть джерела радіаційного фону Землі.
 8. Для чого призначені дозиметри? Яким є принцип їхньої дії?
2. Перевірити виконання вправи № 25 (1, 2)

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. У результаті внутрішнього опромінення кожен грам живої тканини поглинув 10^8 α -частинок. Визначте еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання, якщо енергія кожної α -частинки дорівнює $8,3 \cdot 10^{-13}$ Дж.

Дано:

$$= 10^8$$

$$= 1 \text{ г} = 10 \text{ кг}$$

$$= 8,3 \cdot \text{Дж}$$

$$10 = 20$$

$$- \quad ?$$

Розв'язання

$$=$$

$$= \text{—}$$

$$= \frac{\quad}{10^{-3}} = 1,66 \text{ (Зв)}$$

$$\Rightarrow H = \frac{KNE_{\alpha}}{m} \text{ Дж } 20 \cdot 10 \cdot$$

$$=$$

$$8,3 \cdot 10$$

$$[\quad] \text{ — Зв}$$

$$\text{кг}$$

$$\text{Відповідь: } = 1,66 \text{ Зв.}$$

2. Після Чорнобильської аварії окремі ділянки електростанції мали радіоактивне забруднення з потужністю поглиненої дози 7,5 Гр/год. За який час перебування людина могла отримати на цих ділянках смертельну експозиційну дозу в 5 Зв? Уважайте, що коефіцієнт якості радіоактивного випромінювання дорівнює 1.

Дано:

$$\text{Гр}$$

$$= 7,5 \text{ Гр/год}$$

$$\text{Гр}$$

$$= 2 \cdot 10$$

$$\text{с}$$

$$= 5$$

$$\text{Зв}$$

$$- \quad ? \text{ Зв}$$

Розв'язання

$$\text{Гр}$$

$$\text{Гр}$$

$$\text{Гр}$$

$$7,5 \text{ —} = 7,5 \cdot \text{—} \approx 0,002 \text{ —}$$

$$\text{с}$$

$$= \text{—}$$

$$\Rightarrow$$

$$= \text{—} \quad \text{—}$$

$$1 \cdot \text{с}$$

$$t = \frac{5}{1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ (с)}$$

$$= 2,5 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Відповідь:

3. Яку дозу випромінювання поглинула льодова брила масою 10 кг, якщо внаслідок опромінення вона нагрілася на $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Дано: Розв'язання

$$m = 10\text{ кг}$$

$$\Delta t = 0,03^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$Q = \frac{D}{m} \cdot m \cdot c$$

$$[D] = \frac{Q \cdot m}{c} = \frac{2100 \cdot 10}{0,03} = 63 \text{ Гр}$$

$$D = ?$$

Відповідь:

4. Алюмінієвий лист був опромінений радіоактивним випромінюванням і поглинув дозу $0,5\text{ Гр}$. На скільки нагрівся лист?

Дано: Розв'язання

$$Q = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$D = 0,5$$

$$Q = ?$$

$$Q = ?$$

$$Q = c \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{D}{c}$$

$$[\Delta t] = \frac{\text{Гр}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}} = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}} = ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = \frac{0,5}{920} = 5,4 \cdot 10^{-4} (^{\circ}\text{C})$$

Відповідь: $\Delta t = 5,4 \cdot 10^{-4} ^{\circ}\text{C}$.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 25, Вправа № 25 (4)

Лекція 9 Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор

Мета уроку: сформувати знання про ланцюгову ядерну реакцію, будову ядерного реактора, про реакцію термоядерного синтезу.

Очікувані результати: учні повинні знати, як відбувається розщеплення ядра, розуміти механізм ланцюгової реакції, вміти характеризувати ядерний реактор як фізичний пристрій, давати означення термоядерної реакції.

Тип уроку: засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник, побутові дозиметри (радіометри).

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Як допомагають дослідження з ядерної фізики забезпечувати людство енергією?

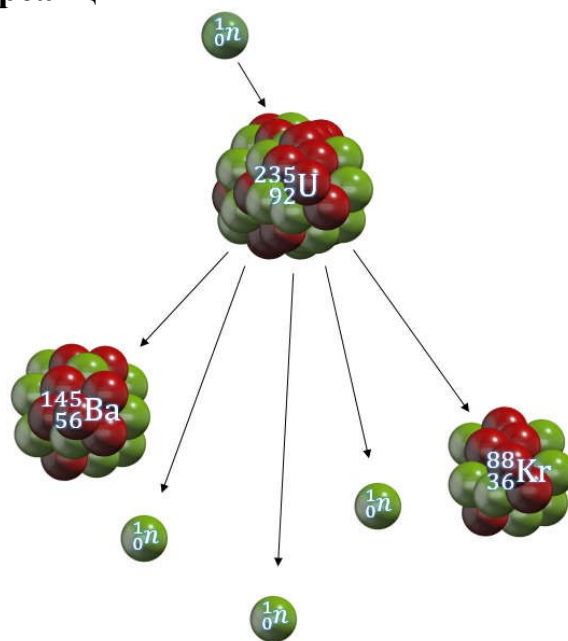
III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Поділ важких ядер і ланцюгова ядерна реакція

В 1938 р. німецькі радіохіміки Отто Ган (1879–1968) і Фріц Штрассман (1902 – 1980) проводили досліди з опроміненням урану нейтронами. У ході дослідів було виявлено барій та деякі інші елементи.

Австралійський радіохімік Ліза Мейтнер (1878–1968) і англійський фізик Отто Фріш (1904–1979) дійшли висновку, що ядро Урану (важке ядро), поглинаючи нейтрон, «лускає» – розпадається на більш легкі ядра.

Розщеплення ядра – поділ важкого атомного ядра на два (рідше три) ядра, які називають осколками поділу.



Проблемне питання

• Чи можуть нейтрони, що утворилися під час поділу одного ядра урану викликати поділ інших ядер урану?

Так, можуть. При цьому кількість нейтронів зростає лавиноподібно й виникає так звана ланцюгова ядерна реакція, яка підтримується без зовнішнього опромінювання урану нейтронами.

Ланцюгова ядерна реакція – це процес, у якому одна проведена реакція викликає подальші реакції такого самого типу.

Ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії.

Під час поділу одного ядра Урану виділяється лише $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж енергії, проте якщо розпадуться всі ядра, що містяться, наприклад, в одному молі урану (235 г Урану; $6,02 \cdot 10^{23}$ ядер), енергія, яка виділиться, дорівнюватиме приблизно $19,2 \cdot 10^{12}$ Дж. Стільки ж енергії виділиться, якщо спалити, наприклад, 450 т нафти.

2. Ядерний реактор

Проблемне питання

- Яке практичне застосування ланцюгової ядерної реакції?

Ядерний реактор – пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії.

У ядерних реакторах ядерне паливо (уран або плутоній) розміщують усередині так званих *тепловидільних елементів* (ТВЕЛів). Продукти поділу нагрівають оболонки ТВЕЛів, і ті передають енергію воді, яка в даному випадку є теплоносієм. Отримана енергія перетворюється далі на електричну подібно до того, як це відбувається на звичайних теплових електростанціях.

Щоб керувати ланцюговою ядерною реакцією та унеможливити ймовірність вибуху, використовують *регулюючі стрижні*, виготовлені з матеріалу, що добре поглинає нейтрони. Так, якщо температура в реакторі збільшується, стрижні автоматично заглиблюються в проміжки між ТВЕЛами, в результаті кількість нейтронів, що вступають у реакцію, зменшується і ланцюгова реакція сповільнюється.

3. Термоядерна реакція

Проблемне питання

- Що буде якщо взяти ядра ізотопів легких елементів, наприклад ядро Дейтерію і ядро Тритію та їх з'єднати?

Термоядерний синтез – це реакція злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 10^7 °C) і супроводжується виділенням енергії.

Високі температури, тобто великі кінетичні енергії ядер, потрібні для того, щоб подолати сили електричного відштовхування ядер (однойменно заряджених частинок).

У природі термоядерні реакції відбуваються в надрах зір, де ізотопи Гідрогену перетворюються на Гелій. Так, за рахунок термоядерних реакцій, що відбуваються в надрах Сонця, воно щосекунди випромінює в космічний простір $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж енергії.

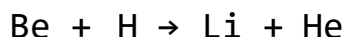
IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Напишіть позначення, яких бракує в рівняннях ядерних реакцій:



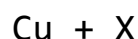
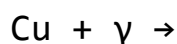
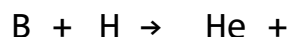
$$A = 9 + 1 - 4 = 6$$

$$Z = 4 + 1 - 2 = 3$$



$$A = 14 + 1 - 4 = 11$$

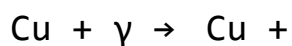
$$Z = 7 + 0 - 2 = 5$$



$$A = 63 - 62 = 1$$

$$Z = 29 - 29 =$$

0



2. Яка кількість енергії виділиться під час поділу ядер усіх атомів Урану, які містяться в 1,95 кг урану?

Дано: 1,95 кг

$$= 3,9 \cdot 10$$

$$= 3,2 \cdot 10$$

— ?

кг

Дж

Розв'язання

=

кг

$$= \frac{1,95}{-25} \cdot 3,2 \cdot 10^{11} = 1,6 \cdot 10^{14} \text{ (Дж)}$$

кг

$$3,9 \cdot 10$$

Відповідь: $= 1,6 \cdot 10 \text{ Дж.}$

3. Яка маса ядер атомів нагріти 10

Дано: **Розв'язання** в =

т1 спосіб

$$= 10^7 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 10^\circ \text{C} =$$

$$= 4200 \frac{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$m_U - ?$$

ж

- Урану-235 знадобиться, щоб за рахунок енергії поділу 000 т води на 10°C ?

$$10000$$

=

=

=>

=

$$= 3,9 \cdot 10$$

кг

$$= 3,2 \cdot 10$$

$$\text{Дж} =$$

$$\text{в в} \Delta$$

Д

$\text{В}^{\text{В}}$ В^{Δ}

$$\text{---} = \text{В} \text{ В}^{\Delta} \quad \Rightarrow \quad =$$

2 спосіб

$$= \quad = \quad = \text{В} \text{ В}^{\Delta} \quad = \text{---}$$

$$= \text{---} \text{В} \text{ В}^{\Delta}$$

 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$$[\quad] = \frac{\text{кг} \cdot \text{?} \cdot \text{кг} \cdot \text{?} \cdot \text{кг}}{\text{кг Дж}} =$$

$$= \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{3,2 \cdot 10^{-11}} \approx 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}$$

Відповідь: $\approx 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$

4. Знайдіть ККД атомної електростанції потужністю 500 МВт, якщо кожен добу вона витрачає 2,35 кг Урану-235. **Розв'язання**

Дано:

$$t = 1 \text{ доба}$$

$$= 1 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}$$

$$= 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$P_{\text{кор}} = 500 \text{ МВт}$$

$$= 5 \cdot 10^8 \text{ Вт}$$

$$m = 2,35 \text{ кг}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$\eta = ?$$

$$h = \text{---} \text{кор}$$

$$\text{кор} = \text{кор}$$

повна

повна =

 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$$h =$$

кор

$$= \text{кор}$$

$$[h] = \text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{кг} \cdot \text{с} \cdot \text{с} =$$

$$1 =$$

$$= 0,224$$

$$= 22,4 \%$$

$$\frac{mE_0}{mE_0}$$

$$\frac{mE_0}{mE_0}$$

$$\text{кг} \cdot \text{Дж}$$

$$h = \frac{5 \cdot 10^8 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{2,35 \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = 22,4 \cdot 10$$

Відповідь: h

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Які процеси відбуваються внаслідок поглинання нейтрона ядром Урану?
2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.
3. Які перетворення енергії відбуваються в ядерних реакторах?
4. Як працює атомна електростанція?
5. Який процес називають термоядерним синтезом?
6. Звідки «беруть» енергію зорі?

VI. Домашнє завдання

Опрацювати § 26, Вправа № 26 (2)

Лекція 10 Розв'язування задач з теми «Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор»

Мета уроку: закріпити знання за темою «Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Очікувані результати: учні повинні вміти розв'язувати задачі різних типів за темою «Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор».

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

1. Провести бесіду за матеріалом § 26

Бесіда за питаннями

1. Які процеси відбуваються внаслідок поглинання нейтрона ядром Урану?
2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.
3. Які перетворення енергії відбуваються в ядерних реакторах?
4. Як працює атомна електростанція?
5. Який процес називають термоядерним синтезом?

6. Звідки «беруть» енергію зорі?

2. Перевірити виконання вправи № 26 (2)

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Яку масу урану потрібно витратити, щоб під час поділу ядер усіх атомів

Урану виділилася енергія $6,2 \cdot 10^{14}$ Дж? **Розв'язання**

Дано:

$$\begin{aligned} &= 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Дж} \\ &= 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \\ &= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} \\ &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{6,2 \cdot 10^{14}}{3,2 \cdot 10^{-11}} \cdot 3,9 \cdot 10^{-25} = 7,56 \text{ (кг)} \\ &m = 7,56 \text{ кг} \end{aligned}$$

Відповідь:

2. На яку висоту можна підняти кам'яну брилу

масою 1000 т, застосовуючи енергію поділу $2,6 \cdot 10^{21}$ атомів

Урану-235 (саме стільки атомів містить 1 г Урану-235)?

Дано: Розв'язання

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ т} \\ &= 2,6 \cdot 10^{21} \\ &= 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \\ &= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} \\ &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1000 \text{ т} \\ &= m_0 g h \Rightarrow h = \frac{NE_0}{m g} \\ &= \frac{2,6 \cdot 10^{21} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{1000 \cdot 9,8} = 8,32 \cdot 10^3 \text{ м} \end{aligned}$$

$$h = 8,32 \cdot 10^3 \text{ (м)}$$

$$2,6 \cdot 10^{21} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}$$

$$h = \frac{10^6 \cdot 10}{9,8} = 8,32 \text{ км.}$$

Відповідь:

яку витрачає за
якщо вихідна
відповідного
1000 МВт, а його
Дано: Розв'язання
= 1 доба

$$\begin{aligned} &= 1 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \\ &P_{\text{кор}} = 1000 \text{ МВт} \\ &= 10^9 \text{ Вт} \\ &\eta = 30 \% = 0,3 \\ &m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \\ &E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} \\ &m = ? \end{aligned}$$

3. Визначте масу Урану-235,
добу реактор атомної електростанції,
електрична потужність
блока електростанції становить
ККД – 30 %.

$$h = \text{_____ кор}$$

повна

кор = кор

повна =

= —

=>

повна = —

$$h = \frac{\text{кор}}{mE_0} = \frac{\text{кор}}{mE_0} \Rightarrow \frac{\text{кор}}{h} = \text{кор}$$

$$\begin{aligned} [] &= \frac{\text{Дж}}{\text{ВТ} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{с} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} = \text{кг} \\ &= \frac{10^9 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{0,3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = 3,5 \text{ (кг)} \end{aligned}$$

Відповідь: = 3,5 кг.**IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Повторити § 26, Вправа № 26 (3)

Самостійна робота з теми «Іонізаційна дія радіоактивного випромінювання. Ланцюгова ядерна реакція. Ядерний реактор»**1 варіант**

1. Якою буквою позначається поглинута дозу йонізуючого випромінювання?

(1 бал)

а) *W* б) *D* в) *H* г) *K*

2. За якою формулою визначають еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання? (1 бал)

а) = — б) $h = \frac{\text{кор}}{\text{повна}}$ в) = г) = —

3. Яка одиниця вимірювання потужності дози йонізуючого випромінювання?

(1 бал)

а) Дж б) Зв в) Гр г) Гр/с

4. Поділ важкого атомного ядра на два (рідше три) ядра, які називають осколками поділу. (1 бал)

а) Розщеплення ядра

б) Ланцюгова ядерна реакція

в) Термоядерний синтез

г) Ядерний реактор

5. Енергія йонізуючого випромінювання, передана тілу, становить 0,6 Дж. Знайдіть поглинуту дозу йонізуючого випромінювання, якщо маса тіла 100 г. (2 бали)

Дано:

$$W = 0,6 \text{ Дж}$$

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$D = ?$$

Розв'язання

$$= \frac{W}{m} = \frac{0,6 \text{ Дж}}{0,1 \text{ кг}} = 6 \text{ Гр}$$

Відповідь: 6 Гр .

6. Визначте енергію йонізуючого випромінювання, передану тілу масою 20 г, якщо потужність поглинутої дози йонізуючого випромінювання становить 0,8 Гр/с, а час опромінення 25 с. (3 бали)

Дано:

$$m = 20 \text{ г}$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$P_D = 0,8 \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$t = 25 \text{ с}$$

$$W = ?$$

Розв'язання

$$= \frac{W}{m} \Rightarrow$$

$$= \frac{D}{t} \Rightarrow D =$$

$$\text{Гр} \quad \text{Дж}$$

$$= 0,8 \cdot 25 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 0,4 \text{ (Дж)}$$

$$= 0,4 \text{ Дж.}$$

;

Дано:

$$t = 1 \text{ год} = 3600 \text{ с}$$

$$P_{\text{кор}} = 320 \text{ МВт}$$

$$= 3,2 \cdot 10^8 \text{ Вт}$$

$$\eta = 36 \% = 0,36$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$m = ?$$

Відповідь:

7. Яка маса Урану-235 спалюється щогодини в реакторі атомної електростанції електричною потужністю 320 МВт, якщо ККД електростанції – 36 %. (3 бали)

Розв'язання $h = \frac{E_{\text{кор}}}{E_0}$

повна

$$\text{кор} = \text{кор}$$

$$\text{повна} =$$

$$h = \frac{\text{кор}}{\text{кор}} = \text{кор}$$

$$\Rightarrow$$

$$\frac{mE_0}{h} = \frac{mE_0}{h} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{Дж}} = \frac{\text{ВТ} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} \cdot \frac{\text{с} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} = \text{кг}$$

$$[] = \frac{3,2 \cdot 10^8 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{0,36 \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = 39 \cdot 10^{-3} (\text{кг})$$

Відповідь: = 39 г.

2 варіант

1. Якою буквою позначається еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання? (1 бал)

- а) *W* б) *D* в) ***H*** г) *K*

2. За якою формулою визначають потужність дози йонізуючого випромінювання? (1 бал)

- а) = — б) $h = \frac{\text{кор}}{\text{повна}}$ в) = г) = —

3. Яка одиниця вимірювання поглинутої дози йонізуючого випромінювання?

(1 бал)

- а) Дж б) Зв в) **Гр** г) Гр/с

4. Пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії. (1 бал)

- а) Розщеплення ядра
б) Ланцюгова ядерна реакція
в) Термоядерний синтез
г) **Ядерний реактор**

5. Тіло опромінюють α -променями ($K=20$). Знайдіть еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання, якщо поглинута доза йонізуючого випромінювання становить 2 Гр. (2 бали)

Дано:

$$D = 2 \text{ Гр}$$

$$K = 20$$

$$H = ?$$

Розв'язання

$$= 20 \cdot 2 = 40 \text{ (Зв)}$$

Відповідь: = 40 Зв.

6. Визначте час дії йонізуючого випромінювання потужністю 0,62 Гр/с, якщо енергія йонізуючого випромінювання, передана тілу масою 40 кг, становить 124 Дж.

(3 бали)

Дано:

Розв'язання

$$P_D = 0,62 \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$m = 40 \text{ кг}$$

$$W = 124 \text{ Дж}$$

$$t = ?$$

$$\frac{\overline{m}}{P} = \frac{W}{mP}$$

$$= \text{---} \Rightarrow$$

$$= \text{---}$$

$$= \text{---}$$

$$= \frac{\text{Дж}}{\text{---}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{---}}$$

$$[] =$$

$$\text{кг} \cdot \frac{\text{Гр}}{\text{с}} = \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{с}$$

$$= \frac{124}{40 \cdot 0,62} = 5 \text{ (с)}$$

Відповідь: = 5 с.

7. Визначте ККД атомної електростанції електричною потужністю 1400 МВт, якщо за 16 хв у її реакторі спалюється 47 г Урану-235. (3 бали)

Дано: Розв'язання

$$P_{\text{кор}} = 1400$$

$$= 1,4 \cdot 10$$

$$= 16 \text{ хв}$$

$$= 960$$

$$= 9,6 \cdot 10$$

$$= 47$$

$$= 4,7 \cdot 10 \text{ кг}$$

$$= 3,9 \cdot 10$$

$$= ?$$

$$\text{МВт } h = \text{кор.}$$

$$\text{Вт}_{\text{повна}}$$

$$S_{\text{кор}} =$$

$$\text{кор}$$

$$\text{с}$$

$$G_{\text{повна}} =$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$\eta$$

$$\frac{mE_0}{h}$$

$$h =$$

$$=$$

$$\text{кор}$$

$$\frac{mE_0}{h}$$

$$\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}$$

$$\frac{\text{Дж}}{\text{---}} \cdot \text{с}$$

$$[h] = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}}{\text{Дж}} = \text{кг}$$

$$h = \frac{1,4 \cdot 10^9 \cdot 9,6 \cdot 10^2 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{4,7 \cdot 10^{-2} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = 0,34$$

Відповідь: = 34 % h.

Лекція 11 Атомна енергетика України. Екологічні проблеми атомної енергетики

Мета уроку: сформувати знання учнів про ядерний цикл, про енергетику України.

Очікувані результати: учні повинні давати означення ядерного циклу, міркувати над аргументами «за» і «проти» будівництва сховища для відпрацьованих радіоактивних відходів, знати атомні електростанції України, їхню загальну потужність, аналізувати причини та наслідки трагедії на Чорнобильській АЕС.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Які переваги і недоліки атомної енергетики?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Переваги ядерного палива *Переваги*

ядерного палива:

- енергетична ефективність ядерного палива вища в мільйони разів за традиційні види палива (у 2 млн разів вища за нафту, у 3 млн разів – за вугілля);
- запаси ядерного палива в десятки разів більші, ніж вуглеводневих видів палива;
- спалювання ядерного палива не потребує кисню.

2. Ядерний цикл

Проблемні питання

- Що потрібно зробити, щоб отримати кілограм дров? (Досить сходити до лісу)
- Що потрібно зробити, щоб отримати кілограм ядерного палива? (Слід створити цілу промисловість)
- Що робити з ТВЕЛами, які відпрацювали свій ресурс?

ТВЕЛ (тепловидільний елемент) – частина реактора, пристрій, у якому міститься ядерне паливо (таблетки діоксиду Урану).

Ядерний цикл – це послідовність операцій з видобування ядерного палива з руди, виготовлення ТВЕЛів, використання ТВЕЛів на атомних електростанціях і подальшого перероблення радіоактивних відходів.

Видобування урану. За запасами уранової руди Україна посідає 11 місце у світі. Цих запасів вистачить на кілька століть.

Виготовлення ТВЕЛів. Необхідна спеціалізована промисловість (ланцюжок взаємопов'язаних виробництв), якої Україна в повному обсязі не має. Для українських атомних електростанцій ТВЕЛи виготовляють за кордоном.

Використання ТВЕЛів на АЕС. Після того як у ТВЕЛі розпадається певна частина ядерного палива (фізики кажуть: «ТВЕЛ вигорів»), його замінюють новим.

Утилізація відпрацьованих ТВЕЛів. ТВЕЛи, які відпрацювали свій ресурс, дуже радіоактивні, тому їх у спеціальних контейнерах розташовують глибоко під землею, там вони мають зберігатися протягом сотень років.

На сьогодні в Україні тільки Запорізька атомна електростанція має власне сховище для відпрацьованих ТВЕЛів. ТВЕЛи з інших атомних електростанцій вивозять до Росії, за що наша країна сплачує великі кошти.

Проблемне питання

• Чи варто побудувати сховище для відпрацьованих ТВЕЛів у Чорнобильській 30-кілометровій зоні?

3. Атомна енергетика України

В Україні працюють **чотири атомні електростанції**:

Запорізька АЕС – найбільша атомна електростанція Європи, на ній працює 6 атомних енергоблоків.

Рівненська АЕС має 4 атомні енергоблоки.

Південно-Українська АЕС має 3 атомні енергоблоки.

Хмельницька АЕС має 2 атомні енергоблоки.

АЕС України:

- діє 15 атомних енергоблоків;
- загальна потужність 13 580 МВт;
- на атомні електростанції припадає близько половини електроенергії, що виробляється в країні;
- АЕС обслуговуються багатотисячними колективами висококваліфікованих фахівців.

Проблемне питання

- На скільки безпечною є атомна енергетика?

4. Чорнобильська трагедія

Чорнобильська катастрофа – 26 квітня 1986 р. вибух на 4-му енергоблоці Чорнобильської АЕС. У результаті цілі регіони Росії, України, Білорусі виявилися радіаційно забрудненими, а з 30-кілометрової зони навколо станції було евакуйоване все населення.

Пізніше над зруйнованим реактором був побудований так званий саркофаг.

Саркофаг – бетонна конструкція, яка захищає від подальшого поширення радіаційного забруднення.

Чорнобильської АЕС сьогодні:

- всі енергоблоки Чорнобильської АЕС виведено з експлуатації;
- разом із міжнародними організаціями Україна побудувала ще один саркофаг, досконаліший.

Проблемне питання

- Чи траплялися ще у світі подібні катастрофи?

Подібна за масштабами катастрофа відбулася в Японії у 2011 р. – на атомній електростанції «Фукусіма-1». Унаслідок землетрусу та цунамі припинили дію насоси, що перекачують теплоносій. Відбулися перегрів і пошкодження атомного реактора, і радіаційна речовина забруднила довкілля.

Проблемне питання

- Уряд Німеччини заборонив розвиток атомної енергетики. Яка ваша думка щодо цього питання? Поміркуйте над аргументами «за» і «проти».

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. На двох блоках Рівненської АЕС встановлено реактори типу ВВЕР-440 (електрична потужність – 440 МВт), а ще на двох блоках – реактори типу ВВЕР1000 (електрична потужність – 1000 МВт). Скільки енергії (у кВт·год) може виробити Рівненська АЕС за добу, працюючи на повну потужність?

Дано: Розв'язання

$= 44 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ $N_1 = 2$ $P_2 = 1000$ $= 100 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ $N_2 = 2$ $\frac{1}{10^3}$	$= 440 \quad \text{МВт} = +$ $= \frac{A}{t} \Rightarrow A = E = Pt$ $= \frac{\text{МВт} \cdot t}{1} N_1 t = \left(\frac{E_2}{1} = \bar{P}_2 N_2 t \right)$ $[] = (\text{Вт} \cdot 1 + \text{Вт} \cdot 1) \cdot \text{год} = \text{Вт} \cdot \text{год}$ $\text{доба} = 24 \quad \text{год} = (44 \cdot 10 \cdot 2 + 100$ $\cdot 2) \cdot 24 = 6912 \cdot 10$
--	--

$$= 69,12 \cdot 10^6 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Відповідь: $= 69,12 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

2. Скільки енергії за добу виробляє Запорізька АЕС, якщо один із її блоків перебуває на плановому ремонті, а решта працюють на повну потужність? Теплова потужність кожного реактора на АЕС дорівнює 3000 МВт, ККД – 33,3 %. **Розв'язання**

Дано:

$$P_{\text{повна}} = 3000 \text{ МВ} = 3 \cdot 10^9 \text{ Вт}$$

$$N = 5$$

$$\eta = 33,3\% = 0,333$$

$$t = 1 \text{ доба}$$

$$= 1 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$E_{\text{кор}} - ?$$

$$h =$$

$$\text{кор}$$

$$\text{повна } h = \text{кор}$$

$$=>$$

$$\approx 43,2 \cdot 10^{13} \text{ (Дж)}$$

$$\approx 432 \text{ ТДж.}$$

$$\text{кор} =$$

$$h$$

$$\text{повна повна}$$

$$\text{Дж}$$

$$\text{кор} = 1 \cdot 1 \cdot \text{Вт} \cdot \text{с} = \text{с} \cdot \text{с} = \text{Дж кор} = 0,333 \cdot 3 \cdot 10$$

$$\cdot 8,64 \cdot 10$$

Відповідь: кор

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Перелічіть переваги й недоліки використання ядерного палива.
2. Якою є послідовність операцій ядерного циклу?
3. Назвіть атомні електростанції України. Якою є їхня загальна потужність?
4. Що ви знаєте про Чорнобильську трагедію?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 27, Вправа № 27 (1, 4)

Лекція 12 Розв'язування задач з теми «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики». Підготовка до контрольної роботи № 4

Мета уроку: закріпити знання за темою IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі різних типів, застосовуючи набуті знання.

Очікувані результати: учні повинні вміти розв'язувати задачі різних типів, застосовуючи теоретичні знання, отримані в ході вивчення теми IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики».

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Провести фронтальну бесіду за матеріалами теми IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики» (за основу взяти матеріал, поданий у таблицях і схемах рубрики «Підбиваємо підсумки розділу IV “Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики”» підручника).

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. На підставі дослідів із α -частинками Е. Резерфорд:

- а) Запропонував нейтронно-протонну модель атомного ядра
- б) Пояснив явище радіоактивності
- в) Пояснив механізм ланцюгової ядерної реакції
- г) Запропонував ядерну модель будови атома

2. У ядрі атома Берилію 4 протони і 5 нейтронів. Скільки електронів в атомі Берилію?

- а) 1 електрон **б) 4 електрони** в) 5 електронів г) 9 електронів

3. У ядрі хімічного елемента 33 протони та 42 нейтрони. Який це елемент?

- а) Технецій **б) Арсен** в) Уран г) Аурум

4. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Протактинію Ra?

Протактиній

Ra:

$$A = 234$$

$$Z = 91$$

$$= 234$$

$$- 91 = 143$$

5. Запишіть рівняння реакції розпаду.

α -розпад: Rn



$$2 = 84$$

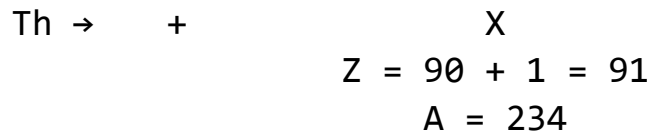
$$218; \quad \text{X} = \text{Po} \text{ (ізоотп полонію)}$$

розпад: Th

$$Z = 86 -$$

$$A = 222 - 4 =$$





X = Pa (ізоотоп протактинію) Th → + Pa

6. Термоядерна реакція синтезу відбувається за умови:

а) Поглинання ядром нейтрона

б) Високої температури

в) Низького тиску

г) Наявності важких ядер

7. Стала розпаду радіоактивного Цезію-137 дорівнює $7,28 \cdot 10^{-10} \text{ с}^{-1}$. Скільки атомів Цезію-137 міститься в радіоактивному препараті, якщо його активність складає 182 Бк?

Дано:

$$A = 182 \text{ Бк}$$

$$\lambda = 7,28 \cdot 10^{-10} \text{ с}^{-1}$$

— ?

Розв'язання

$$A = \lambda N$$

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{182 \text{ Бк}}{7,28 \cdot 10^{-10} \text{ с}^{-1}} = 25 \cdot 10^9$$

Відповідь: $25 \cdot 10^9$ атомів.

8. Середня доза випромінювання, поглинута працівником, що обслуговує рентгенівську установку, дорівнює 7 мГр за 1 год. Чи безпечно працювати з цією установкою протягом 200 днів на рік по 6 год щоденно, якщо гранично допустима доза опромінення дорівнює 50 мГр на рік? Відомо, що природний радіаційний фон становить 2 мГр на рік.

Дано:

$$D_{\text{р.}} = 7 \frac{\text{мГр}}{\text{год}} = 1,94 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$t = 200 \cdot 6 \text{ год} = 4,32 \cdot 10^6 \text{ с}$$

$$D_{\text{пр.}} = 2 \text{ мГр} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гр}$$

$$D_{\text{гран.}} = 50 \text{ мГр} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ Гр}$$

D — ?

установкою протягом 200 днів на рік по 6 год щоденно, якщо гранично допустима доза опромінення дорівнює 50 мГр на рік? Відомо, що природний радіаційний фон становить 2 мГр на рік.

$$D = D_{\text{р.}} \cdot t + D_{\text{пр.}} = 1,94 \cdot 10^{-6} \cdot 4,32 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^{-3} = 8,39 \cdot 10^{-3} \text{ Гр}$$

$$D_{\text{уст. пр.}} = \frac{D_{\text{уст.}}}{t} = \frac{8,39 \cdot 10^{-3} \text{ Гр}}{4,32 \cdot 10^6 \text{ с}} = 1,94 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$D_{\text{уст.}} =$$

Гр

$$\begin{aligned}
 [] &= \frac{1,94 \cdot 10^4 \cdot 4,32 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^2}{3600} = 10,4 \cdot 10^4 \text{ (Гр)} \\
 &< \text{гран.}
 \end{aligned}$$

Безпечно працювати з цією установкою, так як гранично допустима доза опромінення дорівнює 50 мГр на рік.

Відповідь: $= 10,4$ мГр, безпечно.

9. Визначте, яку масу Урану-235 витрачає за добу атомна електростанція потужністю 2 ГВт, якщо її ККД становить 25 %. Вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж, а маса атома Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25}$ кг.

Дано: Розв'язання

$= 1$ доба кор

$= 8,64 \cdot 10^4$ с

_____ повна кор

$= 2 \cdot 10^9$ Вт

$\eta = 25\% = 0,25$

$= 3,9 \cdot 10^{-25}$ кг

$= 3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж

_____ повна =
_____ ?

$h =$

$= 2$ ГВт

кор = кор

Дж

$$h = \frac{\text{кор}}{mE_0} = \frac{\text{кор}}{mE_0} \Rightarrow \text{_____} = \text{кор}$$

h

Дж

$$[] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}}{\text{Дж}} = \frac{\text{с}}{\text{Дж}} \cdot \text{с} \cdot \text{кг} = \text{кг}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \cdot 10^9 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{0,25 \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = \frac{67,4 \cdot 10^{-12}}{0,8 \cdot 10^{-11}} \\
 &\approx 8,4 \text{ (кг)}
 \end{aligned}$$

Відповідь: $= 8,4$ кг.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 22–27

Виконати завдання рубрики «Завдання для самоперевірки до розділу IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики»» підручника: № 9, 11, 13.

Лекція 13 Контрольна робота з теми «Фізика атома та атомного ядра.

Фізичні основи атомної енергетики»

Мета уроку: оцінити знання й уміння учнів за темою IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики», виявити прогалини в знаннях для подальшого їх усунення.

Тип уроку: урок контролю та корекції навчальних досягнень.

Наочність і обладнання: картки із завданнями контрольної роботи.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

Проінструктувати учнів щодо типів завдань контрольної роботи, правил їх оформлення, розподілу часу на роботу.

II. ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

III. ПІДСУМОК УРОКУ

IV. Домашнє завдання

Повторити § 22 – 27. Ознайомитися з матеріалом енциклопедичної сторінки після розділу IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики» підручника. Підготуватися до захисту навчальних проєктів.

Контрольна робота з теми «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики»

1 варіант

1. Реакція злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 10^7 °C) і супроводжується виділенням енергії. (1 бал)

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| а) Радіоактивність | б) Ланцюгова ядерна реакція |
| в) Розщеплення ядра | г) Термоядерний синтез |

2. Яка одиниця вимірювання поглинутої дози йонізуючого випромінювання?

(1 бал)

- | | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| а) Бк | б) Зв | в) Гр | г) 1/с |
|-------|-------|-------|--------|

3. Формула для обчислення активності радіоактивного джерела. (1 бал)

а) $\lambda = \frac{A}{N}$, б) $A = \lambda N$ в) $N = \frac{A}{\lambda}$ г) $\lambda = \frac{A}{N}$

4. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Бісмуту Bi? (1 бал)

Бісмут

Bi:

$$A = 209$$

$$Z = 83$$

$$N = 209 - 83 = 126$$

5. Запишіть рівняння реакції розпаду. (2 бали)

α -розпад: Ra



$$Z = 88 - 2 = 86$$

$$A = 226$$

$$- 4 = 222$$

$$\text{X} =$$

Rn



β -розпад: Pb



$$Z = 82 + 1 = 83$$

83

$$A = 214$$

$$\text{X} =$$

Bi



6. Тіло масою 5 кг опромінюють β -променями. Знайдіть поглинуту дозу йонізуючого випромінювання, якщо енергія йонізуючого випромінювання, передана тілу, становить 30 Дж. (1 бал)

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$W = 30 \text{ Дж}$$

$$D = ?$$

Розв'язання

$$D = \frac{W}{m}$$

$$= \frac{30}{5} = 6 \text{ Гр}$$

$$(\text{Гр}) \text{ кг}^{-1}$$

$$\text{Відповідь: } D = 6 \text{ Гр.}$$

Дж

30

—

$$= \frac{30}{5} = 6$$

—

7. В 1 кг риби міститься 10^{-20} г Цезію-137. Знайдіть активність Цезію в рибі, якщо стала розпаду ядер атомів радіоактивного Цезію-137 дорівнює $7,28 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}$. Число Авогадро = $6,02 \cdot 10^{23}$. (2 бали) моль

Дано: Розв'язання

$$= 10$$

$$= 10 \text{ кг}$$

$$= 7137,28 \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{кг} \cdot \frac{1}{\text{моль}}}$$

кг

$$= 137 \cdot 10 \frac{\text{моль}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

А – ?

Відповідь: $\approx 3,3 \cdot 10^{-9}$ Бк.

8. Скільки води можна підігріти від 0°C до кипіння за рахунок виділеної енергії при повному розпаді 2,38 г Урану-235? Вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж, а маса атома Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25}$ кг. (3 бали)

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$\text{Дано: } t = 100^\circ\text{C}$$

$$= 2,38 \text{ г} = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$= 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кгДж}$$

$$v = 4200 \text{ кг} \cdot \frac{1}{\text{с}}$$

в – ?

Розв'язання

к

$$\text{кг} \cdot \text{Дж}$$

$$[v] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\text{кг} \cdot \text{кг} \cdot \frac{1}{\text{с}} \cdot \frac{1}{\text{с}}$$

$$= \frac{2,38 \cdot 10^{-3} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{3,9 \cdot 10^{-25} \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^2} = \frac{7,616 \cdot 10^{-14}}{16,38 \cdot 10^{-20}} \approx 0,46 \cdot 10^6 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $v \approx 4,6 \cdot 10^5$ кг.

2 варіант

1. Пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії. (1 бал)

- а) Радіометр б) Дозиметр
в) **Ядерний реактор** г) Саркофаг

2. Яка одиниця вимірювання сталої радіоактивного розпаду радіонукліда? (1 бал)

- а) Бк б) Зв в) Гр г) **1/с**

3. Формула для обчислення еквівалентної дози йонізуючого випромінювання. (1 бал)

- а) $\lambda = \frac{N}{t}$, б) $D = \frac{N}{m}$ в) $D = \lambda$ г) $D = \frac{N}{t}$

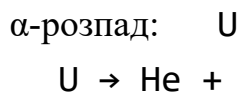
4. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Титану Ti? (1 бал)

Титан Ti:
A = 48
Z = 22
= 48 - 22 = 26

5. Запишіть рівняння реакції розпаду. (2 бали) β -розпад: Pa



$$A = 234$$



$$Z = 92 - 2 = 90$$

$$A = 234$$

$$A = 238 - 4 = 234$$



6. У декількох кілограмах руди міститься 108 ядер Радію-226. Визначте активність Радію в руді на даний момент часу, якщо стала розпаду ядер атомів радіоактивного Радію-226 дорівнює $1,37 \cdot 10^{-11} \text{ с}^{-1}$. (1 бал)

Дано:

$$\begin{aligned} &= 108 \quad \text{с} \\ &= 1,37 \cdot 10^{-11} \\ &- ? \end{aligned}$$

Розв'язання

$$= \lambda$$

$$[A] = \text{с}^{-1} \cdot 1 = \text{Бк}$$

$$= 1,37 \cdot 10^{-11} \cdot 108 \approx 148 \cdot 10^{-11} (\text{Бк})$$

Відповідь: $\approx 148 \cdot 10^{-11} \text{ Бк}$.

7. Тіло масою 5 кг опромінюють α -променями. Знайдіть енергію йонізуючого випромінювання, передану тілу, якщо еквівалентна доза цього випромінювання становить 2 мЗв. Коефіцієнт якості α -випромінювання дорівнює 20. (2 бали)

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 5 \text{ кг} \\ H &= 2 \text{ мЗв} \\ &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ Зв} \\ K &= 20 \\ W &- ? \end{aligned}$$

Розв'язання

$$= \text{---} \Rightarrow$$

$$=$$

$$=$$

$$\Rightarrow$$

$$= \text{---}$$

$$= \text{---}$$

$$\begin{aligned} [W] &= \frac{\text{кг} \cdot \text{Зв}}{1} = \text{кг} \cdot \text{Гр} = \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{Дж} \\ &= \frac{5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{20} = 0,5 \cdot 10^{-3} (\text{Дж}) \end{aligned}$$

Відповідь: $= 0,5 \text{ мДж}$.

щосекунди в її
потужність
внаслідок поділу
маса атома Урану-

Дано: Розв'язання

$$\begin{aligned} &= 1 \text{ с} \\ m &= 18 \text{ мг} \\ &= 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \end{aligned}$$

повна

$$- ?$$

8. Визначте ККД атомної електростанції, якщо в реакторах спалюється 18 мг Урану-235, а вихідна електрична генераторів електростанції дорівнює 480 МВт. Вважайте, що кожного ядра Урану виділяється енергія $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$, а 235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$. (3 бали)

$$\eta = \text{---} \text{ кор}$$

$$\text{кор} = \text{кор}$$

$$\frac{mE_0}{mE_0}$$

$$P_{\text{кор}} = 480$$

$$P_{\text{МВТ}} = P_{\text{повна}}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} = \Rightarrow$$

$$P_{\text{повна}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 4,8 \cdot 10^8 \text{ Вт}$$

$$= 3,9 \cdot 10$$

$$K_{\text{Г кор}}$$

$$P_{\text{кор}}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$\eta$$

$$h = \frac{\quad}{\quad} =$$

$$\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{кг}$$

$$\frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{Дж}} = 1$$

$$[h] = \frac{\quad}{\quad} =$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}}{\text{Дж}}$$

$$= \frac{4,8 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 3,9 \cdot 10^{-25}}{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} = \frac{18,72 \cdot 10^{-17}}{5,76 \cdot 10^{-16}}$$

$$h = 3,25 \cdot 10^{-1} = 0,325$$

Відповідь: $h = 32,5 \%$.

3 варіант

1. Процес, у якому одна проведена реакція викликає подальші реакції такого самого типу. (1 бал)

а) Радіоактивність

б) Ланцюгова ядерна реакція

в) Розщеплення ядра

г) Термоядерний синтез

2. Яка одиниця вимірювання активності радіоактивного джерела? (1 бал)

а) Бк

б) Зв

в) Гр

г) 1/с

3. Формула для обчислення поглинутої дози йонізуючого випромінювання. (1 бал)

а) $\lambda = \frac{\quad}{\quad}$,

б) $=$

в) $= \lambda$

г) $= \frac{\quad}{\quad}$

4. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Цинку Zn?

(1 бал)

Цинк

Zn:

A =

65;

Z = 30;

$$= 65 - 30 = 35$$

5. Запишіть рівняння реакції розпаду. (2 бали)

α -розпад: Th



$$Z = 90 - 2 = 88$$

$$A = 228$$

$$- 4 = 224$$

$$\text{X} =$$

Ra



β -розпад: Po



$$Z = 84 + 1 = 85$$

$$A =$$

$$216$$

$$\text{X} = \text{At}$$



6. Тіло опромінюють α -променями. Знайдіть еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання, якщо поглинута доза становить 2 Гр. Коефіцієнт якості α випромінювання дорівнює 20. (1 бал)

Дано:

$$D = 2 \text{ Гр}$$

$$K = 20$$

$$H = ?$$

Розв'язання

$$= KD [H] = 1 \cdot \text{Гр} = 3\text{В}$$

$$= 20 \cdot 2 = 40 \text{ (ЗВ)}$$

$$\text{Відповідь: } = 40 \text{ ЗВ.}$$

7. Скільки енергії виділиться під час поділу ядер Урану, які містяться в зразку масою 1,5 г? Вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж, а маса атома Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25}$ кг. (2 бали)

Дано:

$$m = 1,5 \text{ г}$$

$$= 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$E = ?$$

Розв'язання

$$\text{кг} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{3,9 \cdot 10^{-25}} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11} \approx 1,23 \cdot 10^{11} \text{ (Дж)} = \text{Дж}$$

$$3,9 \cdot 10$$

$$\text{Відповідь: } E \approx 1,23 \cdot 10 \text{ Дж.}$$

8. Скільки електричної енергії за добу виробляє атомна електростанція, якщо за цей час в її реакторах спалюється 2,5 кг Урану-235, а ККД електростанції становить 30 %? Вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія

$$\begin{aligned}
 t &= 1 \text{ доба} \\
 &= 1 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \\
 m &= 2,5 \text{ кг} \\
 \eta &= 30 \% = 0,3 \\
 m_0 &= 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \\
 E_0 &= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж} \\
 E_{\text{кор}} &= ?
 \end{aligned}$$

3,2·10⁻¹¹ Дж, а маса атома Урану-235 дорівнює 3,9·10⁻²⁵ кг. (3 бали)

Дано: **Розв'язання** $h = \text{_____ кор}$

$\Rightarrow$

$$\text{кор} = h \text{ повна}$$

повна

$$\text{повна} =$$

$$= \text{_____}$$

$\Rightarrow$

$$\text{повна} = \text{_____} h \quad 1 \cdot \text{кг} \cdot \text{Дж}$$

$$\text{кор} = \text{_____}$$

[кор]

$$= \text{_____ кг} = \text{Дж}$$

$$\text{кор} = \frac{0,3 \cdot 2,5 \cdot 3,2 \cdot 10}{3,9 \cdot 10^{-25}} \approx 0,6 \cdot 10^{14} \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $\text{кор} = 600 \quad \text{ТДж.}$

4 варіант

1. Здатність ядер радіонуклідів довільно перетворюватися на ядра інших елементів із випромінюванням мікрочастинок. (1 бал)

а) Розщеплення ядра

б) Термоядерний синтез

в) Радіоактивність

г) Ланцюгова ядерна реакція

2. Яка одиниця вимірювання еквівалентної дози йонізуючого випромінювання?

(1 бал)

а) Бк

б) Зв

в) Гр

г) 1/с

3. Формула для обчислення сталої радіоактивного розпаду радіонукліда. (1 бал)

а) $= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$

б) $=$

в) $= \lambda$

г) $= \text{_____}$

4. Скільки протонів і скільки нейтронів міститься в ядрі атому Арсену As? (1 бал)

Арсен

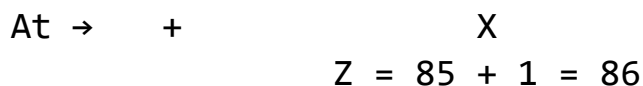
As:

$$A = 75$$

$$33 \\ = 42$$

$$Z = \\ = 75 - 33$$

5. Запишіть рівняння реакції розпаду. (2 бали) β -розпад: At;



$$A = 219 \\ \text{X} = \text{Rn}$$



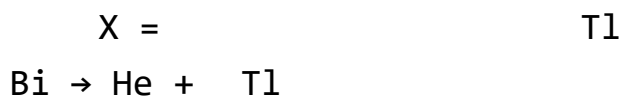
α -розпад: Bi



$$Z = 83 - 2 = 81$$

$$A = 212$$

$$- 4 = 208$$



6. Тіло поглинуло дозу йонізуючого випромінювання 0,24 Гр. Чому дорівнює потужність поглиненої дози, якщо тіло опромінювалося впродовж 12 с. (1 бал)

Дано:

$$D = 0,24 \text{ Гр}$$

$$t = 12 \text{ с}$$

$$P_D - ?$$

Розв'язання

$$= \frac{\quad}{0,02 \text{ с}} = \frac{\quad}{12 \text{ с}}$$

$$\frac{\text{Гр}}{\quad} = \frac{0,24}{\quad}$$

Відповідь:

$$= 0,02 \text{ Гр. с}$$

7. Тіло масою 5 кг опромінюють нейтронами. Знайдіть еквівалентну дозу йонізуючого випромінювання, якщо його енергія, передана тілу, становить 30 мДж.

вважайте, що коефіцієнт якості нейтронного випромінювання дорівнює 5. (2 бали) **Розв'язання**

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$W = 30 \text{ мДж}$$

$$= 30 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

$$K = 5$$

$$H - ?$$

Зв

$$H = \frac{1 \cdot \text{Дж}}{\text{кг}} = 1 \cdot \text{Гр} = \quad m \\ = \frac{5 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{\quad} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ (Зв)}$$

5

Відповідь: $= 30 \text{ мЗВ.}$

8. Скільки потрібно спалити нафти, щоб отримати таку саму енергію, як і при повному розпаді 2,38 г Урану-235. Питома теплота згоряння нафти $q_n = 44 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$. Вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія

$3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$, а маса атома Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$. (3 бали)

Розв'язання

Дано:

$$m_U = 2,38 \text{ г} \\ = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$q_n = 44 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$$

$$= 4,4 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$E_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$m_n = ?$$

$$\frac{m_U}{m_n} = \frac{E_0}{q_n} \Rightarrow m_n = \frac{m_U \cdot E_0}{q_n}$$

$$\text{кг} \cdot \text{Дж}$$

$$[m_n] = \frac{\text{Дж}}{\text{Дж/кг}} = \text{кг}$$

$$= \frac{2,38 \cdot 10^{-3} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{3,9 \cdot 10^{-25} \cdot 4,4 \cdot 10^7} = \frac{7,616 \cdot 10^{-14}}{17,16 \cdot 10^{-18}} \\ \approx 0,44 \cdot 10^4 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_n \approx 4400 \text{ кг.}$

Лекція 14 Захист навчальних проектів з теми «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики»

Мета уроку: визначити рівень оволодіння учнями знаннями за темою, обраною для навчального проекту в межах теми IV «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики».

Очікувані результати: презентуючи свою роботу, учні повинні продемонструвати знання, отримані в ході роботи над проектом в межах теми IV

«Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики»; вміння працювати індивідуально чи в команді; оцінювати роботу інших учнів. **Тип уроку:** урок контролю та корекції знань, умінь, навичок **Наочність і обладнання:** презентації проектів, моделі, установки.

Хід уроку I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. ПЕРЕВІРКА ДОМАШНЬОГО ЗАВДАННЯ

III. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

IV. ЗАХИСТ ПРОЕКТІВ

V. ПІДСУМОК УРОКУ

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 22 – 27

Орієнтовні теми

1. Ознайомлення з роботою побутового дозиметра.
2. Складання радіаційної карти регіону.
3. Радіологічний аналіз місцевих харчових продуктів.
4. Екологічні проблеми атомної енергетики.
5. Розщеплення атома: скринька Пандори чи вогонь Прометея?
6. Майбутнє Сонця та інших зір.

Орієнтовні критерії оцінювання навчального проекту

1. Актуальність - 1 бал.
2. Оформлення роботи (паперові носії) - 2 бали.
3. Достовірність - 1 бал.
4. Науковість - 2 бали.
5. Представлення - 2 бали.
6. Презентація (малюнки) - 2 бали.
7. Обговорення - 2 бали.

Орієнтовне оформлення проекту (паперові носії та презентація)

1. Назва проекту.
2. Тип проекту.
3. Керівник проекту (вчитель).
4. Виконавці проекту.
5. Проблема.
6. Мета.
7. Очікуваний результат (для дослідження).

8. Завдання проекту.
9. Хід роботи.
10. Висновки.
11. Використані джерела інформації.

Типи проектів

- Дослідницький.
- Інформаційно-пошуковий.
- Творчий.
- Рольовий.

Проект - це «п'ять П» ✓

Проблема.

- ✓ Проектування (планування).
- ✓ Пошук інформації.
- ✓ Продукт.
- ✓ Презентація (представлення результату).

ДОДАТКОВІ ТЕМИ

1. Великий адронний колайдер – шлях до вивчення будови Всесвіту.
2. Історія атома: від Демокріта до Резерфорда.
3. Цеглинки матерії, або Що таке кварки.
4. Науковий подвиг П'єра і Марії Кюрі (історія відкриття радію).
5. Як Резерфорд установив природу α -частинок.
6. Історія створення ядерного реактора.
7. Перші атомні електростанції.
8. Організація безпеки атомних реакторів.
9. Чорнобиль і Фукусіма – дві величезні ядерні катастрофи: що в них спільного, в чому різниця.
10. Термоядерний реактор – реактор майбутнього.
11. Драма ідей: історія атомної бомби.
12. Історія отримання штучних радіоактивних ізотопів.
13. Де і як застосовують штучні радіоактивні ізотопи.
14. Ядерно-фізичні методи вивчення віку археологічних знахідок.
15. Що таке радонові ванни.
16. Природна радіоактивність – безпечна чи небезпечна.
17. Хронологія атомної ери.