

УКРАЇНА
Відокремлений підрозділ
Національного університету біоресурсів
і природокористування України
«Ніжинський агротехнічний інститут»

Відділення з підготовки молодших спеціалістів

Циклова комісія загальноосвітніх дисциплін

М.Г.Новіков,
викладач – методист

навчальний посібник

ФІЗИКА
для студентів I – II-го курсів
ВНЗ I – II рівнів акредитації

Частини I – III

Ніжин – 2012

*Розглянуто на засіданні циклової комісії
Протокол № 1 від 29.08.2012 р.*

*Рекомендовано до видання
Вченою Радою ВП НУБіП України
« Ніжинський агротехнічний інститут »
Протокол № 1 від 30.08.2012 р.*

Автор:

викладач – методист ВПМС ВП НУБіП України
« Ніжинський агротехнічний інститут »
М.Г.Новіков

Рецензенти:

Старший викладач кафедри природничо - фундаментальних дисциплін
ВП НУБіП України « Ніжинський агротехнічний інститут », к.пед.н.
О.А.Заболотній

Доцент кафедри фізики
Ніжинського державного університету ім. М.В.Гоголя, к.пед.н.
В.М.Закалюжний

Новіков М.Г.

Навчальний посібник

ФІЗИКА для студентів I – II-го курсів ВНЗ I – II рівнів акредитації .

Частина I. ЛЕКЦІЇ

Частина II. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Частина III. САМОСТІЙНІ РОБОТИ – Ніжин: Міланік ,2012. - 94с.

*В даному посібнику запропоновані конспекти 39 лекцій курсу фізики для спеціальностей агропромислового напрямку. Посібник містить збірник задач для шістнадцяти практичних занять та тринадцять самостійних робіт з дисципліни «Фізика» (ОКР «Молодший спеціаліст», 140 годин).
Створений для студентів ВНЗ I – II рівнів акредитації і викладачів .*

© М.Г.Новіков, 2012

ВІД АВТОРА

Конспекти лекцій, запропоновані в цьому навчальному посібнику, розроблені і впорядковані викладачем – методистом М.Г.Новіковим у відповідності до типової навчальної програми «Фізика» для вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації, які здійснюють підготовку фахівців на основі базової загальної середньої освіти, схваленої комісією з фізики Науково-методичної ради з питань освіти Міністерства освіти і науки України (Витяг з протоколу № 23 від 14 червня 2010р.), рекомендованої Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти (від 16.08.10 № 1.4/18 3268).

Тридцять дев'ять конспектів лекцій (крім вступної і узагальнюючої) розділені на шість розділів: «Механіка», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електрика і магнетизм», «Коливання та хвилі», «Оптика та основи теорії відносності» і «Атомна і ядерна фізика».

Для зручності користування лекціям дані розгорнуті назви, що найповніше розкривають їх зміст; закони, правила, формули, поняття, константи і фізичні величини виділені в тексті напівжирним курсивом; одиниці вимірювання фізичних величин подаються в квадратних дужках.

Посібник містить збірник задач для шістнадцяти практичних занять та тринадцять самостійних робіт з дисципліни «Фізика».

Довідковий матеріал розміщений в кінці посібника.

Автор сподівається, що йому вдалося створити компактний і зручний у користуванні посібник, який стане в пригоді студентам і викладачам при засвоєнні традиційно нелегкої і насиченої програми з дисципліни ФІЗИКА і дозволить оптимізувати витрати часу на її засвоєння.

Частина І

ЛЕКЦІЇ

ВСТУП

Протягом усієї історії людства основним рушієм його розвитку було пізнання світу і себе в цьому світі. **Фізика** – це наука, що вивчає найпростіші і разом з тим найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості і будову матерії та закони її руху. Термін «**фізика**» походить від грецького *physis* – природа, і в античні часи ця наука охоплювала всю сукупність знань про природу. З часом виділились окремі науки, в тому числі й власне фізика.

Фізика – експериментальна наука. На основі спостережень і дослідів людина встановлює зв'язки між явищами і природними процесами та узагальнює отримані відомості у вигляді законів. **Закон** визначає загальні, суттєві, стійкі і повторювані зв'язки між явищами або властивостями природних об'єктів. Ці закономірні зв'язки існують у самій природі незалежно від людини, людина може лише пізнавати їх і використовувати в своїй практичній діяльності. Закони природи об'єктивні.

Закони можуть бути різного ступеня загальності. Основні закони або принципи фізики не доводяться логічно, а встановлюються як узагальнення дослідних результатів, тому дослідно закони природи встановлюються з певною точністю і мають відповідні межі застосування.

Для характеристики природних явищ і властивостей предметів у фізиці вводять **фізичні величини**.

Фізика є основою сучасного науково – технічного прогресу.

Пізнання фізичних об'єктів і явищ здійснюється шляхом застосування **методів фізичного дослідження**. Це спостереження, дослід і теоретичне узагальнення. **Спостереженням** називають вивчення предметів і явищ у природних умовах без порушення різноманітних зв'язків. Фізичний **дослід** – це відновлення явищ у штучних умовах і планомірне вивчення їх під впливом певних дій. Спостереження і результати дослідів **теоретично узагальнюються** на основі сучасного математичного апарату. Таким чином, **основою сучасної фізики є математика**.

Фізика має надзвичайно велике значення як одна із галузей інтелектуальної діяльності людини, що формує сучасне світосприйняття і світорозуміння.

1.МЕХАНІКА

1.1.КІНЕМАТИКА

Лекція №2

Механічний рух. Основна задача механіки. Система відліку. Відносність руху. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість руху. Закон додавання швидкостей. Графіки залежності кінематичних величин від часу. Миттєва швидкість

Механічним рухом називають зміну положення даного тіла (або його частин) відносно інших тіл.

Основна задача механіки полягає в тому, щоб, знаючи початкові умови руху тіла, визначити його положення в будь-який момент часу.

Тіло, відносно якого розглядається рух, називають **тілом відліку**. Система відліку складається з тіла відліку, системи координат(як правило, декартової) і точного годинника (хронометра).

Матеріальною точкою називають тіло, розмірами якого в даній задачі можна знехтувати.

Рух матеріальної точки в різних системах відліку виглядає по-різному.

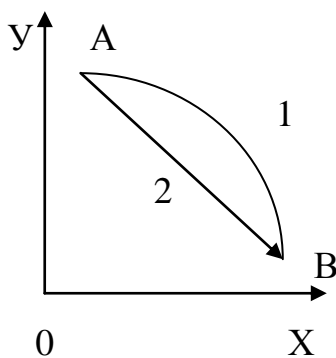


Рис.1

Лінія, по якій матеріальна точка рухається з т. А в т. В називається **траєкторією** руху (1), а вектор \overline{AB} – **переміщенням** (2, рис 1). В залежності від форми траєкторії рух поділяють на **прямолінійний** і **криволінійний**. Довжину траєкторії називають **пройденим шляхом (S)**

$v_c = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ – *середня швидкість*, де ΔS – шлях, пройдений матеріальною точкою за проміжок часу Δt . При нескінченному зменшенні проміжку часу середня швидкість перетворюється в *миттєву* v , [м/с].

Якщо друга система відліку рухається відносно першої зі швидкістю u , то *швидкості руху матеріальної точки в першій і другій системах відліку* v і v' пов'язані формулою $v' = v - u$.

При *рівномірному прямолінійному русі* матеріальної точки миттєва швидкість не залежить від часу і в кожній точці траєкторії напрямлена вздовж траєкторії.

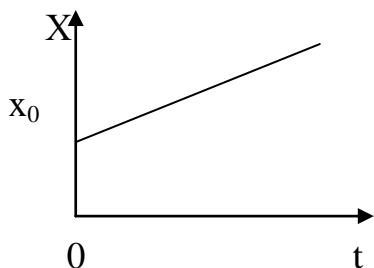


Рис. 2

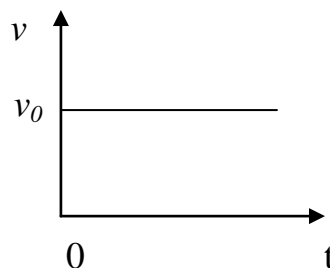


Рис. 3

Координата змінюється по закону : $x(t) = x_0 + vt$ (рис. 2), а швидкість : $v(t) = v_0$ (рис. 3).

**Прискорення. Рівноприскорений прямолінійний рух.
Графіки залежності кінематичних величин від часу.
Вільне падіння. Прискорення вільного падіння**

Середнім прискоренням називається фізична величина a_c рівна відношенню зміни швидкості до проміжку часу, протягом якого вона відбулась: $a_c = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. При нескінченному зменшенні проміжку часу середня прискорення перетворюється в *миттєве* a , [м/с²].

Рівноприскорений прямолінійний рух є частинним випадком нерівномірного руху, при якому прискорення залишається сталим за модулем і напрямком. Якщо напрямок прискорення співпадає з напрямком швидкості, рух називають **рівноприскореним**, якщо вектори прискорення і швидкості протилежні – **рівносповільненим**.

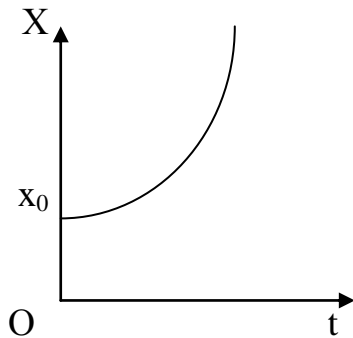


Рис. 4

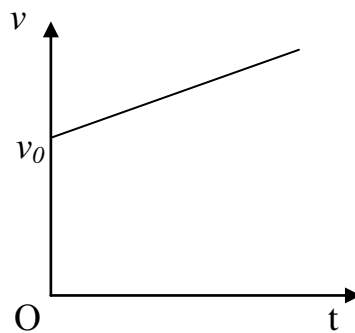


Рис. 5

Координата змінюється по закону: $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$ (рис. 4), а швидкість: $v = v_0 + at$ (рис. 5).

З цих двох законів можна вивести формулу, що пов'язує прискорення, швидкість і пройдений шлях без врахування часу: $v^2 - v_0^2 = 2aS$, де v_0 – швидкість тіла на початку відрізка шляху S , v – швидкість тіла на його кінці, при умові, що тіло проходить шлях S , рухаючись з прискоренням a .

Вільним падінням називається рух, який здійснювало б тіло під дією сили тяжіння без врахування опору повітря. При вільному падінні з невеликої висоти тіло рухається з постійним прискоренням $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, напрямленим вертикально вниз (**прискорення вільного падіння**). Якщо початкова швидкість дорівнює нулю, шлях, пройдений тілом за час t : $h = \frac{gt^2}{2}$, а швидкість в цей момент: $v = \sqrt{2gh}$.

**Рівномірний рух по колу. Період, частота обертання.
Кутова, лінійна швидкість. Доцентрове прискорення**

Рух по колу є найпростішим прикладом криволінійного руху.

При *рівномірному русі по колу* модуль миттєвої швидкості v протягом часу не змінюється. Зміна напрямку вектора v характеризується *доцентровим прискоренням* $a_n = \frac{v^2}{R}$, [м/с²].

Періодом обертання T , [с] називають проміжок часу, протягом якого точка здійснює один *повний оберт* по колу, а обернена до нього величина $\nu = \frac{1}{T}$ – *частотою*, [Гц], $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$.

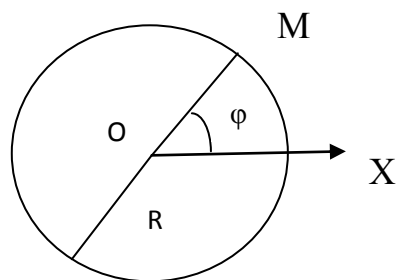


Рис. 6

Для опису руху матеріальної точки M по колу використовується також *полярна система координат* (рис. 6), де φ – *кутова координата*, а $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ – *кутова швидкість*, при чому $\omega = 2\pi\nu$, [с⁻¹].

Лінійна і кутова швидкості пов'язані формулою : $v = \omega R$.

1.2.ДИНАМІКА

ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Лекція №5

Механічна взаємодія. Причини руху. Сила. Види сил в природі. Інерціальна система відліку. І закон Ньютона. Інертність. Маса

В *динаміці* розглядається вплив *взаємодії* між тілами на їх *механічний рух*.

Основна задача динаміки полягає в визначенні положення тіла в довільний момент часу по відомим початковому положенню тіла, початковій швидкості та *силам*, що діють на тіло.

Мірою механічної дії на матеріальну точку або тіло з боку інших тіл є векторна фізична величина, що називається *силою* (F).

Механічні сили в природі:

- 1.*Гравітаційні сили*
- 2.*Сили пружності*
- 3.*Сили тертя*

Системи відліку, в яких матеріальна точка, що не зазнає дії з боку інших тіл, знаходиться в стані спокою або рухається рівномірно і прямолінійно, називаються *інерціальними*.

Перший закон Ньютона: будь – яка матеріальна точка зберігає стан спокою або рівномірного і прямолінійного руху до тих пір, поки зовнішні дії не змінять цього стану.

Властивість тіла зберігати свою швидкість при відсутності взаємодії з іншими тілами називається *інертністю*.

Фізична величина, що є мірою інертності тіла називається *масою*, (m), [кг], *кілограм* – основна величина СІ, визначається еталоном.

II закон Ньютона. Вимірювання сил. Додавання сил.
 III закон Ньютона. Межа застосування законів Ньютона

Другий закон Ньютона: прискорення, якого набуває матеріальна точка в інерціальній системі відліку, прямо пропорційне силі, що діє на точку, обернено пропорційне її масі і збігається з силою по напрямку: $a = \frac{F}{m}$.

Сили вимірюють пружинним динамометром в *ньютон*ах, [Н], $1\text{Н} = 1\text{кг} \cdot 1\text{м/с}^2$ і додають як вектори (рис. 7): $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

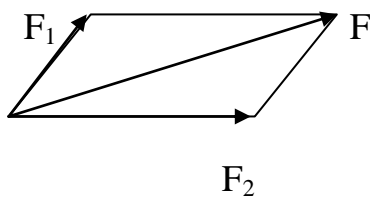


Рис. 7

Третій закон Ньютона : сили взаємодії двох матеріальних точок в інерціальній системі відліку рівні за модулем і протилежно напрямлені
 $F_{ik} = - F_{ki}$

Закони Ньютона виконуються в інерціальних системах відліку, дія III закону Ньютона обмежена для тіл, що не перебувають в безпосередньому контакті.

**Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння.
Сила тяжіння. Вага і невагомість. Штучні супутники Землі.
Внесок українських вчених в розвиток космонавтики**

Гравітаційні сили діють між тілами, що мають масу і описуються *законом всесвітнього тяжіння*: $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$, де m_1 і m_2 – маси тіл, що притягаються, R – відстань між їх центрами мас, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – *гравітаційна стала*.

На тіло, що знаходиться біля поверхні Землі діє сила тяжіння: $F = mg$, де $g = G \frac{M}{R^2}$ (M – маса Землі, R – радіус Землі).

Вагою тіла P називають силу, з якою воно в наслідок притягання до Землі діє на опору чи підвіс. В *нерухомій відносно Землі системі відліку $P = mg$* . Ця ж формула діє і у випадку *рівномірного прямолінійного руху системи відліку відносно Землі*. Вага тіла в системі, що рухається *рівноприскорено* вверх з прискоренням a зростає (*перегрузка*) і обчислюється за формулою: $P = m(g + a)$, а при русі *вниз* – зменшується (*невагомість*): $P = m(g - a)$.

Щоб тіло перетворилось на *штучний супутник Землі (ШСЗ)* йому потрібно надати першої космічної швидкості: $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$.

Сьогодні ШСЗ виконують найрізноманітніші функції: зв'язок, навігація, спостереження за потенційно небезпечними об'єктами. В освоєння космосу внесли неоціненний вклад українці *Сергій Павлович Корольов* – творець і керівник радянської космічної програми, *Юрій Васильович Кондратюк (Олександр Ігнатійович Шаргей)*, чий розрахунок були використані американцями для польоту і посадки на Місяці у проекті „APOLLO”, а метод гальмування корабля в атмосфері актуальний і до нашого часу, *Микола Іванович Кибальчич*, чий проект космічної капсули став прототипом для сучасних космічних кораблів. Сучасне світове ракетобудування неможливо уявити без досягнень *КБ «Південне» в м. Дніпропетровськ*: проектів *«Космос»* і *«Циклон»* (генеральний конструктор *Михайло Кузьмич Янгель*), *«Протон»* (*Володимир Миколайович Челомей*), *«Зеніт»*, *«Дніпро»*, *«Січ»*, *«Океан»* та *«Sealanch»* (*Станіслав Миколайович Конюхов*)

**Деформація тіл. Сила пружності. Механічна напруга.
Закон Гука. Механічні властивості твердих тіл.**

Деформацією називають зміну форми тіла під дією зовнішньої сили. Якщо деформація **зникає після припинення дії сили**, вона називається **пружною**, якщо **ні** – **пластичною**. У твердих тілах можуть виникати **5 видів деформацій: розтяг, стиск, зсув, кручення і згин**.

Сили пружності виникають в пружно деформованих тілах і описуються **законом Гука** : $F = - k\Delta l$, де k – жорсткість даного тіла, Δl – видовження (стиснення) тіла (рис. 8). Знак «мінус» показує, що сила пружності протилежна видовженню за напрямком.

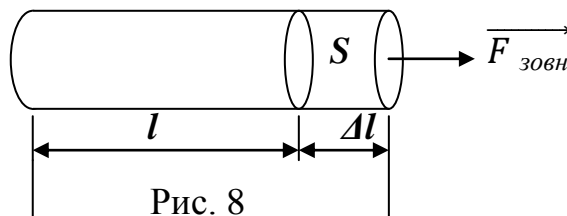


Рис. 8

При **пружних деформаціях стержня** $k = E \frac{S}{l}$, де S – **площа поперечного перерізу стержня**, а $E, [Па]$ – коефіцієнт пропорційності, що залежить від матеріалу, з якого виготовлено стержень – **модуль Юнга**. Враховуючи вже відомий запис закону Гука, отримаємо $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$ і введемо нові позначення : $\frac{F}{S} = \sigma, [Па]$ – **механічна напруга**, $\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon$ – **відносне видовження**. Це дає можливість записати **закон Гука в новій редакції** : $\sigma = \varepsilon E$, з якої стає зрозумілим **фізичний зміст модуля Юнга** : це напруга, що виникає в стержні, якщо розтягнути його вдвічі.

Графічне зображення залежності механічної напруги в зразку від його відносного видовження називається **діаграмою розтягу** (рис. 9).

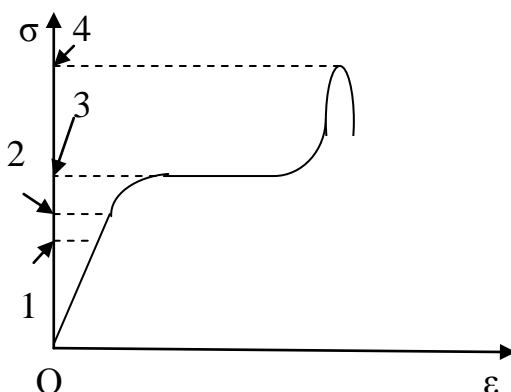


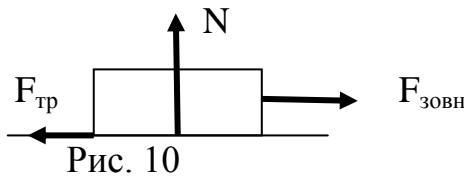
Рис. 9

- 1 – межа пропорційності,*
- 2 – межа пружності,*
- 3 – межа текучості,*
- 4 – межа міцності.*

Під *міцністю* розуміють здатність матеріалу опиратись руйнуванню і залишковій деформації. *Коефіцієнтом безпеки (запасом міцності)* називають відношення межі пропорційності даного матеріалу до максимальної напруги, якої зазнаватиме деталь конструкції в ході експлуатації: $n = \frac{\sigma_n}{\sigma_m}$.

**Сила тертя. Коефіцієнт тертя.
Рух тіла під дією кількох сил. Рівновага тіл.
Момент сили. Умова рівноваги тіла, що має вісь обертання**

Зовнішнім тертям називається взаємодія між різними тілами, що дотикаються, яка перешкоджає їх відносному переміщенню. **Тертя між твердими тілами** називається **сухим** і підрозділяється на **тертя спокою** і **тертя ковзання**.



Сила тертя обчислюється за формулою: $F_{тр} = \mu N$, де μ – **коефіцієнт тертя спокою** (безрозмірний, застосовується також при рівномірному русі), N – **сила нормальної реакції опори** (рис. 10).

Якщо на матеріальну точку (тіло) діють кілька сил одночасно, то їх можна замінити однією, що називається **рівнодіючою** і являє собою векторну суму всіх сил, що діють на точку. Про **рівновагу** сил ми говоримо, коли їх рівнодіюча дорівнює нулю.

Тверде тіло, що має вісь обертання, рухається під дією **моментів сил**.

Моментом сили називається фізична величина, що дорівнює добутку модуля сили на її плече відносно осі обертання: $M = Fd$, [Н·м].

Плечем сили відносно осі обертання називають найкоротшу відстань від осі обертання до лінії дії сили (рис. 11)

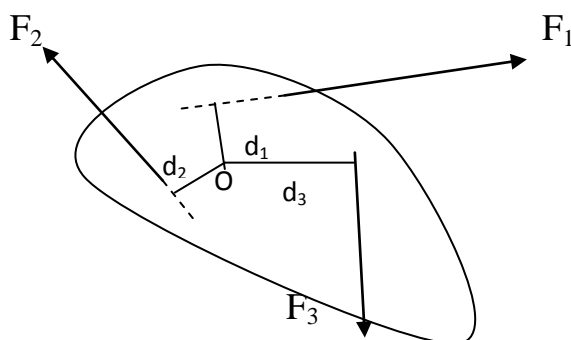


Рис. 11

Сумарний момент кількох сил, що діють на тіло, дорівнює алгебраїчній сумі моментів всіх сил відносно осі, причому моменти сил, що обертають тіло по годинниковій стрільці і проти беруться з різними знаками. Тіло знаходиться **в стані рівноваги**, якщо сумарний момент сил, що діють на нього дорівнює нулю: $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$.

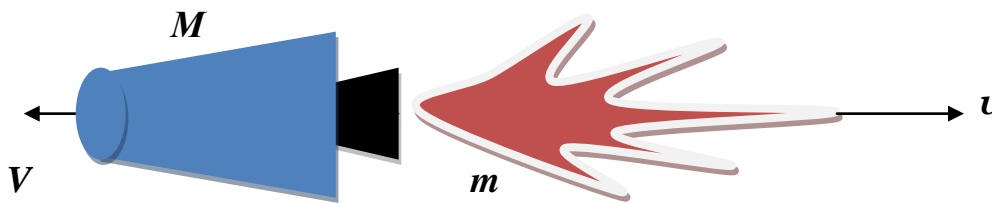
Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух. Механічна енергія. Кінетична і потенціальна енергія. Закон збереження енергії в механічних процесах. Абсолютно пружний удар.

Імпульсом тіла називається фізична величина, що дорівнює добутку маси тіла на його швидкість : $p = mv$, [кг · м/с].

Закон збереження імпульсу для замкнутої системи тіл : *в інерціальній системі відліку сумарний імпульс замкнутої системи тіл не змінюється з часом:* $mv_1 + mv_2 + \dots + mv_n = const.$

Зміна сумарного імпульсу системи визначається тільки *рівнодіючою зовнішніх сил:* $\Delta p = F\Delta t.$

Закон збереження імпульсу лежить в основі реактивного руху (рис. 12)



$$V = \frac{mv}{M}$$

Рис. 12

Механічна енергія E, [Дж], джоуль, $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$, це скалярна фізична величина, що характеризує рух і взаємодію тіл і є функцією швидкостей і взаємного розміщення тіл. Вона дорівнює сумі *кінетичної K* та *потенціальної П енергій*.

Кінетична енергія K матеріальної точки (тіла) є мірою їх механічного руху:

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Потенціальною енергією П називається частина механічної енергії, що залежить від конфігурації. Наприклад, *потенціальна енергія тіла, піднятого над землею:* $P = mgh$, *потенціальна енергія пружно деформованого тіла :*

$$P = \frac{kx^2}{2}.$$

Закон збереження механічної енергії : *механічна енергія системи залишається незмінною в процесі руху системи :* $E = K + P = const.$

Удар двох куль називається *абсолютно пружним*, якщо в результаті взаємодії механічна енергія системи не змінюється.

2.МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

2.1.ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ, РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ

Лекція №11

Основні положення МКТ.

**Маса і розміри молекул. Кількість речовини.
Взаємодія атомів і молекул речовини в різних агрегатних станах.
Температура та її вимірювання**

Основні положення *молекулярно – кінетичної теорії (МКТ) будови речовини:*

1. Будь – яка речовина складається з найдрібніших частинок – атомів чи молекул.
2. Атоми і молекули перебувають у безперервному хаотичному (тепловому) русі.
3. Між молекулами (атомами) існують сили взаємодії, які залежать від відстані між ними і можуть бути силами притягання або відштовхування.

Маси молекул і атомів дуже малі, m_0 порядку 10^{-27} кг, тому для їх вимірювання використовують спеціальну одиницю вимірювання – *атомну одиницю маси (а.о.м.)*, що становить 1/12 маси атома Карбону (С).

Виміряна в а.о.м. маса атома (молекули) називається відносною атомною (молекулярною) масою $A_r (M_r)$, причому $m_0 = 1,66 \cdot 10^{-27} M_r$ кг. A_r чисельно співпадає з *масовим числом* атома в *періодичній системі Д.І.Менделєєва*.

Молекули настільки малі, що, нехтуючи їх справжньою формою, їх вважають кульками *діаметром $d = 10^{-10} \div 10^{-9}$ м*.

За одиницю *кількості речовини (ν)* приймають таку кількість речовини, в якій міститься $6,06 \cdot 10^{23}$ *частинок (молекул або атомів)*, вона називається *1 моль*.

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ *моль⁻¹ – стала (число) Авогадро*, показує кількість молекул в 1 молі будь – якої речовини, масу 1 моля речовини називають її *молярною*

масою M . Виміряна в грамах вона чисельно співпадає з молекулярною масою.

Взаємодія молекул носить різний характер в різних **агрегатних станах речовини:**

в **газах** вони розміщені далеко одна від одної, тому майже не взаємодіють, через що гази **не зберігають ні форму, ні об'єм;**

в **рідинах** молекули розміщені значно ближче, взаємодіють сильніше, тому , хоч і **не зберігають форму, зберігають об'єм;**

в **твердих тілах** молекули розміщаються майже впритул, тому взаємодіють дуже сильно і **зберігають і форму, і об'єм.**

Тіла, які під час контакту не обмінюються енергією, знаходяться у стані **теплової рівноваги** мають однакову **температуру**. Її вимірюють **термометром**, проградуєваним за шкалою Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) або **Цельсія** ($^{\circ}\text{C}$). В **Міжнародній системі одиниць** використовується **шкала абсолютних температур У.Кельвіна (К)**. **0 К – абсолютний нуль**, температура, при якій припиняється тепловий рух молекул, **$0\text{ К} = -273,15^{\circ}\text{C}$** , тому **$T = t^{\circ} + 273,15\text{ К}$** .

Досліди і розрахунки показують, що **середня кінетична енергія молекул** пропорційна **абсолютній температурі газу T** . Для **ідеального газу** :

$$\overline{E_k} = \frac{m\overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} kT, \text{ де } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} - \text{ стала Больцмана.}$$

Температура – це міра середньої кінетичної енергії руху молекул для речовини в будь – якому стані.

**Властивості газів. Тиск. Основне рівняння МКТ.
Рівняння Менделєєва – Клапейрона. Ізопроееси.
Швидкість молекул ідеального газу**

При вивченні газів використовують *ідеальний газ*, модель, що дає можливість пояснити основні властивості газів і встановити деякі важливі закономірності їх поведінки. Вважатимемо, що молекули ідеального газу взаємодіють між собою виключно зіштовхуючись, як кульки під час абсолютно – пружного удару (лек. 10). Надалі, говорячи про газ, будемо мати на увазі ідеальний газ.

Тиск газу зумовлюється ударами молекул об стінки посудини при тепловому русі. При цьому **зміна імпульсів частинок** спричиняє **силу тиску** на стінки посудини (лек. 10).

Основне рівняння МКТ:

$p = \frac{1}{3} n m_0 v^2$, де p , [Па], паскаль, $1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2}$ – тиск газу, n – концентрація молекул, m_0 – маса молекули, v^2 – середній квадрат швидкості молекул;

або $p = \frac{2}{3} n K$, де K – середня кінетична енергія поступального руху молекул;

або $p = \frac{1}{3} \rho v^2$, де ρ – густина газу.

Рівняння стану газу (рівняння Менделєєва – Клапейрона)

$pV = \frac{m}{M} RT$, де $R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{К} \cdot \text{моль})$ – універсальна газова стала.

Процеси, що протікають в певній кількості газу, при незмінності одного з трьох **макропараметрів** (p, V, T) називаються **ізопроеесами** і описуються відповідними законами:

1. **Ізотермічний, закон Бойля – Маріотта** : при $T = \text{const}$ $pV = \text{const}$ (рис.13)

2. **Ізобарний, закон Гей – Люссака** : при $p = \text{const}$ $\frac{V}{T} = \text{const}$ (рис.14)

3. **Ізохорний, закон Шарля** : при $V = \text{const}$ $\frac{p}{T} = \text{const}$ (рис.15)

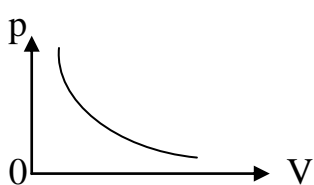


Рис. 13

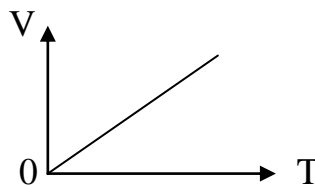


Рис. 14

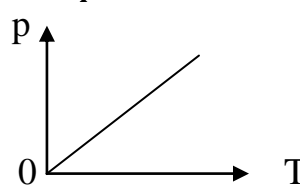


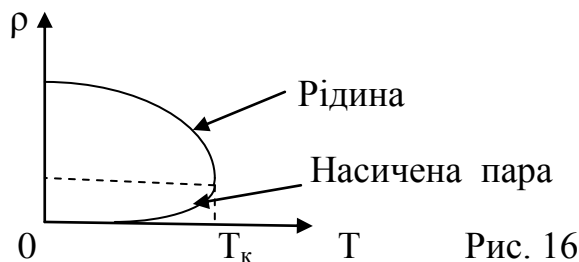
Рис. 15

Швидкість руху молекул газу встановив **Отто Штерн**, провівши в 1920р. класичний дослід з концентричними циліндрами, що могли обертатись навколо посрібненої платинові нитки. Для **парів срібла** він отримав значення **500 м/с**. Значення для **реальних газів** становлять: азот – 454 м/с, водень – 1693 м/с, вуглекислий газ – 362 м/с, гелій – 1200 м/с, кисень – 425 м/с, пара води – 566 м/с.

**Пароутворення. Насичена і ненасичена пара. Кипіння.
Вологість повітря. Точка роси. Змочування. Капілярні явища**

Процес перетворення рідких і твердих речовин у газоподібний стан називається **пароутворенням**. Відбувається двома способами : **випаровуванням і кипінням**.

Випаровування відбувається з поверхні рідини за будь – якої температури. Якщо рідина перебуває в **відкритій посудині**, випаровування продовжується доти, поки вся рідина не перетвориться в пару. Коли рідина перебуває в **закритій посудині** і займає лише частину її об'єму, настає такий момент, що кількість молекул, які вилітають з рідини, дорівнює кількості молекул, що в неї повертаються – настає **динамічна рівновага рідини і пари**. Пара, яка перебуває в динамічній рівновазі зі своєю рідиною, називається **насиченою**; яка не перебуває – **ненасиченою**. Під час нагрівання густина насиченої пари зростає, а густина рідини зменшується і за деякої температури T_k різниця між ними зникає (рис. 16) T_k – **критична температура**. Тиск насиченої пари речовини при T_k називається **критичним тиском**.



Критичні тиски і температури є **характеристичними параметрами** речовин.

Кипінням називається випаровування всередині рідини з виділенням бульбашок пари. Воно відбувається, за такої температури, коли тиск насиченої пари рідини починає перевищувати атмосферний. Під час **підвищення тиску** на рідину **температура кипіння зростає (автоклав)**, а під час **зниження** – **зменшується (кипіння високо в горах)**.

Величину, яка вимірюється кількістю водяної пари (в грамах), що міститься в 1 м^3 повітря, називають **абсолютною вологістю повітря**. Оскільки за абсолютною вологістю повітря ще не можна встановити, наскільки воно сухе чи вологе (це залежить також від температури повітря), вводять поняття відносної вологості, що показує, наскільки водяна пара у повітрі близька до стану насичення.

Відотною вологістю повітря називають величину, яка вимірюється відношенням абсолютної вологості до кількості пари, необхідної для насичення 1 м^3 повітря за тієї самої температури. Вимірюється у

відсотках. Температуру, за якої відносна вологість повітря становить 100% називають **точкою роси**.

Точку роси визначають за допомогою **гігрометра**. Прокачуючи повітря через резервуар гігрометра, заповнений ефіром, викликають його активне випаровування, що спричиняє зниження температури стінок резервуара, в тому числі, дзеркальної. В той момент, коли температура знизиться до значення, при якому наявна в повітрі пара насичує його, на дзеркалі гігрометра випаде роса.

В цей момент спостерігач фіксує температуру випадання роси, і, припинивши прокачування повітря, чекає моменту зникнення роси, фіксуючи температуру зникнення роси. Середнє арифметичне цих температур приймають за точку роси. Знаючи її, за **таблицею густини і тиску насиченої водяної пари** визначають абсолютну вологість повітря. за даної температури. Відносну вологість повітря визначають за формулою

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_i} \cdot 100\% , \text{ де } \rho_a - \text{абсолютна вологість повітря, } \rho_n - \text{густина водяної}$$

пари, яка насичує повітря.

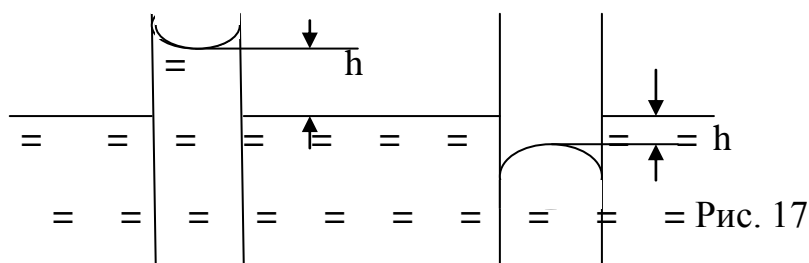
Сила поверхневого натягу – це сила, яка діє вздовж поверхні рідини, перпендикулярно до лінії, яка обмежує поверхню, і спрямована в бік її скорочення. Відношення сили поверхневого натягу до довжини периметра, що обмежує поверхню рідини, називається **поверхневим натягом [Н/м]** :

$$\sigma = \frac{F}{l} . \text{ Речовини, що послаблюють поверхневий натяг рідини називаються } \textit{поверхнево - активними} .$$

Про рідину, яка розтікається тонкою плівкою по твердому тілу, кажуть, що вона **змочує** дане тверде тіло; про рідину, яка не розтікається, а, навпаки, стягується в краплю, кажуть, що вона **не змочує** це тіло. **Змочування** застосовується при **склеюванні, паянні, фарбуванні, змащенні, флотації**.

Явища, що відбуваються у вузьких трубках, називаються **капілярними**. Висота, на яку піднімається рідина, що змочує капіляр (опускається рідина, що не змочує його) визначається за формулою :

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \text{ (рис. 17)}$$



Явище змочування надзвичайно поширене в **природі, техніці та побуті** : надходження поживних речовин і вологи з ґрунту в рослини (боронування і коткування), гідроізоляція, рушники і серветки та ін.

Особливості будови твердих тіл. Кристали. Полімери

Тверде тіло зберігає форму і має міцність (лек. 8)

Власне твердими тілами є тільки *кристалічні, аморфні* будемо розглядати як дуже в'язкі рідини.

Якщо весь шматок твердої речовини є одним кристалом, то ми маємо справу з *монокристалом*, його ознакою є *анізотропність* (неоднаковість у різних напрямках кристалу) механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних властивостей. Тіло, яке складається з безлічі неупорядковано розміщених дрібних кристалів, називається *полікристалом*. Вони *ізотропні*.

Найголовнішою ознакою твердого тіла є його *кристалічна структура*: положення рівноваги, навколо яких коливаються частинки під час теплового руху, (*вузли*) утворюють *просторову кристалічну решітку*. В залежності від фізичної природи сил, що діють між частинками, розрізняють *чотири типи кристалічних решіток* : *йонні (NaCl), атомні (C), металічні (всі метали) і молекулярні (H₂O)*.

Полімери – це форма організації матерії. Молекула полімеру – це численні малі системи, які складаються з однакових чи різних елементів, що дає можливість поєднувати у полімерах *специфічні властивості*, які, на перший погляд, навіть немислимі : жорсткість і еластичність, твердість і надтекучість, розчинність і нерозчинність, газопроникність і газонепроникність.

Сучасне машинобудування, авіація, космічна техніка, автомобілебудування, електро- і радіотехніка немислимі без використання *полімерних матеріалів*. В залежності від технології переробки з певних полімерів можуть утворитися *пластмаси і волокна, лаки і фарби* тощо. Широке застосування полімери знаходять після переробки в полімерні матеріали : *полімерні плівки, клеї, герметики*.

2.2.ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

Лекція №15

Внутрішня енергія. Два способи зміни внутрішньої енергії. Робота газу

Ми вже знаємо, що будь – яке макроскопічне тіло має **внутрішню енергію**. Надалі (з точки зору МКТ) під внутрішньою енергією ми будемо розуміти **енергію хаотичного руху молекул і енергію їх взаємодії**. Для **одноатомного ідеального газу** внутрішня енергія залежить лише від його абсолютної температури : $U = f(T)$, а **зміна внутрішньої енергії** даної маси

газу визначається за формулою :
$$\Delta U = \frac{3m}{2M} R\Delta T.$$

Від одного тіла до іншого внутрішню енергію можна передати двома способами : **виконанням механічної роботи** (тоді кількість переданої енергії називають **робота, A**), або **теплопередачею** (кількість теплоти, **Q**).

$A = FSc\cos\alpha$ – **механічна робота** (подолання тертя, деформація, дроблення тіл тощо);

$A = p(V_2 - V_1)$ – **робота, виконана газом за ізобарного розширення проти зовнішніх сил**, p – тиск, V_2 і V_1 – кінцевий і початковий об'єми газу

$Q = c m \Delta T$ – **кількість теплоти під час нагрівання (охолодження) однорідного тіла**, c – **питома теплоємність речовини** (кількість теплоти, яку треба надати 1 кг речовини, щоб збільшити її температуру на 1 К);

$Q = \lambda m$ – **кількість теплоти під час плавлення (кристалізації)**, λ – **питома теплота плавлення** (кількість теплоти, необхідна для перетворення 1 кг кристалічної речовини за температури плавлення в рідину тієї самої температури);

$Q = r m$ – **кількість теплоти під час пароутворення (конденсації)**, r – **питома теплота пароутворення** (кількість теплоти, необхідна для перетворення 1 кг рідини за температури кипіння в газ тієї самої температури)

$Q = q m$ – **кількість теплоти під час згоряння палива**, q – **питома теплота згоряння палива** (кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива).

**I закон термодинаміки. Застосування його до ізопроцесів.
Рівняння теплового балансу. Адіабатний процес.
Необоротність теплових процесів.**

Якщо ΔU – зміна внутрішньої енергії системи, Q – кількість теплоти, надана системі, A' – робота, виконана над системою зовнішніми силами, A – робота, виконана системою над зовнішніми силами ($A' = -A$), то твердження $\Delta U = Q + A'$ називають **першим законом термодинаміки** (інші варіанти запису $\Delta U = Q - A$ або $Q = \Delta U + A$)

Історично встановлення цього закону пов'язане з невдачами у створенні теплових машин, які могли б нескінченно довго виконувати роботу без надходження теплоти ззовні («вічний» двигун першого роду). При $Q = 0$, $A = -\Delta U$ – отже, «вічний» двигун другого роду побудувати неможливо.

Перший закон термодинаміки

В ізохорному процесі: $Q = \Delta U$ ($V_2 - V_1 = 0$, отже $A = 0$)

В ізотермічному процесі: $Q = A$ ($\Delta U = 0$)

В ізобарному процесі: $Q = \Delta U + A$

Рівняння теплового балансу виражає закон збереження енергії в процесі теплообміну: для n тіл, що знаходяться в тепловому контакті $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$, при чому $Q > 0$ для тіл, що одержують тепло, $Q < 0$ для тіл, що віддають.

Адіабатним називають процес зміни стану газу, що відбувається без теплообміну з навколишнім середовищем. В адіабатному процесі: $\Delta U = -A$ ($Q = 0$).

Процес називають **оборотним**, якщо можливе повернення системи в початковий стан без будь-яких змін у навколишньому середовищі. **Всі процеси в природі необоротні.**

Другий закон термодинаміки: теплота не може переходити сама по собі від менш нагрітого тіла до більш нагрітого. Другий закон термодинаміки показує неможливість «вічного» двигуна другого роду – теплової машини, що виконувала б роботу як завгодно довго за рахунок одержання теплоти з навколишнього середовища.

Теплові машини

Кожна *теплова машина* має *нагрівник, робоче тіло* (внаслідок нагрівання і наступного охолодження виконує роботу) і *холодильник*.

Сукупність змін стану газу, в результаті яких він повертається у вихідний стан називають *круговим процесом або циклом*. *Цикл Карно*:

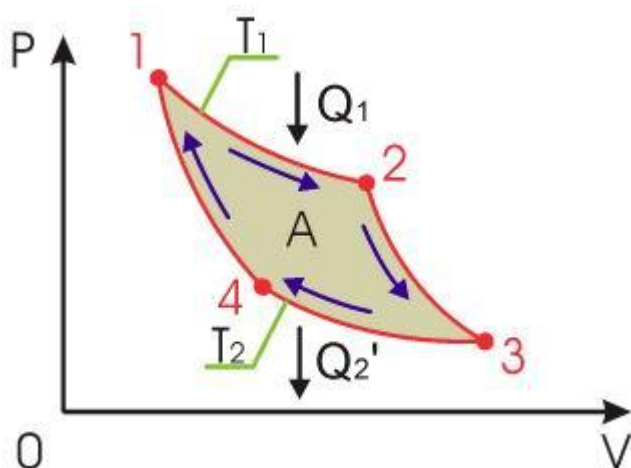


Рис. 18

1-2 – ізотермічне розширення, 2-3 – адіабатне розширення, 3-4 – ізотермічне стисання, 4-1 – адіабатне стисання.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} - \text{ККД циклу або теплової машини}$$

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} - \text{найвищий тепловий ККД за умови ідеального процесу}$$

перетворення внутрішньої енергії в механічну

Деякі теплові машини:

*1. Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ)
(Бензиновий ДВЗ і ДВЗ системи Дизеля)*

2. Турбіни

Парові турбіни

Принцип роботи: пара від котла через сопла спрямовується на лопатки ротора, при цьому внутрішня енергія пари в кінетичну енергію струмини.

Ротори *турбін активної дії* обертаються в результаті удару струмини пари об лопатки.

В *турбінах реактивної дії* лопатки розміщені так, що пара, вириваючись зі щілин між ними, створює реактивну тягу.

Турбіни бувають *одноступеневими* і *багатоступеневими*.

Позитивні якості: швидкість, компактність, значна потужність і велика питома потужність (потужність, що припадає на 1 кг маси двигуна)

Негативні якості: інерційність, нерегульованість швидкості обертання, відсутність зворотнього ходу.

ККД: 25%

Газові турбіни

В якості робочого тіла – розжарений газ, **ККД** зростає до 60 – 65 %

Перевага: мала маса за рахунок відсутності котельної установки

Застосування: автомобільний та залізничний транспорт.

3. Реактивні двигуни

Теплові двигуни, які використовують реактивну тягу газів, що витікають. Застосовуються переважно в авіації.

Прямоточний повітряно – реактивний двигун

Принцип роботи: зустрічний потік нагнітає повітря в камеру згоряння, куди впорскується паливо і підпалюється. Розжарені продукти згоряння (гази) вилітають з сопла з великою швидкістю, створюючи реактивну тягу.

Недолік: працює тільки на швидкості 2000-3000 км/с.

Турбокомпресорні реактивні двигуни

Мають **турбіну**, яка працює за рахунок енергії витікаючої струмینی газів, і **компресор**, що нагнітає повітря в камеру згоряння. В залежності від розподілу потужності поділяються на Турбореактивні і турбогвинтові.

В **турбореактивних** двигунах менша частина енергії йде на обертання газової турбіни (яка приводить у дію тільки компресор), більша створює реактивну тягу.

В **турбогвинтових** більша частина енергії йде на обертання газової турбіни, що приводить в дію пропелер і компресор, а менша створює реактивну тягу.

Застосування теплових машин

транспорт: автомобільний, залізничний, водний, повітряний

енергетика: теплові електростанції, атомні електростанції

космічні та міжпланетні польоти

Проблеми охорони навколишнього середовища

на згоряння палива витрачається 10-25 % кисню, що виробляють зелені рослини

викидання в атмосферу оксиду карбону, оксиду сульфуру (600 млн т за рік), попіл (200-250 млн т за рік)

смог і парниковий ефект

шляхи розв'язання:

установка газоочисного і пиловловлюючого обладнання на електростанціях
фільтри на автомобільних двигунах

зменшення кількості шкідливих домішок в пальному

перспективи:

двигуни на біопаливі

двигуни на водні, що отримується з води

гібриди (біодизель + електродвигун)

3.ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

3.1.Електричне поле

Лекція №18

**Електричне поле. Напруженість електричного поля.
Потенціал. Різниця потенціалів. Напряга.
Зв'язок між напруженістю і напрягою**

Існують *два види електричних зарядів: позитивні* (шовк + скло) і *негативні* (ебоніт + шерсть).

Величина зарядів q вимірюється в кулонах, [Кл], $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$.

Закон збереження електричних зарядів: алгебраїчна сума зарядів, які виникають внаслідок будь-якого електричного процесу на всіх тілах, що беруть участь у процесі, завжди дорівнює нулю.

Закон Кулона (1785 р.) : два нерухомі точкові електричні заряди взаємодіють із силою, прямо пропорційною добутку цих зарядів і обернено пропорційною квадрату відстані між ними

$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon R^2}$, де $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$, ϵ – відносна діелектрична проникність речовини, показує в скільки разів послаблюється кулонівська сила в даній речовині.

або $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, де $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$ – електрична стала.

Електричне поле є одним з видів матерії. Основна властивість електричного поля, завдяки якій воно виявляє своє існування, – це здатність діяти на електричні заряди з певною *силою*.

Силова характеристика електричного поля : напруженість – векторна фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню сили, з якою поле діє на точковий заряд, уміщений в цю точку, до цього заряду: $E = \frac{F}{q}$,

одиниця 1 Н/Кл, напрямок збігається з напрямком F для позитивного заряду.

Принцип суперпозиції полів : напруженість результуючого електричного поля дорівнює векторній сумі напруженостей полів, створюваних окремими зарядами.

Електричне поле *потенціальне* – робота сил поля під час переміщення в ньому заряду не залежить від траєкторії, а лише від положення початкової і кінцевої точок: $A = \Pi_1 - \Pi_2$, або $\frac{A}{q} = \frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q} = \phi_1 - \phi_2$,

де ϕ – енергетична характеристика електричного поля, потенціал. Фізичний смисл має тільки *різниця потенціалів – напряга* $U = \phi_1 - \phi_2$, [вольт, $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / \text{Кл}$]. Для однорідного електричного поля $U = E \Delta d$.

**Електроємність.
Конденсатори: види та використання.
Енергія електричного поля**

Електроємністю провідника називають величину, яка вимірюється відношенням заряду провідника до його потенціалу: $C = \frac{q}{\phi}$ [фарад, $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$]. Оскільки 1 Ф це дуже велика електроємність, на практиці використовуються мікрофаради ($1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$) і пікофаради ($1 \text{ пкФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$). Пристрої, що мають велику електроємність, називаються **конденсаторами**. Вони складаються з двох провідних пластин (обкладок), розділених шаром діелектрика. Для конденсатора: $C = \frac{q}{U}$, де U – **напруга між обкладками**. **Ємність плоского конденсатора** прямо пропорційна робочій площі пластин і відносній діелектричній проникності діелектрика й обернено пропорційна відстані між пластинами: $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$. Щоб одержати потрібну електроємність при заданій робочій напрузі, конденсатори з'єднують у **батареї**. При **послідовному** з'єднанні (рис.19), ємність усієї батареї визначають з виразу: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$, а при **паралельному** (рис.20): $C = C_1 + C_2$

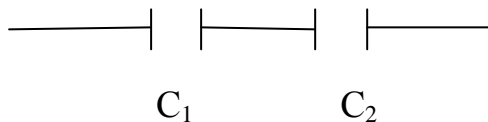


Рис. 19

Конденсатори поділяються за формою на **плоскі, циліндричні і сферичні**.

Види конденсаторів:

- 1)Паперові
- 2)Слюдяні
- 3)Електролітичні
- 4)Керамічні
- 5)Змінної ємності

Конденсатори використовуються в електротехніці і радіотехніці.

Енергія електричного поля зарядженого конденсатора:

$$W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

**Постійний електричний струм.
Електричне коло. Джерела і споживачі електричного струму.
Закон Ома для ділянки кола. ЕРС. Закон Ома для повного кола**

Упорядкований рух електричних зарядів називається *електричним струмом*. Якщо швидкість цього руху постійна, струм називають *постійним*.

Відношення заряду, що протік через поперечний переріз провідника за певний час, до цього часу називають *силою струму (I), [A], ампер: $I = \frac{q}{t}$* . *Електричне коло* включає в себе *джерело струму, споживачі і з'єднувальні провідники*.

Закон Ома для ділянки кола: $I = \frac{U}{R}$.

1. Для *послідовного* з'єднання провідників (рис.21):
 $U = U_1 + U_2, R = R_1 + R_2, I = I_1 = I_2$

2. Для *паралельного* з'єднання провідників (рис.22):
 $U = U_1 = U_2, \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, I = I_1 + I_2$

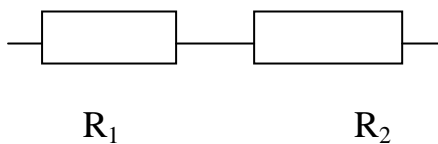


Рис.21

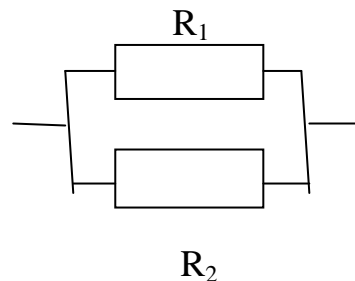


Рис.22

Опір провідника R, [Ом], ом, залежить від його геометричних розмірів і матеріалу, з якого він виготовлений: $R = \rho \frac{l}{S}$, де ρ – питомий опір матеріалу провідника (такий має виготовлений з даного матеріалу провідник довжиною 1 м і поперечним перерізом 1 м²)

Струм, протікаючи через провідник опором R протягом деякого часу, виділяє в ньому теплоту: $Q = I^2 R t$ (закон Джоуля – Ленца). За цією ж формулою можна визначити і роботу електричного струму. Тоді його

потужність: $P = I^2 R = UI = \frac{U^2}{R}$.

Електрорушійною силою (ЕРС) джерела струму ξ , [В], вольт, називають фізичну величину, яка вимірюється роботою, затраченою джерелом струму на переміщення одиничного позитивного заряду у замкнутому колі. Цю роботу виконують некулонівські (сторонні) сили.

Закон Ома для повного кола : сила струму в замкнутому колі прямо пропорційна ЕРС джерела і обернено пропорційна сумі зовнішнього і внутрішнього опорів: $I = \frac{\xi}{R+r}$.

При $R \rightarrow 0$ виникає *коротке замикання*: $I_{\text{кз}} = \frac{\xi}{r}$.

**Електронна провідність.
Електричний струм в металах. Надпровідність.
Електричний струм у вакуумі.
Термоелектронна емісія. Вакуумні прилади**

Для створення струму в якомусь середовищі потрібна наявність в ньому *заряджених частинок (електронів, йонів, тощо)*, здатних переміщатися під дією електричного поля.

Провідність металів забезпечують валентні *електрони провідності*, що утворюють т. з. «електронний газ», в якому електрони здійснюють хаотичний тепловий рух. Створивши між кінцями металевого провідника *різницю потенціалів*, ми спонукаємо вільні електрони до впорядкованого руху. Швидкість впорядкованого руху електронів відносно невелика, але *електричне поле поширюється зі швидкістю 300 000 м/с*.

Опір металів пропорційно зростає з підвищенням температури. *Температурний коефіцієнт опору α* показує, наскільки змінюється питомий опір металу внаслідок зміни температури на 1°C . Температурний коефіцієнт опору є табличною величиною, що характеризує кожен метал.

Залежність питомого опору від температури : $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t^\circ)$ (рис.23), опору провідника: $R = R_0 (1 + \alpha t^\circ)$.

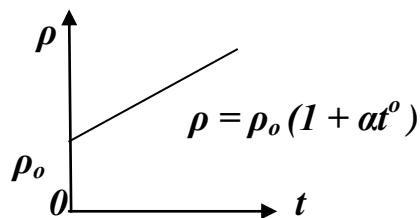


Рис. 23

У 1911 р. голландський фізик *Г. Каммерлінг – Оннес* відкрив *надпровідність* – явище зменшення до нуля опору металу при температурі, відмінній від абсолютного нуля.

У трубках телевізорів, радіолампах, установках для плавлення металу електронним променем *електрони рухаються у вакуумі*. Щоб створити умови для протікання струму, *вакуум* насичують електронами, наприклад, за рахунок *термоелектронної емісії*. Можливість керувати потоком електронів у вакуумі широко використовується в *вакуумних радіолампах і електронно – променевих трубках*.

Двохелектродна лампа (діод) має односторонню провідність, трьохелектродна (тріод) є основою підсилювача електричного струму, а електронно – променеві трубки застосовуються в осцилографіях.

**Іонна провідність.
Електричний струм у рідинах.
Електроліз. Закони Фарадея**

Розчини солей, кислот і лугів у воді є провідниками електричного струму (*електролітами*). Носіями заряду при цьому є *йони*, які утворюються з молекул розчиненої речовини в результаті *електролітичної дисоціації*.

Електроліз полягає у виділенні на електродах нових речовин, яких не було в розчині. Позитивно заряджені йони (*катіони*) рухаються до негативного електрода – *катода*, а негативно заряджені (*аніони*) – до позитивного *анода*. Кількісно описав електроліз М.Фарадей у 1833 р., вивівши два *закони електролізу*:

I закон електролізу Фарадея: маса речовини, що виділилась на одному електроді, пропорційна кількості електрики (заряду), яка пройшла через електроліт:

$t = kq$, де k – електрохімічний еквівалент речовини.

II закон електролізу Фарадея: електрохімічні еквіваленти речовин прямо пропорційні масам їх молів і обернено пропорційні їх валентностям.

$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$, де $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль, стала Фарадея.

Застосування електролізу:

Електрометалургія: багато металів (*алюміній, натрій, магній, берилій, кальцій*) одержують за допомогою електролізу руд, деякі неметали, наприклад *фтор*, також отримують шляхом електролізу.

Рафінування металів: пластини очищеного металу, наприклад *міді*, поміщають в електролітичну ванну з розчином солі цього ж металу в якості аноду і підбирають такий струм, щоб на катоді виділявся тільки очищений метал, а домішки випадали на дно.

Гальванопластика: електролітичне осадження металу на поверхні предмету *для відтворення його форми*. Цим способом виготовляють *друкарські кліше, безшовні труби, металеві деталі складної форми*.

Гальваностегія: покриття одних металів шаром інших для оздоблення або захисту від корозії – *золочення, платинування, сріблення, хромування, нікелювання* тощо.

Електричний струм у газах.

Самостійний і несамостійний газові розряди. Плазма

За звичайних умов *гази* не проводять струм, щоб утворити носії заряду, газ *іонізують*, опромінюючи інфрачервоними, ультрафіолетовими, рентгенівськими або гамма – променями. При цьому від нейтральних атомів або молекул відриваються один або кілька електронів, утворюючи вільні носії заряду двох типів: електрони і позитивні йони. Процес, обернений до *іонізації* називають *рекомбінацією*. Якщо в ході впорядкованого руху до електрода йон не рекомбінував, на електроді він перетвориться на нейтральний атом чи молекулу, що повернеться назад в газ і буде далі брати участь в процесах іонізації – рекомбінації. Процес проходження електричного струму крізь газ прийнято називати *газовим розрядом*.

Якщо для постійного протікання струму потрібна *неперервна дія іонізатора*, говорять про *несамостійний газовий розряд*.

Коли струм не припиняється *після припинення дії зовнішнього іонізатора*, говорять про *самостійний газовий розряд*, розрізняючи чотири типи: *тліючий, іскровий, коронний і дуговий*.

Тліючий: спостерігається в газах за *низьких тисків (порядку 0,1мм рт. ст.)*. Застосовується як джерело світла в різних *газосвітних трубках*, наприклад – *ртутних лампах денного світла*.

Іскровий: при поступовому збільшенні напруги між електродами проскакує *іскра*. Прикладом іскрового розряду є *блискавка*, де сила струму становить *сотні ампер* протягом 10^{-5} с при різниці потенціалів між хмарою і землею *150 кВ*. довжина блискавки становить *кілька кілометрів*. Якщо проміжок між електродами невеликий, іскровий розряд викликає специфічне руйнування анода – *електричну ерозію*, яка використовується в техніці для обробки металів.

Коронний: за атмосферного тиску в *дуже неоднорідних електричних полях*, наприклад поблизу проводів високої напруги, спостерігається розряд, світна ділянка якого нагадує корону. Іноді коронний розряд виникає в природі під впливом атмосферної електрики на вістрях шпилів, хрестів, вершечках щогл, особливо високо в горах, де Олександр Македонський спостерігав холодне свічення на вістрях списів своїх воїнів. В часи середньовіччя це явище отримало назву *вогні святого Ельма*.

Дуговий: іскровий розряд *при зменшенні відстані між електродами* стає неперервним. Дуга є *потужним джерелом світла*, застосовується при *зварюванні* і для *виплавлення металів в дугових печах*.

Сильно іонізований газ дістав назву *плазми – четвертого стану речовини*. Плазма схожа на звичайний газ, але значно пружніша і проводить електричний струм на рівні металів.

Електричний струм в напівпровідниках. Власна та домішкова провідність напівпровідників.

Напівпровідникові прилади

Речовини, питомий опір яких займає проміжне значення між металами і діелектриками, називають **напівпровідниками**. Особливість напівпровідників – дуже велика **залежність провідності** від стану речовини: **температури, освітленості, наявності домішок**.

Носіями заряду в напівпровідниках є **електрони**, що внаслідок зовнішніх причин вивільнилися з ковалентних зв'язків і «**дірки**» – місця з відсутніми електронами зв'язку. «Дірки» не переміщуються в просторі як йони в газі, діркову провідність забезпечують електрони зв'язку, які переміщуються в електричному полі від атома до атома, створюючи видимість руху «дірок».

Наявність домішок у напівпровіднику значно (в десятки, сотні разів) збільшують його провідність. Якщо в германієвий напівпровідник (Ge^{4+}) ввести домішку з більшою валентністю (**донорну**, наприклад фосфор P^{5+}) збільшується **електронна провідність** напівпровідника (провідність ***n*** – типу), а якщо з меншою (**акцепторну**, наприклад In^{3+}) – збільшується «**діркова**» провідність (провідність ***p*** – типу).

Провідність напівпровідника також сильно залежить від зовнішніх факторів: особливо від температури і освітленості. Нагрівання і освітлення напівпровідника приводить до збільшення кількості електронів провідності, внаслідок руйнування ковалентних зв'язків під дією зовнішніх джерел енергії.

Залежність провідності напівпровідників від **температури і освітленості** використовують в **термісторах і фоторезисторах**.

Місця контакту напівпровідників з «дірковою» і електронною провідністю носять назву ***p* – *n* – переходи**.

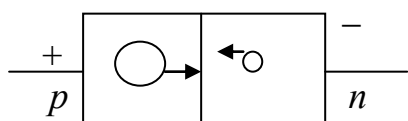


Рис. 24

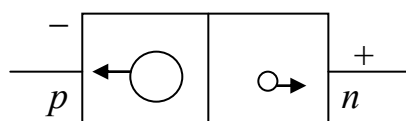


Рис. 25

***p* – *n* – перехід** проводить струм при прямому підключенні (рис. 24), і не проводить при зворотньому (рис. 25), таким чином він володіє **односторонньою провідністю** і є основною частиною напівпровідникового приладу: **діоду**.

Транзистор складається з двох послідовних ***p* – *n* – переходів**, включених за схемою ***p* – *n* – *p*** або ***n* – *p* – *n*** (рис. 26), і є головною частиною **підсилювачів струму**.

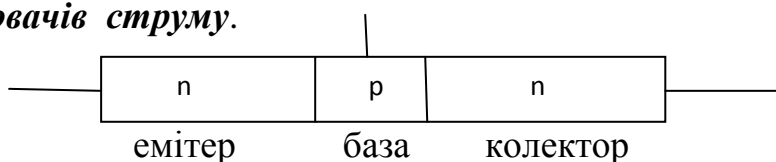


Рис. 26

**Взаємодія провідників зі струмом.
Магнітне поле. Індукція магнітного поля.
Дія магнітного поля на провідник зі струмом.
Сила Ампера. Сила Лоренца**

У випадку *однакового напрямку струмів* провідники *притягуються*, якщо ж струми *протилежного напрямку*, – провідники *відштовхуються*.

Магнітне поле – це вид матерії, який здійснює взаємодію електричних струмів. Лінії вздовж яких у магнітному полі розташовуються осі маленьких магнітних стрілок, називають *силовими лініями магнітного поля*. Для постійного магніта силові лінії починаються на північному полюсі, а закінчуються на південному.

Сила, яка діє в магнітному полі на провідник зі струмом, прямо пропорційна силі струму, довжині провідника, синусу кута між напрямками струму і силових ліній і залежить від магнітного поля.

*$F = BIl \sin \alpha$ – ця сила називається силою Ампера, її напрямок визначається за *правилом лівої руки* : якщо розмістити ліву руку так, щоб силові лінії магнітного поля входили в її долоню, а витягнуті чотири пальці вказували напрям струму, то відігнутий великий палець покаже напрям діючої на провідник сили.*

Силова характеристика магнітного поля називається *магнітною індукцією*.

Магнітна індукція в даній точці поля вимірюється силою, яка діє на одиницю довжини провідника, вміщеного в цю точку перпендикулярно до силових ліній, якщо сила струму в провіднику дорівнює одиниці :

$$B = \frac{F}{Il}, \text{ вимірюється в } \text{теслах} \left[1 \text{Тл} = \frac{1 \text{Н}}{1 \text{А} \cdot 1 \text{м}} \right].$$

Сила з боку магнітного поля діє не тільки на провідник зі струмом, а й на окремі рухомі електричні заряди. *Сила, яка діє на заряджену частинку, що рухається в магнітному полі, пропорційна заряду частинки, швидкості її переміщення та індукції магнітного поля :*

$F = qvB \sin \alpha$ – сила Лоренца. Її напрямок визначають за *правилом лівої руки*, причому для *позитивних зарядів* витягнуті чотири пальці *співпадають з напрямком швидкості* частинки, а для *негативних зарядів* мають бути зорієнтовані *в напрямку, протилежному до швидкості частинки*.

**Електромагнітна індукція.
Досліди Фарадея. Закон електромагнітної індукції.
Індуктивність. Самоіндукція. Енергія магнітного поля струму**

Досліди, проведені *М.Фарадеєм*, показали, що під час зміни магнітного потоку через площу, обмежену будь – яким замкнутим провідним контуром, в останньому виникає індукційний струм. Це явище отримало назву *електромагнітної індукції*. *ЕРС індукції прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку через площу, обмежену контуром замкнутого провідника* : $\xi_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ – *основний закон електромагнітної індукції (закон Фарадея)*.

Індукційний струм створює навколо себе магнітне поле, напрямок силових ліній якого визначається за *правилом правого гвинта (правилом «свердлика»)* : *напрямок магнітної силової лінії збігається з напрямком руху ручки свердлика при вгвинчуванні його вздовж напрямку струму*.

Під час *руху провідника в незмінному магнітному полі в ньому виникає ЕРС, прямо пропорційна довжині провідника, швидкості руху, магнітній індукції та синусу кута між векторами швидкості і магнітної індукції*: $\xi_i = Blv \sin \alpha$. Напрямок струму визначається за *правилом правої руки* : *якщо праву руку розмістити вздовж провідника так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, а відігнутий великий палець показував напрям руху провідника, то витягнуті чотири пальці вкажуть напрям струму в провіднику*.

Напрямок індукційного струму в замкнутому провіднику визначається за *правилом Ленца*: *індукційний струм у замкнутому контурі має такий напрям, що створений ним магнітний потік через площу, обмежену контуром, прагне компенсувати ту зміну магнітного потоку, яка викликає даний струм*.

Виникнення ЕРС в провіднику під час зміни сили струму в ньому самому називається *самоіндукцією*. *ЕРС самоіндукції визначається за формулою* : $\xi_c = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, *де* $L = \frac{\Phi}{I}$ – *індуктивність провідника (коефіцієнт його самоіндукції)*, вимірюється в *генрі* $[1 \text{ Гн} = \frac{1 \text{ В} \cdot 1 \text{ с}}{1 \text{ А}}]$

Явище електромагнітної індукції ґрунтується на взаємних перетвореннях енергій електричного і магнітного поля.

Енергія магнітного поля котушки зі струмом (соленоїда) : $W_M = \frac{LI^2}{2}$.

4. КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ

Лекція №27

Коливальний рух. Вільні коливання. Амплітуда, період, частота. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань

Важлива особливість *коливального руху* – його *періодичність*, тобто точна або наближена повторюваність руху тіл через рівні інтервали часу. У коливальній системі, виведеній з *положення рівноваги* і залишеній *без зовнішніх втручань*, під дією внутрішніх сил виникають *вільні коливання*.

Коливання тіла під дією зовнішніх сил, які періодично змінюються, називають вимушеними коливаннями.

Параметри коливань:

Амплітуда (A), [м] – найбільше відхилення від положення рівноваги;

Період (T), [с] – мінімальний інтервал часу, через який відбувається повторення руху тіла;

Частота (ν), [Гц] – кількість коливань, здійснених за одиницю часу

$$\nu = \frac{1}{T};$$

Циклічна частота (ω), [с⁻¹] – кількість коливань, здійснених за інтервал часу $t = 2\pi$ с: $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$.

Періодичні зміни фізичної величини залежно від часу, які відбуваються за законом синуса або косинуса, називаються гармонічними коливаннями.

Рівняння гармонічних коливань пов'язує прискорення тіла, що здійснює коливальний рух і його координату:

$$a = -\omega^2 x,$$

розв'язком якого є рівність:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

де t – момент часу, для якого визначається координата, φ_0 – початкова фаза коливань. Під фазою ми розуміємо аргумент тригонометричної функції $\varphi(t) = (\omega t + \varphi_0)$, під початковою фазою – фазу в момент часу $t = 0$: $\varphi_0 = \varphi(0)$.

Гармонічні коливання здійснюють, наприклад, математичний і пружинний маятники, причому: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ – період коливань математичного маятника (формула Гюйгенса),

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ – період коливань пружинного маятника.

**Змінний струм. Миттєве, амплітудне та діюче значення
ЕРС, сили струму та напруги.
Індуктивність та ємність у колі змінного струму.
Трансформатори**

Коливання, що відбуваються під дією зовнішньої ЕРС, що періодично змінюється, називають *вимушеними електромагнітними коливаннями*. *Змінний струм* – це вимушені коливання електричних зарядів у провіднику під дією прикладеної змінної ЕРС.

Якщо *ЕРС* змінюється за законом: $\xi = \xi_m \sin \omega t$, де $\xi_m = B S \omega$ – *амплітудне значення ЕРС*, то *струм* змінюється за законом:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi), \text{ де } I_m = \frac{\xi_m}{R} \text{ – амплітудне значення сили струму.}$$

Змінний електричний струм виробляють за допомогою *генераторів змінного струму*, що складаються з рухомого *ротора* і нерухомого *статора*. Електромагніт ротора, обертаючись всередині обмотки статора, продукує в ній електричний струм.

Користуючись *діючими значеннями напруги і струму*: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ і $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

можемо обчислювати *потужність змінного струму* за формулою для постійного: $P = UI$.

Якщо коло містить *резистор, конденсатор і соленоїд*, включені послідовно, то, протікаючи через це коло, змінний струм долає не тільки *активний опір резистора R* , а й *реактивний опір*, що складається з *індуктивного опору $R_L = \omega L$* і *ємнісного опору $R_C = \frac{1}{\omega C}$* , де ω – циклічна частота змінного струму, L – індуктивність соленоїда, C – електроємність конденсатора. Повний опір ділянки змінному струму (*імпеданс*) становить :

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2},$$

закон Ома для змінного струму має вигляд : $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$.

Трансформатор складається з двох *катушок (обмоток)*, надітих на *замкнуте залізне осердя*. Катушка, на яку подається змінний струм називається *первинною*, інша, в якій виникає ЕРС індукції, – *вторинною*. Якщо до вторинної обмотки не підключений споживач, режим роботи трансформатора називають *холостим ходом*. Величина $k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, виміряна в режимі холостого ходу, називається *коефіцієнтом трансформації*, n – кількість витків в обмотках.

Трансформатори використовуються в енергетиці, електротехніці і радіотехніці для збільшення або зменшення напруги змінного струму.

**Коливальний контур.
Формула Томсона. Досліди Герца.
Винайдення радіо О.С.Поповим**

Найпростіше коло для утворення електромагнітних коливань складається з *конденсатора і котушки* (рис.27) і називається *коливальним контуром*.

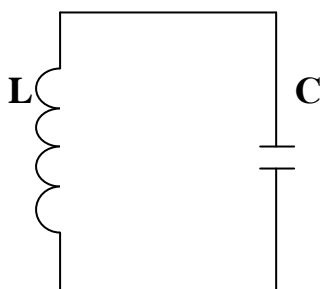


Рис. 27

В такому контурі *сила струму* змінюється за законом: $i = I_m \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$, де $I_m = \omega Q_m$ – *амплітудне значення сили струму*, *напруга*: $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$, де $U_m = \frac{Q_m}{C}$ – *амплітудне значення напруги*.

Циклічна частота таких коливань

визначається за формулою $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, а *період за формулою Томсона:*

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Поширення коливань у просторі називається *хвилею*. Головна характеристика хвилі – її *довжина* (λ), [м]: $\lambda = \frac{v}{\nu}$. де v – швидкість поширення хвилі. Якщо напрям коливань співпадає з напрямом розповсюдження хвиль, хвилю називають *поздовжньою*, якщо напрями перпендикулярні – *поперечною*. Хвилі поширюються в пружних середовищах, причому можуть *відбиватись* від твердих поверхонь і *заломлюватись* на межі різних середовищ. Для хвиль характерні явища накладання (*інтерференція*) і огинання перешкод (*дифракція*), які ми детально розглянемо в курсі *оптики*.

У *1886 р. Г.Герц* експериментально отримав і вивчив *електромагнітні хвилі (ЕМХ)*. Швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль в вакуумі і повітрі становить $c = 3 \cdot 10^8$ м / с. отримати ЕМХ можна за допомогою *вібратора Герца*, що являє собою відкритий коливальний контур (рис. 28) :



Рис. 28

ЕМХ відбиваються провідниками, заломлюються на межі діелектрика, для них характерні інтерференція і дифракція, вони є поперечними.

у *1894 р. О.С.Попов* побудував перший *радіоприймач*, а в *1897 р. Г.Марконі* запатентував застосування ЕМХ для *бездротового зв'язку*.

5.ОПТИКА ТА ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

Лекція №30

Розвиток уявлень про природу світла. Поширення світла в різних середовищах. Відбивання і заломлення світла. Закони геометричної оптики

Природу світла намагались пояснити ще грецькі філософи до нашої ери. Евклід вважав світло променями, що виходять з ока; Лукрецій – малими зліпками, що випускаються світними тілами; Р.Декарт – потоком частинок; Р.Гук – поширенням імпульсів деформацій; Й.Марці й Ф.Грімальді – процесом поширення хвиль. **І.Ньютон створив корпускулярну теорію світла, а Х.Гюйгенс – хвильову.**

Світло поширюється прямолінійно, швидкість його поширення зменшується в оптично більш густих середовищах. **Швидкість світла у вакуумі становить $3 \cdot 10^8$ м/с і є найбільшою у нашому світі швидкістю розповсюдження взаємодії.**

Відбивання і заломлення світла (рис. 29) відбувається згідно до **законів геометричної оптики**. Враховуємо, що α – кут падіння, β – кут відбивання, γ – кут заломлення.

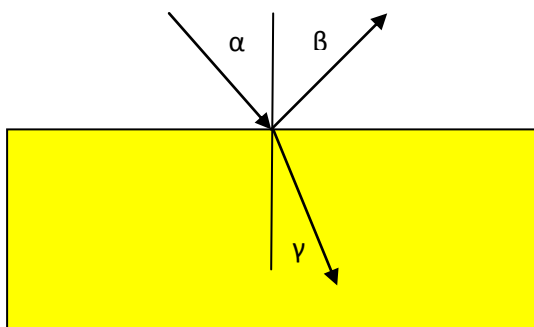


Рис. 29

Закон відбивання світла: промені падаючий і відбитий лежать в одній площині з перпендикуляром до відбиваючої поверхні, поставленим у точку падіння, при чому кут падіння дорівнює куту відбивання.

Закон заломлення світла: промені падаючий і заломлений лежать в одній площині з перпендикуляром до межі поділу, поставленим у точку падіння, при чому при будь-яких змінах кутів падіння і заломлення відношення синуса кута падіння до синуса кута

заломлення для даних двох середовищ є величина стала, вона називається відносним показником заломлення другого середовища відносно першого: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$.

Показник заломлення відносно вакууму називають **абсолютним показником заломлення**.

Закон оборотності світлових променів: пущений у зворотньому напрямку промінь, пройде той же шлях, що і прямий, незалежно від кількості відбивань і заломлень, яких зазнав прямий промінь.

Згідно до законів заломлення і оборотності світла, промінь, випущений з більш оптично густого середовища в менш оптично густе зазнає **повного внутрішнього відбивання** (рис. 30), де $\alpha_{zp} = \arcsin \frac{1}{n}$ – **граничний кут повного відбивання**. Явище повного внутрішнього відбивання лягло в основу оптико – волоконних систем зв'язку.

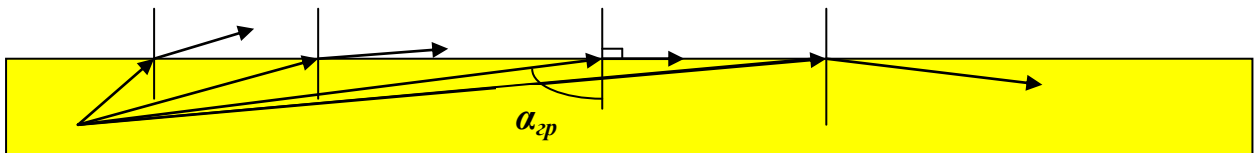


Рис. 30

**Світло як електромагнітна хвиля.
Дисперсія, інтерференція, дифракція світла.
Дифракційна решітка.
Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.
Шкала електромагнітних хвиль**

І.Ньютон, спрямувавши тонкий світловий пучок на трикутну скляну призму, з'ясував, *що біле світло складається з семи кольорів: червоного, помаранчевого, жовтого, зеленого, блакитного, синього і фіолетового* (рис. 31). Це явище, що отримало назву *дисперсія*, показує, що швидкість поширення світла в речовині залежить від частоти світла. Його колір залежить від довжини хвилі, а колір предметів, якщо вони непрозорі, від того, хвилі якого кольору вони найкраще відбивають, а прозорих – пропускають.

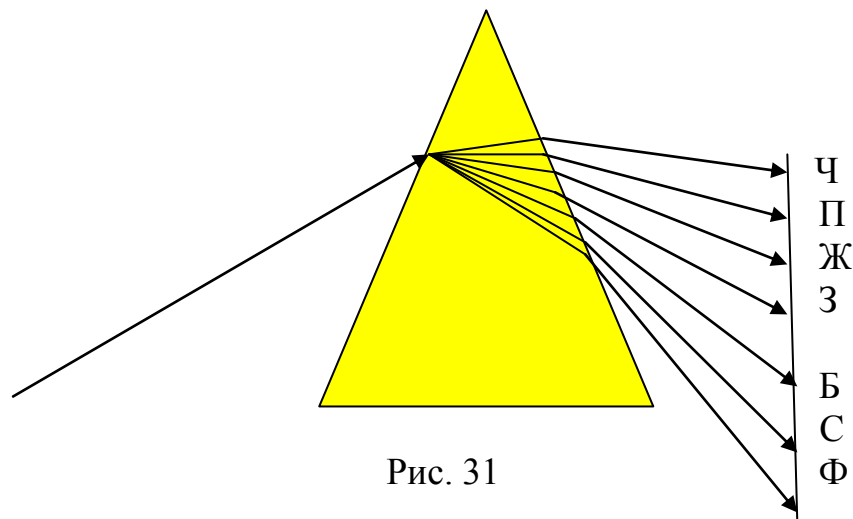


Рис. 31

Підтвердженням хвильової природи світла є притаманність йому хвильових явищ:

Інтерференція: явище підсилення або послаблення в різних точках простору світлових хвиль, яке є результатом накладання одна на одну світлових хвиль однакової довжини.

Щоб інтерференційна картина була стійкою, потрібно аби хвилі мали не тільки однакову довжину, а й стали різницю фаз у кожній точці простору – були когерентними. Якщо ***геометрична різниця ходу двох когерентних хвиль*** відповідає умові $\Delta d = k\lambda$, спостерігаємо ***максимум***, а якщо $\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ – ***мінімум***, де λ – довжина хвилі, k – ціле число.

Інтерференція спостерігається на клиноподібних поверхнях і в тонких

плівках. Застосовується при просвітленні оптики, вимірюваннях над малих відстаней, створенні голограм.

Явище огинання світловими хвилями країв перешкод і відхилення хвиль від прямолінійного поширення називається дифракцією.

Дифракційна решітка є сукупністю багатьох дуже вузьких щілин, розділених непрозорими проміжками. Сумарна ширина прозорої і непрозорої щілин називається **сталю дифракційної решітки d** , різниця ходу становить $d \sin \varphi$, таким чином **умова максимумів** має вигляд: $d \sin \varphi = k\lambda$, а **умова мінімумів** $d \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$.

До **оптичного діапазону хвиль** відносяться: **видиме світло** ($0,4 \cdot 10^{-6}$ м – $0,76 \cdot 10^{-6}$ м), **інфрачервоні хвилі** ($0,76 \cdot 10^{-6}$ м – $3,5 \cdot 10^{-4}$ м) та **ультрафіолетові** ($0,5 \cdot 10^{-8}$ м – $0,4 \cdot 10^{-6}$ м). Перші застосовуються в приладах нічного бачення і сушильних установках, другі – в медицині і криміналістиці.

У природі існують електромагнітні хвилі різних частот. **Шкала електромагнітних хвиль** становить безперервну зміну частот від нуля до 10^{23} Гц, в яку входять **низькочастотні хвилі, радіохвилі, оптичне випромінювання, рентгенівське і гамма–випромінювання.**

**Принцип відносності Ейнштейна.
Основні положення спеціальної теорії відносності.
Швидкість світла у вакуумі.
Сучасні уявлення про простір і час**

Вивчення явищ в електродинаміці і оптиці показало незастосовність законів класичної механіки Ньютона до явищ, що протікають при *швидкостях, близьких до швидкості світла*. Втрачає свою актуальність і *принцип відносності Галілея*, згідно до якого *жодними механічними дослідями, проведеними всередині системи, не можна визначити рухається система рівномірно і прямолінійно чи знаходиться в стані спокою*.

А.Ейнштейн запропонував універсалізувати принцип відносності, узагальнивши принцип Галілея: *жодними фізичними дослідями, проведеними всередині системи, не можна визначити рухається система рівномірно і прямолінійно чи знаходиться в стані спокою*.

Доповнивши цей постулат другим: *швидкість світла у вакуумі однакова в усіх інерціальних системах відліку і не залежить ні від руху джерела, ні від руху спостерігача*, Ейнштейн у 1905р. сформулював *основні положення спеціальної теорії відносності*.

Процеси, що протікають при швидкостях, близьких до швидкості світла, описуються спеціальними *релятивістськими* формулами:

Релятивістський принцип додавання швидкостей: $w = \frac{v+u}{1+\frac{vu}{c^2}}$.

Принцип відносності поширюється також на *розміри і масу тіл, та на тривалість проміжків часу*. Якщо позначити індексом «0» значення фізичних величин в системі відліку, що рухається разом з тілом, то в системі відліку, яка рухається відносно неї зі швидкістю v :

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ - довжина тіла,}$$

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ - тривалість проміжку часу,}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ - маса тіла.}$$

Ейнштейн встановив також *закон взаємозв'язку маси та енергії:* $E = mc^2$, де m – релятивістська маса.

**Квантові властивості світла.
Гіпотеза Планка. Світлові кванти.
Фотоефект. Рівняння фотоефекту**

При вивченні взаємодії світла з речовиною на межі XIX – XX ст. були відкриті оптичні явища, які не можна було пояснити з точки зору електромагнітної теорії світла. Виникає уявлення про *світло як потік своєрідних частинок – квантів*.

У 1900 р. *М.Планк* висунув *гіпотезу*, що складалась з двох постулатів:

1) *енергія коливної системи розповсюджується дискретними порціями – квантами*.

2) *енергія кванта прямо пропорційна частоті коливань : $\varepsilon = h\nu$, де $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – стала Планка*.

Квант світла отримав назву *фотон*.

Явище вибивання електронів з поверхні металів при її освітленні називається *фотоефектом*. Досліджуючи фотоефект, *О.І.Столетов* вивів *чотири закони*:

1) *Сила фотоструму насичення прямо пропорційна падаючому на фотокатод світловому потоку*.

2) *Максимальна швидкість (або кінетична енергія) фотоелектронів визначається лише частотою світла і не залежить від освітленості поверхні*.

3) *Червона межа фотоефекту визначається лише матеріалом електрода*

4) *Фотоефект є без інерційним явищем*

Фотострум насичення називають найбільшу силу фотоструму, яка виникає при незмінному світловому потоці, а *червоною межею фотоефекту* – найбільшу для даного металу довжину хвилі, при якій в ньому ще відбувається фотоефект.

Закони фотоефекту не можна було пояснити з точки зору хвильової теорії світла і *А.Ейнштейн* запропонував *квантову теорію фотоефекту: один фотон вибиває з поверхні металу один електрон, виконуючи при цьому певну роботу виходу (свою для кожного металу), решта енергії фотона переходить до фотоелектрона у вигляді кінетичної*. Математично він описав свою теорію рівнянням

Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$, де A – робота виходу.

Червона межа фотоефекту, таким чином, становить :

$$\nu_c = \frac{A}{h} \quad \text{або} \quad \lambda_c = \frac{hc}{A}$$

Теорія Ейнштейна пояснила всі закони Столетова.

**Тиск світла. Хімічна дія світла. Люмінесценція.
Квантові генератори світла та їх застосування**

Інший закон Ейнштейна, *закон про взаємозв'язок маси і енергії* $\Delta E = \Delta mc^2$, дає можливість визначити масу фотона та його імпульс, враховуючи зв'язок між частотою і довжиною світлової хвилі :

$$m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c} - \text{маса фотона,}$$

$$p_{\phi} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} - \text{імпульс фотона.}$$

Фотони, маючи імпульс, чинять *тиск* на освітлювану поверхню. *П.М.Лебедєв* виміряв *тиск сонячного світла на поверхні Землі в сонячний день* : $p = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Па}$.

Енергія фотонів, особливо ультрафіолетового світла, достатня для руйнування молекул окремих сполук – так проявляється *хімічна дія світла*. Найвідоміші фотохімічні реакції : фотосинтез і проявлення прихованих зображень.

Здатність атомів випромінювати фотони, переходячи з одного стаціонарного стану в інший внаслідок збудження, використовується при створенні нових джерел світла. Слабка дія на деякі речовини (механічний тиск, освітлення, хімічні реакції, тощо) викликає їх світіння – *люмінесценцію*.

Збудження системи атомів з метою отримання вимушеного випромінювання лежить в основі *квантових генераторів світла (лазерів)*. Промінь лазера має такі важливі властивості:

- 1) поширюється дуже вузьким пучком (10^{-4} рад)
- 2) має високу монохроматичність
- 3) має високу когерентність
- 4) легко фокусуються звичайними дзеркалами і лінзами
- 5) є найпотужнішими штучними джерелами світла.

Лазери використовуються для обробки надтвердих матеріалів, зварювання живих тканин у хірургії, зв'язку, створення зображень.

Наявність у світла одночасно хвильових (електромагнітних) і корпускулярних (квантових) властивостей отримала назву *корпускулярно – хвильового дуалізма*.

Ядерна модель атома. Квантові постулати Бора. Спектральний аналіз. Склад ядра атома

В ході дослідів *Е.Резерфорда* по бомбардуванню α – частинками золотої фольги з'ясувалось, що весь позитивний заряд і майже вся маса атома зосереджені в дуже малому (10^{-15} м) просторі в центрі атома, названому *ядром*. Навколо ядра, по порівняно великим орбітам, рухаються дуже легкі носії негативного заряду – електрони. Така модель отримала назву *ядерної або планетарної моделі атома*.

Розвиваючи ядерну модель атома, *Н.Бор* запропонував два постулати:

- 1) Атом може перебувати тільки в особливих стаціонарних, або квантових, станах, кожному з яких відповідає певна енергія E_n . в стаціонарних станах атом не випромінює електромагнітних хвиль.
- 2) При переході атома з одного стаціонарного стану в інший випромінюється або поглинається один квант енергії.

З постулатів Бора випливає, що кожен хімічний елемент може випромінювати або поглинати кванти лише певного набору частот – має *лінійчастий спектр*. По цьому спектру можна ідентифікувати речовину – зробити її *спектральний аналіз*.

Після відкриття *Дж. Чедвіком* у 1932 р. *нейтрона*, *В.Гейзенберг* висловив гіпотезу, що до складу ядра входять лише протони і нейтрони, яким дали спільну назву – *нуклони*.

Кількість протонів у ядрі співпадає з *порядковим атомним номером хімічного елемента Z*, а *загальна кількість нуклонів* – з його *масовим числом A*. Ядро хімічного елемента позначають A_ZX , причому належність ядра до даного хімічного елемента визначається виключно зарядовим числом Z , масові числа при цьому можуть бути різними. Ядра, що мають однакові зарядові і різні масові числа називають *ізотопами* одного й того ж хімічного елемента.

**Енергія зв'язку атомних ядер.
Ядерні реакції та їх енергетичний вихід.
Радіоактивність. α , β , γ – випромінювання.
Закон радіоактивного розпаду**

Точні вимірювання атомних мас показали, що *маса ядра менша за масу нуклонів, з яких воно складається.*

Різницю $\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - m_\alpha$ називають дефектом мас ядра.

Енергія $E = \Delta m c^2$ є енергією зв'язку атомного ядра.

Величину $\varepsilon = \frac{E}{A}$ називають питомою енергією зв'язку атомного ядра [eВ], електрон-вольт. При розрахунках важливо враховувати, що $m_p = 1,0073$ а.о.м., $m_n = 1.0087$ а.о.м., 1 а.о.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг, $1\text{eВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

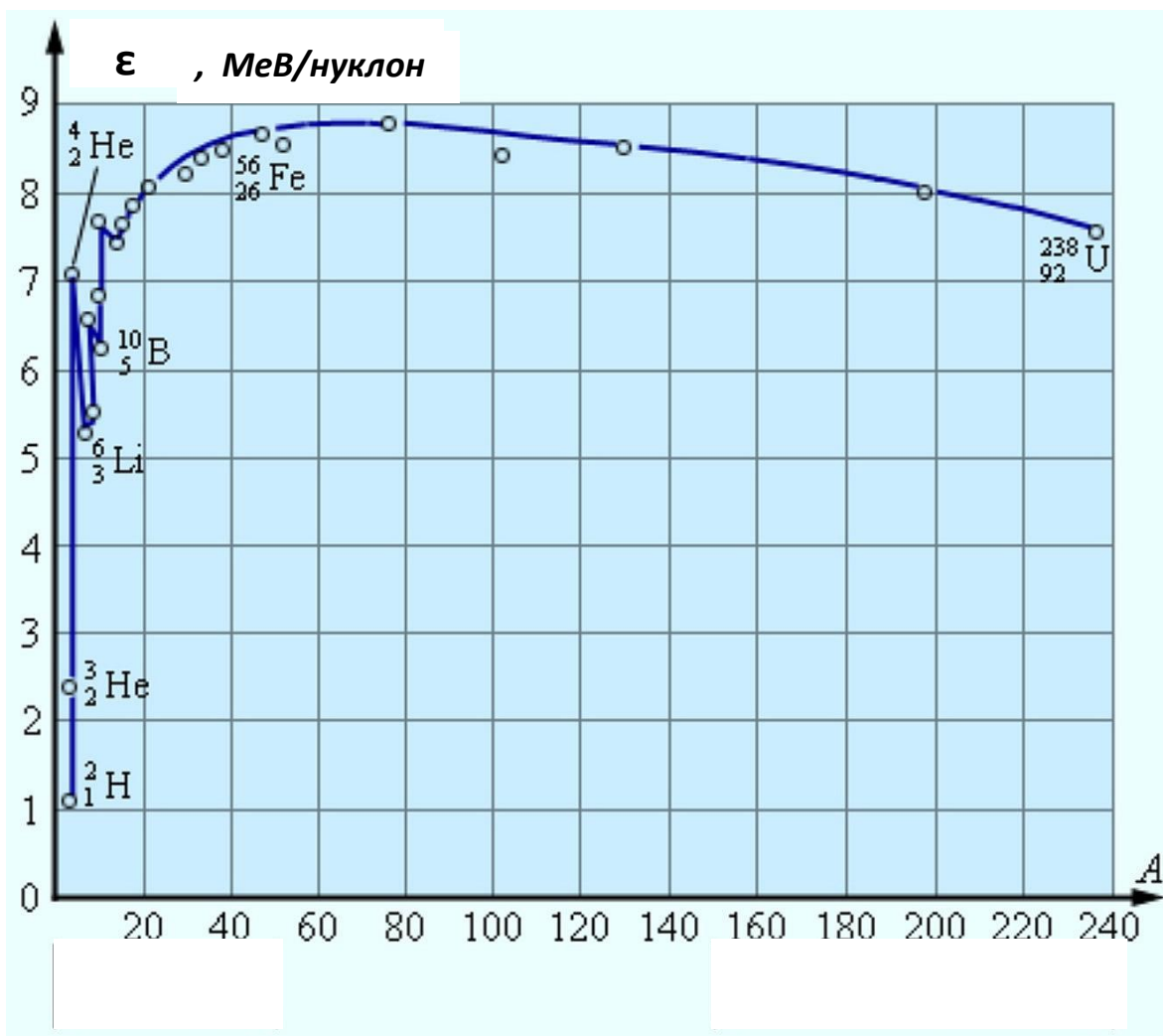


Рис.32

З *діаграми залежності $\varepsilon = \varepsilon(A)$* видно, що при *розпаді надважких ядер ($A > 200$) і синтезі надлегких ядер ($A < 10$) виділяється енергія.*

Перетворення, що протікають за участі атомних ядер, називають *ядерними реакціями*. При складанні *рівнянь ядерних реакцій* потрібно дотримуватись *законів збереження атомного і зарядового чисел*.

У 1896 р. *А.Беккерель* відкрив випромінювання *урану*, а згодом *П.Кюрі і М.Складовська – Кюрі* знайшли в урановій руді *радій і полоній*, що випромінювали в *мільйони разів сильніше*. Явище отримало назву *природної радіоактивності*. В магнітному полі промені розділялись на три потоки: важких позитивно заряджених частинок (*α – випромінювання*), легких негативно заряджених частинок (*β – випромінювання*) і потужне нейтральне випромінювання (*γ – випромінювання*).

Пізніше з'ясували, що *α – випромінювання – це потік ядер гелію ${}^4_2\text{He}$, β – випромінювання – електронів, а γ – випромінювання – фотонів високої частоти*.

Причиною радіоактивного випромінення є *самочинний розпад важких ядер*, підпорядкований *закону радіоактивного розпаду*: за *одиницю часу з наявної кількості радіоактивних ядер завжди розпадається певна їх частина, яку позначають λ і називають сталою розпаду даного радіоактивного елемента*.

Мірою швидкості радіоактивного розпаду служить інтервал часу, протягом якого розпадається половина атомів будь – якої кількості елемента – *період піврозпаду*. Позначимо буквою N_0 число радіоактивних ядер у початковий момент часу, буквою N – кількість ядер, що не розпались через деякий час t . Тоді **закон радіоактивного розпаду** матиме вигляд
$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

**Поділ ядер урану.
Ланцюгова реакція.
Ядерні реактори.
Термоядерні реакції**

В результаті поділу кожного ядра урану випускаються три нейтрони, кожен з яких приведе до розпаду чергового ядра урану, при кожному новому поділі будуть випущені ще три нейтрони: здійснюється **ланцюгова реакція поділу ядер урану**. Нейтрони поділяють на покоління, починаючи з першого, **кількість нейтронів i – го покоління становить 3^i** . Розмноження нейтронів характеризують **коефіцієнтом розмноження $k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$** , де N – кількість нейтронів в двох послідовних поколіннях. **При $k > 1$ ланцюгова ядерна реакція протікає у формі вибуху, при $k = 1$ – протікає стаціонарно, при $k < 1$ – швидко затухає**. В природному урані ланцюгова реакція через ряд причин не протікає, **збройний або паливний уран виробляються штучно**.

Реактором називається установка, в якій здійснюється керована ланцюгова реакція поділу ядер. За призначенням вони поділяються на **енергетичні реактори** (АЕС, силові установки надводних і підводних суден) та **бриддери** (виробляють нові розщеплювані елементи або збройний плутоній). Умовами роботи ядерного реактора є відповідні розміри активної зони (**критичні розміри**), в яку поміщається певна **критична маса** розщеплюваної речовини. Реактори обладнуються системою захисту і управління швидкістю протікання реакції.

Ще більший енергетичний вихід дають **термоядерні реакції** синтезу надлегких елементів, що протікають при величезних температурах. Нажаль, людству вдалося освоїти лише **некеровану термоядерну реакцію (воднева бомба)**, роботи по проведенню **керованої ядерної реакції (міжнародна програма ТОКОМАК)** – за 50 років практичних результатів не дали.

Проблеми розвитку ядерної енергетики в Україні. Елементарні частинки, їх взаємоперетворюваність

Починаючи з 1954 р. в усьому світі будують *атомні електростанції (АЕС)*. Сьогодні їх *кількість* в світі становить близько 450, в т.ч. в США – 103, у Франції – 59, у Японії – 55, в Росії – 10, в Україні – 5: *Південно-Українська, Хмельницька, Запорізька (найбільша у Європі), Рівненська і виведена з робочого режиму Чорнобильська*, аварія на якій 26 квітня 1986 р. стала причиною упередженого відношення до ядерної енергетики не тільки в Україні, а й у більшості країн світу. Негативні настрої щодо атомної енергетики відновились у світі після *аварії на АЕС Фукусіма у Японії в 2011 р.*

Тим не менше АЕС залишаються надійним джерелом промислової електроенергії, *в світі будуються близько 30-и нових реакторів (в т.ч. і в Україні, де на АЕС виробляють 40–50% загального обсягу електроенергії).*

На початку 30-х років ХХ ст. було встановлено, що *основними структурними елементами речовини є електрони, фотони, нейтрони і протони*. Ці частинки були названі *елементарними*. Нині *елементарними називають частинки, які не складаються з інших відомих частинок і під час взаємодії з іншими частинками чи полями поведуться як єдине ціле: позитрон, нейтрино, мезони, піони* тощо. В 1930 р. П.Дірак передбачив існування *античастинок*, які при взаємодії з відповідними частинками *анігілюють* – обидві перетворюються в енергію.

Вільний нейтрон радіоактивний і внаслідок радіоактивного розпаду перетворюється в протон, випромінюючи при цьому електрон і антинейтрино. *Розпад нейтрона є перетворенням в інші частинки, а не простим поділом на складові частини.*

У мікросвіті зникає різниця між частинками речовини й поля. Про відносність поділу матерії на рівні елементарних частинок на частинки речовини і частинки поля переконливо свідчить їх *взаємоперетворюваність*.

УЗАГАЛЬНЮЮЧЕ ЗАНЯТТЯ

Сучасна фізична картина світу. Фізика і науково – технічний прогрес

У ході вивчення фізики ви переконались, що при всій своїй різноманітності навколишній **матеріальний світ єдиний**, що підтверджується існуванням **ряду загальних законів руху матерії (закони збереження енергії, імпульсу, електричного заряду, взаємозв'язку маси та енергії)**.

Сучасна фізична картина світу є квантово – польовою, вона всю різноманітність різних форм руху мікрочастинок та макроскопічних тіл виявляє через **чотири основні види взаємодії: сильну (ядерну), електромагнітну, слабку і гравітаційну**.

Сучасну фізичну картину світу **не можна вважати завершеною**, оскільки вона не має завершеної теорії елементарних частинок.

Сучасний **науково – технічний прогрес (НТП)** характеризується істотно новими взаєминами науки з виробництвом. **Найбільш важливі напрямки** технічного прогресу:

- **енергетика**
- **радіоелектроніка**
- **космонавтика**
- **автоматизація виробництва**
- **створення нових матеріалів.**

Частина II

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практичне заняття № 1

КІНЕМАТИКА

1. Тіло перемістилось з точки з координатами $x_1 = 0$, $y_1 = 2$ м у точку із координатами $x_2 = 4$ м, $y_2 = -1$ м. Зробити графік переміщення, знайти величину переміщення і його проекції на осі координат.
2. Гелікоптер, пролетівши в горизонтальному польоті по прямій 40 км, повернув під кутом 90^0 і пролетів ще 30 км. Знайти шлях і переміщення гелікоптера.
3. Рухи двох велосипедистів задані рівняннями : $x_1 = 5t$ і $x_2 = 150 - 10t$. Побудувати графіки залежності $x = x(t)$. Знайти час і місце зустрічі.
4. Два потяги рухаються назустріч один одному зі швидкостями 72 і 54 км/год. Пасажир першого потягу помічає, що другий потяг проходить повз нього протягом 14 с. Яка довжина другого потяга?
5. Рухи чотирьох матеріальних точок задані відповідно рівняннями : $x_1 = 10t + 0,4t^2$; $x_2 = 2t - t^2$; $x_3 = -4t + 2t^2$; $x_4 = -t - 6t^2$. Написати рівняння $v = v(t)$ для кожної точки; побудувати графіки цих залежностей; описати рух кожної точки.
6. Хвилинна стрілка годинника втричі довша за секундну. Знайти відношення швидкостей кінців стрілок.
7. При збільшенні у 4 рази радіуса колової орбіти штучного супутника Землі період його обертання збільшується у 8 разів. У скільки разів змінюється швидкість руху супутника по орбіті?

Практичне заняття № 2

ЗАКОНИ НЬЮТОНА

1. На реактивний літак діють у вертикальному напрямі сила тяжіння 550 кН і підйомна сила 555 кН, а в горизонтальному напрямку – сила тяги 162 кН і сила опору повітря 150 кН. Знайти рівнодіючу (за напрямком і величиною).

2. Вантаж масою 1,6 кг, який висить на нитці, відводять вбік горизонтальною силою 12 Н. Знайти силу натягу нитки.

3. Трактор з силою тяги 15 кН надає причепу прискорення $0,5 \text{ м/с}^2$. Яке прискорення надає тому ж причепу трактор, що розвиває тягове зусилля 60 кН.

4. З яким прискоренням рухався під час розбігу реактивний літак масою 60 т, якщо сила тяги двигунів 90 кН?

5. Маса легкового автомобіля 2 т, а вантажного 8 т. Порівняти прискорення автомобілів, якщо сила тяги вантажного автомобіля вдвічі більша, ніж легкового.

6. Бойова реактивна установка БМ – 13 «Катюша» має довжину направляючих балок 5 м, масу кожного снаряда 42,5 кг і силу реактивної тяги 19,6 кН. Знайти швидкість сходу снаряда з направляючої балки.

7. Під дією певної сили візок, рухаючись зі стану спокою, пройшов шлях 40 см. Коли на візок поклали вантаж масою 200 г, то під дією тієї ж сили за той самий час візок пройшов із стану спокою шлях 20 см. Яка маса візка?

Практичне заняття № 3

ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ. ЗАКОН ГУКА

1.Космічний корабель масою 8 т наблизився до орбітальної космічної станції масою 20 т на відстань 100 м. Знайти силу їх взаємного притягання.

2.На скільки зменшується сила тяжіння, що діє на літак Ту – 154 масою 90 т, під час польоту на висоті 11 км, де прискорення вільного падіння становить $9,77 \text{ м/с}^2$. Прискорення вільного падіння на поверхні Землі вважати за $9,81 \text{ м/с}^2$.

3.Космічна ракета під час старту з поверхні Землі рухається вертикально з прискоренням 20 м/с^2 . Знайти вагу космонавта в кабіні, якщо його маса 80 кг.

4.Під час розкриття парашута швидкість парашутиста зменшується з 50 до 10 м/с за 1 с. Яку перегрузку відчуває парашутист?

5.Літак виходить з віража, описуючи у вертикальній площині дугу кола радіусом 800 м, маючи швидкість у нижній точці 200 м/с. Яку перегрузку відчуває пілот в нижній точці траєкторії.

6.Які сили треба прикласти до кінців дроту, жорсткість якого 100 кН/м, щоб розтягнути його на 1 мм?

7.Жорсткість шматка дроту дорівнює k . Чому дорівнює жорсткість половини цього шматка дроту?

Практичне заняття № 4

ТЕРТЯ. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

1. Хлопчик масою 50 кг, з'їхавши на санчатах з гори, проїхав по горизонтальній поверхні до зупинки шлях 20 м за 10 с. Знайти силу тертя і коефіцієнт тертя.

2. Через який час після початку аварійного гальмування зупиниться автобус, який рухається зі швидкістю 12 м/с, якщо коефіцієнт тертя при аварійному гальмуванні становить 0,4?

3. Футбольному м'ячу масою 400 г під час виконання пенальті надали швидкості 25 м/с. Якщо м'яч влучає в груди воротаря і відскакує з тією ж за модулем швидкістю, то удар триває 0,025 с. Якщо воротар приймає удар на руки, то через 0,04 с він гасить швидкість м'яча до нуля. Знайти середню силу удару в обох випадках.

4. Рух матеріальної точки описується рівнянням $x = 5 - 8t + 4t^2$. Знайти імпульс через 2 с і через 4 с після початку відліку часу, а також силу, яка викликала цю зміну імпульсу, якщо маса точки становить 2 кг.

5. Знайти кінетичну енергію тіла масою 400 г, що впало з висоти 2 м, на момент удару об землю.

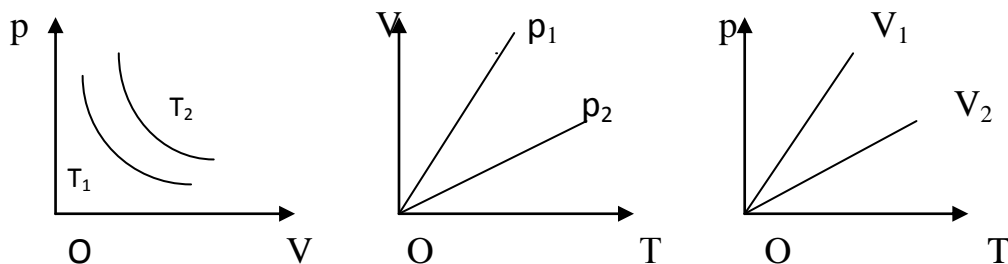
6. Знайти потенціальну енергію тіла масою 100 г, кинутого вертикально вгору зі швидкістю 10 м/с, у найвищій точці траєкторії.

7. Знайти потенціальну і кінетичну енергію тіла масою 3 кг, що вільно падає з висоти 5 м, на відстані 2 м від поверхні землі.

Практичне заняття № 5

РІВНЯННЯ МЕНДЄЛЄЄВА – КЛАПЕЙРОНА. ІЗОПРОЦЕСИ

1. Для кисню O_2 , метану CH_4 і сірководню H_2S визначити відносну молекулярну масу, масу молекули і молярну масу.
2. Балон місткістю 40 л заповнили 1,98 кг вуглекислого газу. При якій температурі виникає ризик вибуху, якщо балон витримує тиск 3 МПа?
3. Газ у посудині перебуває під тиском 2 МПа при температурі $127^\circ C$. Визначити тиск газу після того, як з посудини випустили половину маси газу і знизили температуру на $50^\circ C$.
4. Газ повільно стиснули від початкового об'єму 6 л до об'єму 4 л. Його тиск при цьому підвищився на 2 МПа. Визначити початковий тиск газу.
5. Газ, що виходить з топки в трубу, охолоджується від температури $1150^\circ C$ до $200^\circ C$. У скільки разів зменшується їх об'єм?
6. Тиск повітря у шинах велосипеда при температурі $12^\circ C$ дорівнює 0,15 МПа. Чому дорівнює тиск при температурі $42^\circ C$.
7. Порівняти T_1 і T_2 , p_1 і p_2 , V_1 і V_2 .



Практичне заняття № 6

ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ. КАПІЛЯРНІ ЯВИЩА

1. Знайти відносну вологість повітря в кімнаті при 18°C , якщо при 10°C утворюється роса.

2. Відносна вологість в кімнаті при температурі 16°C становить 65%. Як зміниться вона при зниженні температури повітря на 4 К?

3. Відносна вологість повітря ввечері при 16°C дорівнює 55%. Чи випаде роса, якщо вночі температура зменшиться до 8°C ?

4. У льосі при температурі повітря 8°C відносна вологість повітря становить 100%. На скільки градусів потрібно підвищити температуру в льосі, щоб вологість зменшилась до 60%?

5. Крапля води витікає з вертикальної скляної трубки діаметром 1 мм. Визначити масу краплі, якщо температура води 20°C .

6. Визначити коефіцієнт поверхневого натягу води, якщо в капілярі діаметром 1 мм вона піднімається на висоту 32,6 мм.

7. Гніт піднімає воду на висоту 80 мм. На яку висоту по тому самому гноту піднімається спирт?

Практичне заняття № 7

ЗАКОНИ ТЕРМОДИНАМІКИ. ТЕПЛОВІ МАШИНИ

1. На скільки змінюється внутрішня енергія гелію масою 200 г при збільшенні температури на 20°C ?

2. Газ перебуває під поршнем циліндра при температурі 0°C і під тиском $2 \cdot 10^5$ Па. Яку роботу виконає 1 л газу під час ізобаричного розширення, поки температура газу підвищиться на 20°C ?

3. У ванну налили 80 л води при температурі 10°C . Скільки літрів води при температурі 100°C треба долити у ванну, щоб суміш мала температуру 25°C ?

4. Газові, що знаходиться у циліндрі з рухомим поршнем, під час його нагрівання була передана кількість теплоти 100 Дж. При цьому газ, розширюючись, виконав роботу 700 Дж. Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії газу ?

5. Ідеальний тепловий двигун щосекунди отримує від нагрівника $3,6 \cdot 10^4$ Дж і віддає охолоджувачу $3,2 \cdot 10^4$ Дж теплоти. Визначити ККД двигуна.

6. Температура нагрівника ідеальної теплової машини 520°C , а охолоджувача 20°C . Яку роботу виконала машина, діставши від нагрівника 10^7 Дж теплоти ?

7. Який ККД тракторного двигуна, якщо витрата дизельного пального становить 216 г на кіловат на годину ?

Практичне заняття № 8

ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ. ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ

1.3 якою силою взаємодіють два точкових заряди $0,66 \cdot 10^{-7}$ Кл і $1,1 \cdot 10^{-5}$ Кл у воді на відстані 3,3 см? На якій відстані їх слід розмістити у вакуумі, щоб сила взаємодії залишилась такою ж? Діелектрична проникність води 81.

2.Дві однакові кульки масою 0,25 г кожна підвішені на нитках довжиною 30 см в одній точці. Коли кулькам надали однакових зарядів, вони розійшлись на відстань 20 см. Визначте заряд кульок.

3.На заряд $3,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, внесений у дану точку поля, діє сила $2,4 \cdot 10^{-5}$ Н. Визначити напруженість у даній точці поля.

4.Визначити заряд, що створює поле, якщо на відстані 5 см від нього напруженість поля становить $1,6 \cdot 10^5$ Н/Кл.

5.Яка ємність конденсатора, якщо він отримав заряд $6,0 \cdot 10^{-5}$ Кл від джерела напругою 120 В?

6.Скільки листів станиюлю потрібно взяти, щоб зібрати слюдяний конденсатор ємністю 1 мкФ? Площа кожного листа 60 см^2 , товщина слюдяних пластинок 1 мм, діелектрична проникність слюди 7.

7.Визначте ємність батарей рис.1 і рис.2, якщо ємність конденсаторів відповідно 1,2,3 і 4 мкФ.

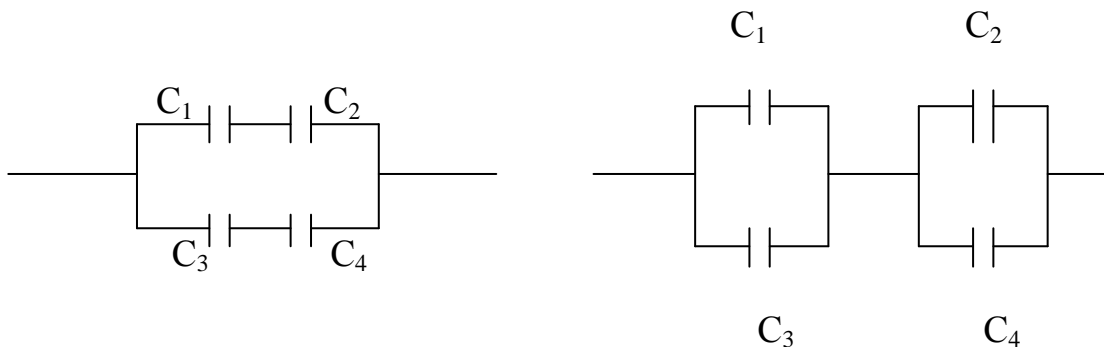


Рис.1

Рис.2

Практичне заняття № 9

ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

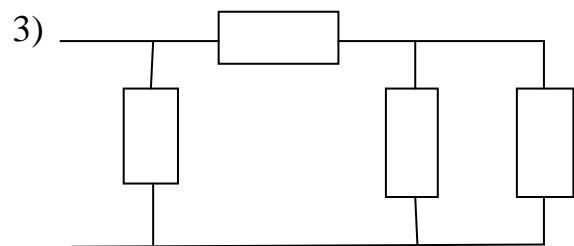
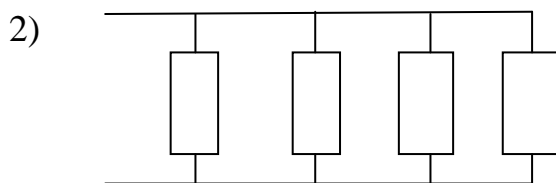
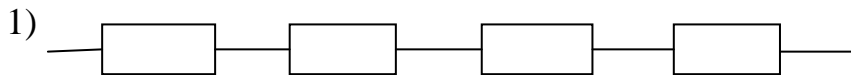
1. Під час послідовного вмикання у мережу трьох резисторів опороми 4, 6 і 10 Ом в ній протікає струм силою 5 А. Визначте напругу в мережі і спад напруги на кожному резисторі.

2. Генератор має внутрішній опір 0,6 Ом. Під час замикання на зовнішній опір 6 Ом напруга на затискачах становить 120 В. Визначте силу струму в колі і ЕРС генератора.

3. Визначити опір і довжину нікелінового дроту, маса якого 88 г, а переріз $0,50 \text{ мм}^2$.

4. Загальний опір двох провідників у випадку послідовного з'єднання становить 50 Ом, а паралельного – 12 Ом. Обчисліть опір кожного провідника.

5. Чотири однакових опори R з'єднані різними способами. Визначте опір ділянки у всіх випадках



6. У побутовій електроплитці, розрахованій на напругу 220 В, є дві спіралі опором $80,7 \text{ Ом}$ кожна. Знайдіть потужність плитки у випадках паралельного і послідовного підключення спіралей.

7. Під час ремонту плитки спіраль укоротили на 0,1 початкової довжини. У скільки разів змінилася потужність плитки?

Практичне заняття № 10

ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В МЕТАЛАХ. ЗАКОНИ ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ

1. Знайти питомий опір сталі при температурі 50°C .
2. Алюмінієвий дріт при температурі 0°C має опір $4,25\ \text{Ом}$. Який опір матиме цей дріт при температурі 200°C ?
3. Опір нитки електричної лампи дорівнює $60\ \text{Ом}$, коли лампочка вимкнена. Повністю розжарена нитка має опір $636\ \text{Ом}$. Яка при цьому температура нитки розжарювання.
4. Сріблення деталей проводилося за сили струму $5\ \text{А}$ протягом $15\ \text{хв}$. Скільки срібла було витрачено за цей час? Електрохімічний еквівалент срібла $1,118 \cdot 10^{-6}\ \text{кг/Кл}$.
5. Під час електролізу мідного купоросу за $20\ \text{хв}$. виділилось $1,64\ \text{г}$ міді при показах амперметра $4\ \text{А}$. Чи правильними були покази амперметра, якщо електрохімічний еквівалент міді $3,3 \cdot 10^{-3}\ \text{кг/Кл}$.
6. Під час досліду по визначенню електрохімічного еквіваленту міді були отримані такі результати: час проходження струму $20\ \text{хв}$., сила струму $0,5\ \text{А}$, маса катода до досліду $70,4\ \text{г}$, після – $70,58\ \text{г}$. Яке значення електрохімічного еквіваленту міді було отримано за цими даними?
7. При струмі $2,5\ \text{А}$ за $29\ \text{хв}$. В електролітичній ванні виділилось $1017\ \text{мг}$ двовалентного металу. Що це за метал?

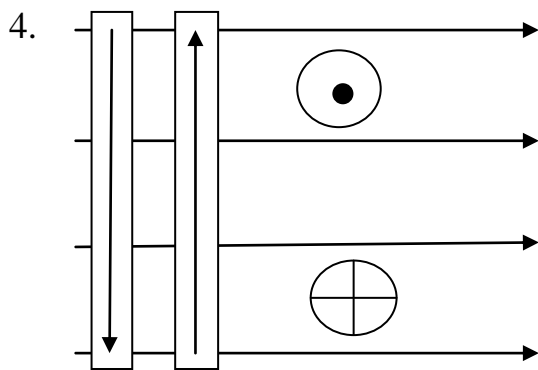
Практичне заняття № 11

СИЛА АМПЕРА. СИЛА ЛОРЕНЦА

1. Яка сила діє на провідник завдовжки 10 см в однорідному магнітному полі з індукцією 2,6 Тл, якщо струм у провіднику становить 12 А, а кут між напрямом струму і лініями магнітної індукції 90° , 30° ?

2. Яка сила струму в провіднику, коли однорідне магнітне поле з індукцією 2,0 Тл діє на його ділянку завдовжки 20 см з силою 0,75 Н? Кут між напрямом струму і лініями магнітної індукції 45° .

3. На провід обмотки якоря електродвигуна при струмі 20 А діє сила 1,0 Н. Визначити силу магнітної індукції в місці розташування проводу, якщо його довжина 0,20 м.

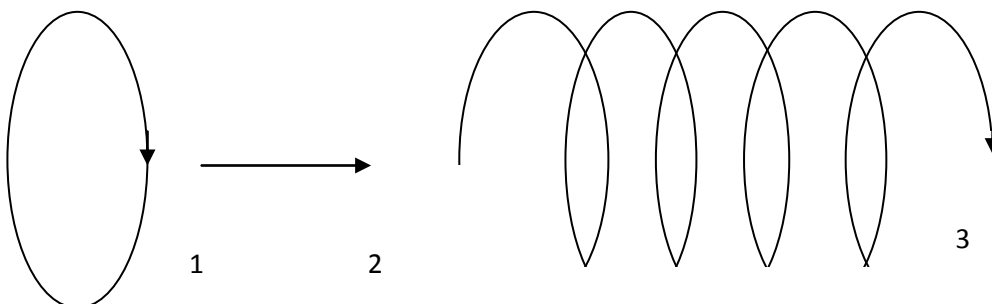


У магнітне поле внесли чотири провідники зі струмами, напрям яких вказані на малюнку. Визначити напрям сил, що діють на кожен провідник з боку поля.

5. Електрон рухається у вакуумі зі швидкістю $3 \cdot 10^6$ м/с в однорідному магнітному полі з індукцією 0,1 Тл. Чому дорівнює сила, що діє на електрон, коли кут між швидкістю електрона і лініями магнітної індукції становить 90° ?

6. Електрон рухається у вакуумі в однорідному магнітному полі з індукцією $5 \cdot 10^{-3}$ Тл. Швидкість електрона становить 10^4 км/с і напрямлена перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Визначити силу, що діє на електрон, і радіус кола, по якому він рухається.

7. На малюнку зображено рухи однакових заряджених частинок в однорідному магнітному полі. Під яким кутом до ліній магнітної індукції входила в поле кожна частинка.



Практичне заняття № 12

ЗАКОН ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ

1. У соленоїді з 80 витків магнітний потік за 5 мс рівномірно змінився від $3,0 \cdot 10^{-3}$ до $1,5 \cdot 10^{-3}$ Вб. Визначити ЕРС індукції.

2. Магнітний потік, що пронизує контур провідника, рівномірно змінився на 0,6 Вб так, що ЕРС індукції стала дорівнювати 1,2 В. Визначити час зміни магнітного потоку. Обчислити силу індукційного струму, якщо опір провідника 0,24 Ом.

3. У магнітному полі з індукцією 25 Тл перпендикулярно до ліній індукції з швидкістю 0,50 м/с рухається провідник завдовжки 1,2 м. Визначити ЕРС індукції в провіднику.

4. Перпендикулярно до ліній індукції переміщається провідник завдовжки 1,8 м зі швидкістю 6,0 м/с. ЕРС індукції 1,44 В. Визначити магнітну індукцію поля.

5. У котушці з 150 витків дроту протікає струм 7,5 А. При цьому створюється магнітний потік 2,0 мВб. Яка індуктивність котушки?

6. У котушці, що має опір 5 Ом, протікає струм 17 А. Індуктивність котушки 50 мГн. Яка напруга на затискачах котушки, коли струм в ній рівномірно зростає зі швидкістю 1000 А/с?

7. Індуктивність котушки 0,1 мГн. При якому струмі енергія магнітного поля становитиме 10^{-4} Дж?

Практичне заняття № 13

МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ. ЗМІННИЙ СТРУМ. КОЛИВАЛЬНИЙ КОНТУР

1. Написати рівняння косинусоїдальних коливань, якщо за 1 хв відбувається 180 коливань з амплітудою 7 см, а початкові фази коливань відповідно становлять 0 ; $\pi/2$; π ; $3\pi/2$.

2. Який період коливань вантажу масою 0,10 кг, підвішеного до пружини жорсткістю 10 Н/м?

3. Маятник Фуко в Ісаакіївському соборі має довжину 98 м. Обчислити період і частоту коливань.

4. Напруга в мережі змінюється за законом $u = 310 \sin \omega t$. Яка кількість теплоти виділиться за 1 хв в електричній плитці з активним опором 60 Ом, коли ввімкнути її в цю мережу?

5. Скільки витків повинна мати вторинна обмотка трансформатора для підвищення напруги від 220 до 11000 В, якщо первинна обмотка має 20 витків? Визначити коефіцієнт трансформації.

6. Визначити період вільних електричних коливань у контурі з параметрами:

C, мкФ	L, Гн
50	50
0,20	0,79
$6,0 \cdot 10^{-3}$	$11 \cdot 10^{-6}$

7. Коливальний контур має період коливань 10^{-5} с. Внаслідок приєднання паралельно до нього додаткового конденсатора ємністю $3 \cdot 10^{-3}$ Ф період коливань збільшився в 2 рази. Визначити початкові індуктивність та ємність коливального контура.

Практичне заняття № 14

ХВИЛЬОВА ОПТИКА

1. Сонячне світло падає на поверхню води в посудині.

1) який кут заломлення, якщо кут падіння 25° ?

2) який кут падіння, якщо кут заломлення 42° ?

3) які кути падіння та заломлення, якщо кут відбивання 30° ?

4) який кут падіння на горизонтальне дно посудини, коли кут падіння на горизонтальну поверхню води 45° ?

2. У дно річки забили палю, частину її заввишки 1,0 м видно над водою. Визначити довжину тіні від палі на поверхні води та на дні річки, коли висота сонця над горизонтом 30° , а глибина річки 2 м.

3. Швидкість світла в алмазі 124 000 км/с. Обчислити показник заломлення алмазу.

4. Частота світла $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Чому дорівнює довжина хвилі в повітрі і яке забарвлення має це світло? З'ясуйте це ж для води.

5. Дві когерентні світлові хвилі приходять в деяку точку з різницею ходу 2,0 мкм. Що будемо спостерігати в цій точці для червоного (760 нм), жовтого (600 нм) та фіолетового (400 нм) світла ?

6. Дифракційна решітка освітлена світлом з довжиною хвилі 400 нм. Визначте період решітки, якщо перший максимум спостерігається на відстані 3,6 мм від центрального. Відстань від решітки до дифракційної картини 1,8 м.

7. На дифракційну решітку з періодом $1,2 \cdot 10^{-5}$ м, падає нормально монохроматична хвиля. Оцініть довжину хвилі, якщо кут між спектрами другого і третього порядку становить $2^\circ 30'$.

Практичне заняття № 15

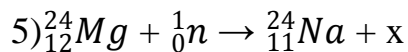
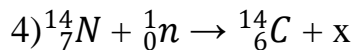
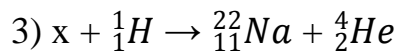
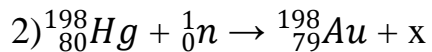
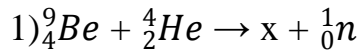
СВІТЛОВІ КВАНТИ. ФОТОЕФЕКТ. ТИСК СВІТЛА

1. Визначити енергію фотона для світла з частотою 10^{15} Гц. Чи може джерело такого випромінювання віддати енергію 2, 8, 10 еВ?
2. Яка частота світла, що відповідає фотонам, енергія яких $5,0 \cdot 10^{-19}$ Дж?
3. Робота виходу електрона із ртуті 4,53 еВ. Чи виникатиме фотоелектрний ефект під час освітлення ртуті видимим світлом?
4. Під час опромінення деякого металу світлом з довжиною хвилі 0,6 мкм, а потім 0,3 мкм виявили, що відповідні максимальні швидкості фотоелектронів відрізняються одна від одної в 2 рази. Визначте червону межу фотоелектрального ефекту для цього металу. Яке це світло?
5. Під час опромінення срібла ультрафіолетовим світлом з довжиною хвилі 0,1 мкм для повного припинення вильоту фотоелектронів потрібна напруга 7,7 В. Чому дорівнює робота виходу для срібла?
6. Фотони з енергією 5 еВ виривають фотоелектрони з металу з роботою виходу 4,5 еВ. Визначте максимальний імпульс, який передається поверхні металу, під час вилітання кожного електрона.
7. Порівняти тиски світла на ідеально білу і на ідеально чорну поверхні за інших рівних умов.

Практичне заняття № 16

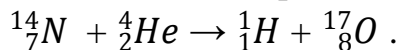
ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ВИХІД

1. Напишіть позначення, яких не вистачає в таких ядерних реакціях:

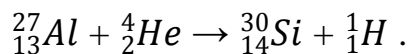


2. Визначити енергію зв'язку урану ${}_{92}^{235}\text{U}$ і ${}_2^4\text{He}$ та повну енергію, яка виділяється під час перетворення всіх ядер атомів, що містяться в 1 г речовини.

3. Визначити енергію, яка поглинається під час реакції:



4. Визначити енергію, яка виділяється під час реакції:



5. Визначити енергію зв'язку ядра ізотопу літію ${}_{3}^7\text{Li}$. Маса ядра становить 7,01823 а.о.м.

6. Скільки радіоактивної речовини залишиться через одну, дві, три й чотири доби, якщо спочатку її було 10 г? Період піврозпаду речовини становить 2 доби.

Частина ІІІ

САМОСТІЙНІ РОБОТИ

Самостійна робота №1
«КІНЕМАТИКА»

Варіант №1

1. Чи можна прийняти Землю за матеріальну точку, розраховуючи :

- А) відстань від Землі до Сонця;
- Б) шлях, пройдений Землею по орбіті за місяць;
- В) довжину екватора Землі;
- Г) швидкість руху точки екватора при добовому обертанні Землі;
- Д) швидкість руху Землі по орбіті навколо Сонця?

2. Швидкість подовжньої подачі різця токарного верстата 12 см/с , а поперечної подачі 5 см/с . Яка швидкість різця в системі відліку, пов'язаній з корпусом верстата?

3. Куля у стволі автомата АКМ рухається з прискоренням 616 км/с^2 . Яка швидкість вильоту кулі, якщо довжина стволу $41,5 \text{ см}$?

4. Знайти доцентрове прискорення точок колеса автомобіля, що торкаються дороги, якщо автомобіль рухається зі швидкістю 72 км/год і при цьому частота обертання колеса 8 с^{-1} .

Варіант №2

1. Зазначити, у яких з наведених випадків тіло, що вивчають, можна прийняти за матеріальну точку :

- А) обчислюють тиск трактора на ґрунт;
- Б) визначають висоту підняття ракети;
- В) розраховують роботу, виконану під час підняття в горизонтальному положенні плити перекриття певної маси на задану висоту;
- Г) визначають об'єм сталеві кульки за допомогою мензурки;
- Д) розраховують дальність польоту снаряду?

2. Власна швидкість гелікоптера 20 м/с . З якою швидкістю відносно землі він буде рухатись при бічному вітрі 10 м/с ?

3. Під час аварійного гальмування автомобіль, що рухався зі швидкістю 72 км/год , зупинився через 5 с . Знайти гальмівний шлях.

4. Циркулярна пила має діаметр 600 мм . На вісь пили насаджений шків діаметром 300 мм , що приводиться в рух за допомогою ремінної передачі від шків діаметром 120 мм , насадженого на вал електродвигуна, що робить 1200 обертів за секунду. Визначити лінійну швидкість зубів пили.

Самостійна робота №2
«ДИНАМІКА»

Варіант № 1

1. Під дією сили 20 Н тіло рухається з прискоренням $0,4 \text{ м/с}^2$. З яким прискоренням рухатиметься тіло під дією сили 50 Н?
2. Два непружних тіла масами 2 і 6 кг рухаються назустріч одне одному зі швидкістю 2 м/с кожне. З якою швидкістю і в який бік рухатимуться ці тіла після удару?
3. Визначити видовження буксирувального тросу, жорсткість якого 100 кН/м, при буксируванні автомобіля масою 2 т з прискоренням $0,5 \text{ м/с}^2$.
4. Імпульс тіла дорівнює $8 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а кінетична енергія 16 Дж. Визначити масу і швидкість тіла.

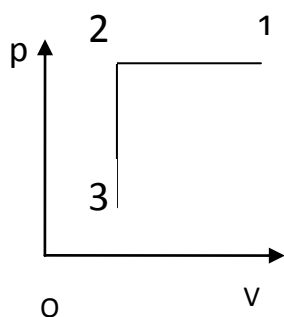
Варіант № 2

1. Сила 60 Н надає тілу прискорення $0,8 \text{ м/с}^2$. Яка сила надасть цьому тілу прискорення 2 м/с^2 ?
2. На вагонетку масою 800 кг, що рухається горизонтально зі швидкістю 0,2 м/с, насипали зверху 200 кг щебеню. Як при цьому змінилась швидкість вагонетки?
3. Собача упряжка, тягнучи сани по снігу, може розвивати силу тяги 0,5 кН. Сани з вантажем якої маси може тягнути упряжка, рухаючись рівномірно, якщо коефіцієнт тертя становить 0,1?
4. Яку роботу треба виконати, щоб однорідний прут завдовжки 2 м і масою 100 кг, що лежить на землі, поставити вертикально?

Самостійна робота №3
«ОСНОВИ МКТ: ГАЗИ»

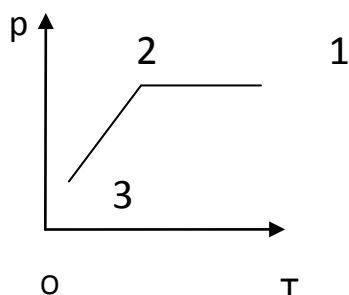
I варіант

1. Знайти масу молекули аміаку NH_3
2. Для аварійного рятувального плотика $V=1\text{ м}^3$ використовується балон зі стисненим повітрям об'ємом 2 л. Який тиск має бути в балоні, щоб тиск в накачаному плотику становив $2 \cdot 10^5$ Па.
3. У балоні об'ємом 100 л знаходиться азот (N_2) під тиском 5 МПа при температурі 27°C . Знайти масу газу.
4. Зобразити процес 1-2-3 в координатах p, T .



II варіант

1. Знайти масу молекули ацетилену C_2H_2
2. Тиск в автомобільних покришках при температурі 27°C становив 1,3 атмосфери ($1,3 \cdot 10^5$ Па). Яким він став опівночі, коли температура спала до 17°C ?
3. У балоні об'ємом 50 л знаходиться газ під тиском 2 МПа при температурі 27°C . Який це газ, якщо його маса становить 80г.
4. Зобразити процес 1-2-3 в координатах p, V .



Самостійна робота №4

«ОСНОВИ МКТ: ПАРА. РІДИНА. ТВЕРДЕ ТІЛО»

I варіант

1. У приміщенні складу температура 17°C . Вологий термометр психрометра показує 14°C . Визначити відносну вологість.
2. Відносна вологість у приміщенні становить 65%. При якій температурі на дзеркалі гігрометра випаде роса, якщо температура повітря становить 20°C ?
3. Для того, щоб відірвати кільце від поверхні води, потрібно прикласти силу 1 Н. Яку силу треба прикласти, щоб відірвати це кільце від поверхні спирту?
4. Визначте з точністю до півсантиметра діаметр алюмінієвого дроту, що може витримувати 1 т з запасом міцності $n=4$?

II варіант

1. У приміщенні аптеки температура 19°C . Вологий термометр психрометра показує 15°C . Визначити відносну вологість.
2. Відносна вологість у приміщенні становить 55%. При температурі 10°C на дзеркалі гігрометра випала роса. Яка температура повітря?
3. У посудину з водою занурені дві скляні трубки. Діаметр однієї з них в 2 рази більший за діаметр іншої. Як відрізняються рівні води в трубках?
4. Визначте з точністю до півсантиметра діаметр мідного дроту, що може витримувати вантаж 1 т з запасом міцності $n=5$?

Самостійна робота №5

«ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ»

І варіант

1. Ідеальному газу надали 1000 Дж теплоти. Яку роботу він виконав, якщо його внутрішня енергія збільшилась на 250 Дж?
2. Знайти ККД двигуна, якщо $Q_1 = 2000$ Дж, а $Q_2 = 1200$ Дж.
3. У тепловій машині, що працює з ККД 35%, температура охолоджувача становить 300 К. Визначте температуру нагрівника.
4. При ізобарному розширенні газ виконав роботу 400 Дж. Яка кількість теплоти була йому надана?

II варіант

1. Ідеальному газу надали 2000 Дж теплоти. Як змінилась його внутрішня енергія, якщо він виконав роботу 600 Дж?
2. Знайти ККД двигуна, якщо $Q_1 = 1000$ Дж, а $Q_2 = 400$ Дж.
3. У тепловій машині, що працює з ККД 40%, температура нагрівника становить 900 К. визначте температуру охолоджувача.
4. Ідеальний газ стиснули до об'єму 0,7 початкового, при чому його тиск зріс у 1,6 рази. На скільки відсотків виросла його внутрішня енергія?

Самостійна робота №6

«ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ»

І варіант

1. Знайти силу, з якою взаємодіють заряди $q_1 = 8$ нКл і $q_2 = - 7$ нКл, розміщені в повітрі на відстані 5 см один від одного. Вкажіть характер взаємодії.
2. Знайдіть напруженість електричного поля конденсатора, якщо відстань між його пластинами становить $d = 25$ см, а напруга між ними $U = 8$ кВ.
3. Плоский паперовий ($\epsilon = 2$) конденсатор має електроємність $C = 20$ мкФ. Яку площу пластини він повинен мати, якщо товщина паперу 0,3 мм?
4. Конденсатору ємністю 150 мкФ надали заряд 15 мКл і відімкнули від мережі. Потім почали розряджати через спіраль. Яка кількість теплоти виділилась на спіралі на той момент, коли напруга впала вдвічі?

II варіант

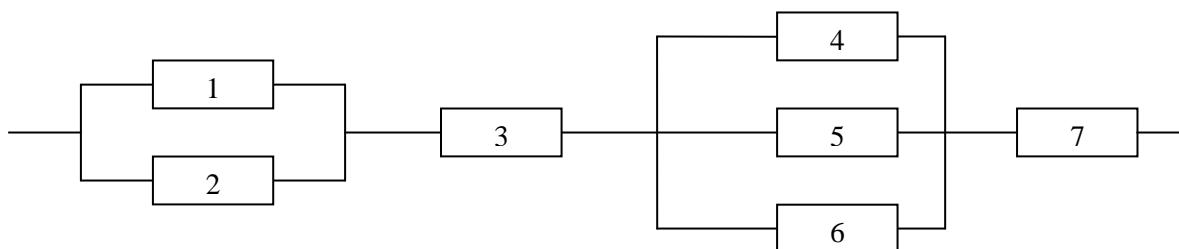
1. Знайти силу, з якою взаємодіють заряди $q_1 = 5$ нКл і $q_2 = 6$ нКл, розміщені в повітрі на відстані 4 см один від одного. Вкажіть характер взаємодії.
2. З якою силою поле, напруженість $E = 5 \cdot 10^3$ В/м діє на заряд 2 нКл ?
3. Плоский слюдяний ($\epsilon = 7$) конденсатор має електроємність $C = 10$ мкФ. Яка відстань між його пластинами, якщо площа пластини $S = 900$ см² ?
4. Плоский конденсатор ($S = 160$ см², $d = 2$ мм, $\epsilon = 6$) зарядили до напруги 200 В між пластинами. Як зміниться при тих самих умовах заряд конденсатора, якщо замінити діелектрик повітрям?

Самостійна робота №7

«ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

I варіант

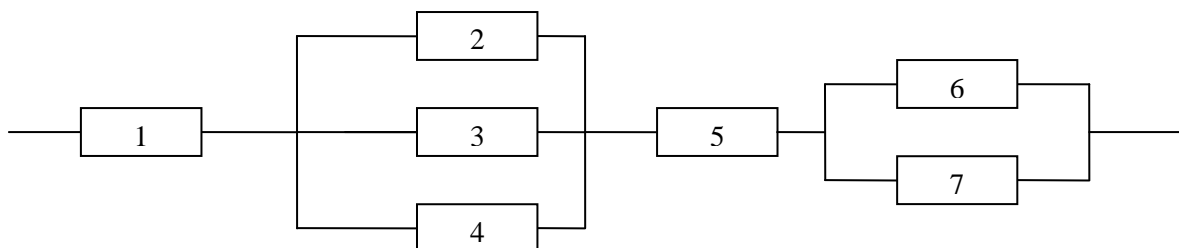
1. Через ділянку кола опором $R = 10 \text{ Ом}$ протікає струм $I = 1,5 \text{ А}$. Знайти спад напруги на ділянці.
2. Джерело $\varepsilon = 24 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$ створює у колі струм $I = 2 \text{ А}$. Знайти опір зовнішньої частини кола.
3. Знайти опір ділянки кола, якщо $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 5 \text{ Ом}$, $R_6 = 6 \text{ Ом}$, $R_7 = 7 \text{ Ом}$.



4. При силі струму 30 А у зовнішньому колі виділяється потужність 180 Вт , а при 10 А – 100 Вт . Знайти ЕРС джерела.

II варіант

1. Через ділянку кола протікає струм $I = 3 \text{ А}$ при спаді напруги на ділянці 12 В . Знайти опір ділянки.
2. Джерело $\varepsilon = 36 \text{ В}$ створює у колі опором $R = 10 \text{ Ом}$ струм $I = 3 \text{ А}$. знайти внутрішній опір джерела.
3. Знайти опір ділянки кола, якщо $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 5 \text{ Ом}$, $R_6 = 6 \text{ Ом}$, $R_7 = 7 \text{ Ом}$.



4. При силі струму 30 А у зовнішньому колі виділяється потужність 180 Вт , а при 10 А – 1000 Вт . Знайти внутрішній опір джерела.

Самостійна робота №8

«ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ»

I варіант

1. Напишіть речення повністю
Акцепторна домішка, наприклад _____ (_____), збільшує в напівпровіднику кількість _____, створюючи провідність ___-типу.
2. За 10 хв. На катоді виділилось 0,3 г нікелю ($k = 0,304 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл). при якій силі струму відбувався електроліз?
3. При збільшенні температури від 0 до 250°C опір металевого провідника збільшився в 2 рази. Визначити термоелектричний коефіцієнт метала.
4. Під час електролізу, що тривав 2 год. при струмі 0,15 А, на катоді площі 96 см² виділилась певна кількість нікелю. Визначити товщину шару, якщо густина нікелю $8,9 \cdot 10^3$ кг/м³

II варіант

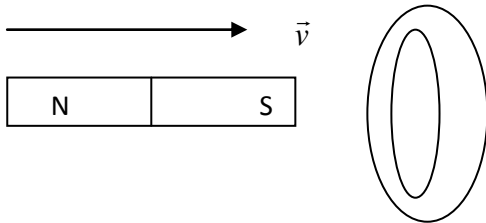
1. Напишіть речення повністю:
Донорна домішка, наприклад _____ (_____), збільшує в напівпровіднику кількість _____, створюючи провідність ___-типу.
2. За 30 хв. на катоді виділилось 15 г міді при силі струму 25 А. Визначити електрохімічний еквівалент міді.
3. При збільшенні температури від 0°C опір металевого провідника збільшився в 1,15 рази. Визначити до якої температури нагріли провідник, якщо термоелектричний коефіцієнт метала $0,004$ K⁻¹
4. Під час електролізу при напрузі 0,4 В на катоді виділилось 300 кг міді ($k = 0,329 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл). Яку роботу при цьому виконав електричний струм?

Самостійна робота №9

«МАГНЕТИЗМ»

I варіант

1.Зобразьте на малюнку B , B_1 , I .



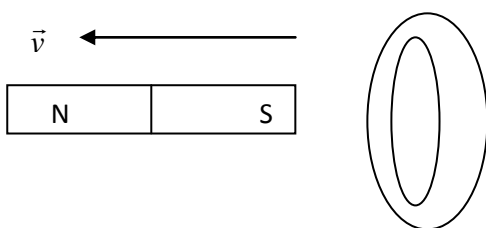
2. Знайдіть заряд електрона, якщо відомо, що рухаючись в магнітному полі $B=3$ Тл зі швидкістю $9 \cdot 10^4$ м/с він зазнає з боку поля дію сили $4,32 \cdot 10^{-14}$ Н

3.Визначити ЕРС індукції в контурі у разі рівномірного зменшення магнітного потоку на $\Delta\Phi = 4 \cdot 10^{-4}$ Вб за $\Delta t = 0,2$ с.

4.Частинка з зарядом $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл влітає в однорідне магнітне поле $B=87$ мТл перпендикулярно до вектора індукції зі швидкістю 50 км/с і починає рухатись по колу радіусом 12 см. Знайти масу частинки.

II варіант

1.Зобразьте на малюнку B , B_1 , I .



2. З якою швидкістю летить в магнітному полі $B=2$ Тл альфа-частинка з зарядом $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, якщо на неї діє сила $3,2 \cdot 10^{-14}$ Н.

3. По котушці електромагніту з індуктивністю $L = 0,4$ Гн тече струм силою $I = 10$ А. Визначте енергію магнітного поля електромагніту.

4. Частинка з масою $6,64 \cdot 10^{-27}$ кг влітає в однорідне магнітне поле $B=0,4$ Тл перпендикулярно до вектора індукції зі швидкістю 500 км/с і починає рухатись по колу радіусом $2,6$ см. Знайти заряд частинки.

Самостійна робота №10

«КОЛИВАННЯ»

І варіант

1. Знайти довжину математичного маятника, якщо частота його коливань становить 1 Гц.
2. Контур, що містить конденсатор ємністю $2 \cdot 10^{-10}$ Ф, має власну частоту коливань 70 кГц. Знайти індуктивність котушки.
3. Знайти потужність первинної обмотки трансформатора з $\eta = 95\%$, якщо у вторинній протікає струм 6 А при напрузі 400 В.
4. Визначити довжину хвилі, що генерується електромагнітним контуром з максимальним зарядом конденсатора 0,25 мкКл і амплітудним значенням струму 10 А.

II варіант

1. Знайти масу пружинного маятника, якщо період його коливань складає 1 с при жорсткості пружини 40 Н/м.
2. Власна частота контуру з індуктивністю $5 \cdot 10^{-3}$ Гн становить 30 кГц. Знайти ємність конденсатора.
3. Знайти потужність вторинної обмотки трансформатора з $\eta = 85\%$, якщо у первинній протікає струм 5 А при напрузі 300 В.
4. Електромагнітний контур генерує хвилю довжиною 2 м. Амплітудне значення сили струму в соленоїді 8 А. Знайти найбільший заряд конденсатора.

Самостійна робота №11

«СВІТЛО ЯК ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ХВИЛЯ»

I варіант

- 1.Визначити частоту фіолетового світла, довжина хвилі якого 400 нм.
- 2.Світловий промінь з повітря у воду падає під кутом 30° . Визначте кут заломлення ($n=1,33$).
- 3.На інтерференційній картині максимум третього порядку спостерігається при оптичній різниці ходу двох монохроматичних хвиль 1,2 мкм. Визначте колір світла.
- 4.Скільки штрихів на 1 мм має дифракційна решітка, що відхиляє фіолетовий промінь на $2,3^\circ$ від його геометричного образу?

II варіант

- 1.Визначити довжину хвилі жовтого світла, якщо її частота $5 \cdot 10^{14}$ Гц.
- 2.Світловий промінь падає з повітря у скло і заломлюється під кутом 30° . Визначте кут падіння.
- 3.Темну чи світлу смужку інтерференційної картини ми будемо спостерігати в точці, освітленій жовтим світлом з оптичною різницею ходу двох когерентних хвиль 2,4 мкм?
- 4.На який мінімальний кут відхилить від геометричного образу жовтий промінь дифракційна решітка, якщо вона має 75 штрихів на 1 мм?

Самостійна робота №12

«СВІТЛОВІ КВАНТИ»

І варіант

1. Знайти масу фотона червоного світла.
2. Якого кольору світло має фотон з імпульсом $1,1 \cdot 10^{-27} \frac{H \cdot m}{c}$?
3. Чи відбудуватиметься фотоефект в міді ($A = 4,47 \text{ eV}$) при освітленні її денним світлом?
4. Червона межа фотоефекту металу становить 600 нм . При якій частоті світла затримуюча напруга буде становити 1 В ?

II варіант

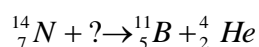
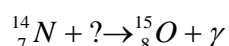
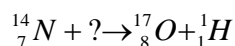
1. Знайти масу фотона фіолетового світла.
2. Якого кольору світло має фотон з імпульсом $1,3 \cdot 10^{-27} \frac{H \cdot m}{c}$?
3. Чи відбудуватиметься фотоефект в калії ($A = 2,15 \text{ eV}$) при освітленні його денним світлом?
4. Червона межа фотоефекту металу становить $4,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$. При якій частоті світла максимальна швидкість фотоелектронів буде становити 500 км/с ?

Самостійна робота №13

«АТОМ І АТОМНЕ ЯДРО»

I варіант

1. Яку бомбардуючу частинку застосували в кожній з реакцій:



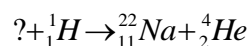
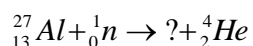
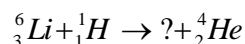
2. Яка енергія виділиться під час повного розпаду всіх ядер, що містяться в 1 г ртуті?

3. Знайти енергію зв'язку ядра ${}^{40}_{20}Ca$, якщо його маса 39,96259 а.о.м.

4. Через час $t = 6$ годин в зразку, що містить 320 г радіоактивної речовини, залишилось 20 г ядер, що не розпались. Визначте період піврозпаду

II варіант

1. Дописати рівняння ядерних реакцій:



2. Яка енергія виділиться під час повного розпаду всіх ядер, що містяться в 1 г радія?

3. Знайти енергію зв'язку ядра 8_4Be , якщо його маса 8,00531 а.о.м.

4. Через який час в зразку радіоактивної речовини з періодом піврозпаду 30 хвилин масою 200 г залишиться 25 г ядер, що не розпались?

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Психрометрична таблиця

Покази сухого термометра, °C	Різниця показів сухого і вологого термометрів, °C											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Відносна вологість, %											
0	100	81	63	45	28	11						
1	100	83	65	48	32	16						
2	100	84	68	51	35	20						
3	100	84	69	54	39	24	10					
4	100	85	70	56	42	28	14					
5	100	86	72	58	45	32	19	6				
6	100	86	73	60	47	35	23	10				
7	100	87	74	61	49	37	26	14				
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7			
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5		
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20	13
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Залежність густини насиченої водяної пари від температури

$t^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t^{\circ}, ^{\circ}\text{C}$	$\rho, \text{г/м}^3$
1	5,2	11	10,0	21	18,3
2	5,6	12	10,7	22	19,4
3	6,0	13	11,4	23	20,6
4	6,4	14	12,1	24	21,8
5	6,8	15	12,8	25	23,0
6	7,3	16	13,6	26	24,4
7	7,8	17	14,5	27	25,8
8	8,3	18	15,4	28	27,2
9	8,8	19	16,3	29	28,7
10	9,4	20	17,3	30	30,3

Коефіцієнти поверхневого натягу, $\times 10^{-3} \text{ Н/м}$

Вода	73	Мильний розчин	40
Бензин	21	Молоко	46
Гас	24	Нафта	30
Гліцерин	64	Ртуть	510
Ефір	17	Спирт	22

Границя міцності на розтяг σ_m і модуль пружності E

Речовина	$\sigma_m, \text{МПа}$	$E, \text{ГПа}$
Алюміній	100	70
Латунь	50	100
Свинець	15	17
Срібло	140	80
Сталь	500	210

Термічні коефіцієнти лінійного розширення металів, град⁻¹

Алюміній	0,000026	Свинець	0,000029
Латунь	0,000019	Срібло	0,000019
Мідь	0,000017	Сталь (залізо)	0,000012
Олово	0,000021	Цинк	0,000026
Платина	0,000009	Чавун	0,000010

Діелектричні провідності речовин

Вакуум	1	Плексиглас	3,3
Вода	81	Повітря	1,0006
Гас	2,1	Слюда	6
Масло	2,5	Скло	7
Парафін	2	Спирт	33
Парафінований папір	2,2	Текстоліт	7

Питомі опори металів, $\times 10^{-6}$ Ом·м

Алюміній	0,028	Платина	0,100
Вольфрам	0,055	Ртуть	0,985
Константан	0,480	Свинець	0,210
Латунь	0,071	Срібло	0,016
Мідь	0,017	Сталь	0,120
Нікелін	0,420	Фехраль	1.200
Ніхром	1,100	Цинк	0,060

Температурні коефіцієнти опору металів, град⁻¹

Алюміній	0,004	Платина	0,004
Вольфрам	0,005	Ртуть	0,0009
Константан	0.00002	Свинець	0,004
Латунь	0,001	Срібло	0,004
Мідь	0,004	Сталь	0,006
Нікелін	0.0001	Фехраль	0,0002
Ніхром	0,0001	Цинк	0,004

Електрохімічні еквіваленти, $\times 10^{-6}$ кг/Кл

Алюміній	0,093	Нікель	0,30
Водень	0.0104	Олово	0,62
Залізо (2 +)	0,193	Срібло	1,12
Золото	0,680	Хром	0,18
Мідь	0,33	Цинк	0,34

Показники заломлення речовин

Алмаз	2,42	Плексиглас	1,50
Вода	1,33	Повітря	1,00029
Гліцерин	1,47	Сірководень	1,63
Кам'яна сіль	1,54	Скипидар	1,47
Кварц	1,54	Скло (легкий крон)	1,80
Кедрова олія	1,52	Скло (важкий флінт)	1,57
Лід	1,31	Спирт етиловий	1,36

Довжини світлових хвиль

Колір	Довжина хвилі, нм
Фіолетовий	380-450
Синій	450-480
Блакитний	480-500
Зелений	500-560
Жовтий	560-590
Помаранчевий	590-620
Червоний	620-760

Робота виходу електронів з металу, eВ

Алюміній	3,74	Мідь	4,47
Вісмут	4,62	Молибден	4,27
Вольфрам	4,50	Натрій	2,27
Залізо	4,36	Нікель	4,84
Золото	4,58	Платина	5,29
Калій	2,15	Срібло	4,28
Кобальт	4,25	Цезій	1,89
Літій	2,39	Цинк	3,74

Відносна атомна маса деяких ізотопів, а.о.м.

${}^1_1\text{H}$	1,00783	${}^{10}_5\text{B}$	10,01294
${}^2_1\text{H}$	2,01410	${}^{11}_5\text{B}$	11,00931
${}^3_1\text{H}$	3,01605	${}^{12}_6\text{C}$	12,00000
${}^3_2\text{He}$	3,01602	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307
${}^4_2\text{He}$	4,00260	${}^{15}_7\text{N}$	15,00011
${}^6_3\text{Li}$	6,01513	${}^{16}_8\text{O}$	15,99491
${}^7_3\text{Li}$	7,01601	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913
${}^8_4\text{Be}$	8,00531	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98146



ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Д.І.МЕНДЕЛЄЄВА

ПЕРІОД	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		b															
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b																
1	H 1,00794 водень														He 4,002602 гелій																	
2	Li 6,941 літій	Be 9,01218 берилій	B 10,811 бор	C 12,011 вуглець	N 14,0067 азот	O 15,9994 кисень	F 18,998403 фтор	Ne 20,179 неон							Ar 39,948 аргон																	
3	Na 22,98977 натрій	Mg 24,305 магній	Al 26,98154 алюміній	Si 28,0855 кремій	P 30,97376 фосфор	S 32,066 сірка	Cl 35,453 хлор	Ar 39,948 аргон							Kr 83,80 криптон																	
4	K 39,0983 калій	Ca 40,078 кальцій	Sc 44,95591 скандій	Ti 47,88 титан	V 50,9415 ванадій	Cr 51,9961 хром	Mn 54,9380 марганець	Fe 55,847 залізо	Co 58,933 кобальт	Ni 58,69 нікель					Cu 63,546 мідь	Zn 65,39 цинк	Ga 69,723 галій	Ge 72,64 германій	As 74,9216 арсен	Se 78,96 селен	Br 79,904 бром	Kr 83,80 криптон										
5	Rb 85,4678 рубідій	Sr 87,62 стронцій	Y 88,90589 їтрієвий	Zr 91,224 цирконій	Nb 92,90638 ніобій	Mo 95,94 молибден	Tc 98,906 технецій	Ru 101,07 рутений	Rh 102,9055 родій	Pd 106,42 паладій					Cs 132,9054 цезій	Ba 137,33 барій	La 138,9055 лантан	Ce 140,12 церій	Pr 140,9077 прасодим	Nd 144,24 неодим	Pm [145] прометей	Sm 150,36 самарій	Eu 151,96 европій	Gd 157,25 гадоліній	Tb 158,9254 тербій	Dy 162,5 дітроній	Ho 164,9304 гольмій	Er 167,26 ербій	Tm 168,9342 тільмій	Yb 173,04 йтербій	Lu 174,967 лютецій	
6	Fr [223] францій	Ra [226] радій	Ac [227] актиній	Rf [261] резерфордій	Db [262] дубній	Sg [266] сєвєргій	Bh [264] борій	Hs [277] гаасій	Mt [268] майтнерій	Ds [271] дармштадтій					Os 190,2 осмій	Ir 192,22 ірмідій	Pt 195,08 платина															
7	E₂O	E₂O	E₂O₃	E₂O₅	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₅	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	E₂O₃	
Легкі сполуки з гідрогеном																																

s-елементи
 p-елементи
 d-елементи
 f-елементи
 Для f-елементів наведено лише змінювані лише змінювані частини електронних формул

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко С.У. Фізика: Підруч. для 9 кл. серед. загальноосв. шк.- К.: Освіта, 2002.
2. Гончаренко С.У. Фізика: Підруч. для 10 кл. серед. загальноосв. шк.- К.: Освіта, 2002. – 319 с.
3. Гончаренко С.У. Фізика: Підруч. для 11 кл. серед. загальноосв. шк.- К.: Освіта, 2002. – 319 с.
4. Гончаренко С.У. Фізика: Пробн. навчальний посібник для ліцеїв та класів пророднично-наукового профілю. 10 клас.- К.: Освіта,1995.– 430с.
5. Гончаренко С.У. Фізика: Пробн. навч. посібник для 11 кл. ліцеїв та гімназій науково-природничого профілю.- К.: Освіта, 1995. – 448 с.
6. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика. 9 кл.: Пробний підручник для загальноосвіт. шк. – К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2000. – 232 с.
7. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика. 10 кл.: Підруч. для загальноосвіт.навч. закл. – К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. – 296с
8. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика. 11 кл.: Підруч. для загальноосвіт.навч. закл. – К.: Ірпінь: ВТФ «Перун»,
9. Жданов Л.С., Жданов Г.Л. Фізика. Підручник для середніх спеціальних навчальних закладів. – К.: Высшая школа, 1983.
- 10.Гельфгат І.М. та ін. Збірник різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики. – Харків: Гімназія, 2003. – 80 с.
- 11.Гудзь В.В. та ін. Фізика: Посібник для підготовки та проведення тематичного оцінювання навчальних досягнень.10 кл. – Тернопіль: Мандрівець, 2002. – 64 с.
- 12.Кирик Л.А. Фізика – 10. Різнорівневі самостійні та контрольні роботи. Харків: «Гімназія», 2002. – 192 с.
- 13.Орлянський О.Ю. Фізика. Готуємось до тестування: Зб. задач для абітурієнтів / О.Ю. Орлянський, Р.С. Тутік. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац.ун-ту, 2006. – 232 с.
- 14.Римкевич А.П. Збірник задач з фізики для 9 – 11 класів середньої школи. –Х.: ББН,2002. – 208с.
- 15.Демкович В.П., Демкович Л.П. Збірник задач з фізики для 8 – 10 класів середньої школи.–К: «РШ»,1975.– 240 с.

Від автора.....	3
ЧАСТИНА I. ЛЕКЦІЇ.....	4
1.Вступ.....	5
1.МЕХАНІКА.....	6
1.1.Кінематика.....	6
2.Механічний рух. Основна задача механіки. Система відліку. Відносність руху. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість руху. Закон додавання швидкостей. Графіки залежності кінематичних величин від часу. Миттєва швидкість.....	6
3.Прискорення. Рівноприскорений прямолінійний рух. Графіки залежності кінематичних величин від часу. Вільне падіння. Прискорення вільного падіння.....	8
4.Рівномірний рух по колу. Період, частота обертання. Кутова, лінійна швидкість. Доцентрове прискорення.....	9
1.2.Динаміка. Закони збереження.....	10
5.Механічна взаємодія. Причини руху. Сила. Види сил в природі. Інерціальна система відліку. I закон Ньютона. Інертність. Маса.....	10
6.II закон Ньютона. Вимірювання сил. Додавання сил. III закон Ньютона. Межа застосування законів Ньютона.....	11
7.Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння. Сила тяжіння. Вага і невагомість. Штучні супутники Землі. Внесок українських вчених в розвиток космонавтики.....	12
8.Деформація тіл. Сила пружності. Механічна напруга. Закон Гука. Механічні властивості твердих тіл.....	13
9.Сила тертя. Коефіцієнт тертя. Рух тіла під дією кількох сил. Рівновага тіл. Момент сили. Умова рівноваги тіла, що має вісь обертання.....	15
10.Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух. Механічна енергія. Кінетична і потенціальна енергія. Закон збереження енергії в механічних процесах. Абсолютно пружний удар.....	16
2.МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА.....	17
2.1.Властивості газів, рідин і твердих тіл.....	17
11.Основні положення МКТ. Маса і розміри молекул. Кількість речовини. Взаємодія атомів і молекул речовини в різних агрегатних станах. Температура та її вимірювання.....	17
12.Властивості газів. Тиск. Основне рівняння МКТ. Рівняння Менделєєва – Клапейрона. Ізопроеци. Швидкість молекул ідеального газу.....	19
13.Пароутворення. Насичена і ненасичена пара. Кипіння. Вологість повітря. Точка роси. Змочування. Капілярні явища.....	20
14.Особливості будови твердих тіл. Кристали. Полімери.....	22
2.2.Основи термодинаміки.....	23

15.Внутрішня енергія. Два способи зміни внутрішньої енергії. Робота газу.....	23
16.I закон термодинаміки. Застосування його до ізопроцесів. Рівняння теплового балансу. Адіабатний процес. Необоротність теплових процесів.....	24
17.Теплові машини.....	25
3.ЕЛЕКТРОДИНАМІКА.....	27
3.1.Електричне поле.....	27
18. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Потенціал. Різниця потенціалів. Напряга. Зв'язок між напруженістю і напрягою....	27
19. Електроємність. Конденсатор: види та використання. Енергія електричного поля.....	28
20.Електричний струм. Сила струму. Постійний електричний струм. Провідники електричного струму. Опір. Закон Ома для ділянки кола. Робота і потужність електричного струму. Електричне коло. Джерела і споживачі електричного струму. ЕРС. Закон Ома для повного кола....	29
21. Електронна провідність. Електричний струм в металах. Надпровідність. Електричний струм у вакуумі. Термоелектронна емісія. Вакуумні прилади.....	31
22.Іонна провідність. Електричний струм у рідинах. Електроліз. Закони Фарадея.....	32
23. Електричний струм у газах. Самостійний і несамостійний газові розряди.	33
24. Електричний струм в напівпровідниках. Власна та домішкова провідність напівпровідників. Напівпровідникові прилади.....	34
3.2.Магнітне поле.....	35
25. Взаємодія провідників зі струмом. Магнітне поле. Індукція магнітного поля. Дія магнітного поля на провідник зі струмом. Сила Ампера. Сила Лоренца.	35
26.Електромагнітна індукція. Досліди Фарадея. Закон електромагнітної індукції. Індуктивність. Самоіндукція. Енергія магнітного поля струму....	36
4.КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ.....	37
27.Коливальний рух. Вільні коливання. Амплітуда, період, частота. Гармонічні коливання. Рівняння гармонічних коливань.....	37
28.Змінний струм. Миттєве, амплітудне та діюче значення ЕРС, сили струму та напруги. Індуктивність та ємність у колі змінного струму. Трансформатори.....	38
29.Коливальний контур. Формула Томсона. Досліди Герца. Винайдення радіо О.С.Поповим. Принципи радіозв'язку.....	39
5.ОПТИКА ТА ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ.....	40
30.Розвиток уявлень про природу світла. Поширення світла в різних середовищах. Відбивання і заломлення світла. Закони геометричної оптики.....	40

31.Світло як електромагнітна хвиля. Інтерференція, дисперсія, дифракція світла. Дифракційна решітка. Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Шкала електромагнітних хвиль.....	42
32.Принцип відносності Ейнштейна. Основні положення спеціальної теорії відносності. Швидкість світла у вакуумі. Сучасні уявлення про простір і час.....	44
33.Квантові властивості світла. Гіпотеза Планка. Світлові кванти. Фотоефект. Рівняння фотоефекту.....	45
34.Тиск світла. Хімічна дія світла. Люмінесценція. Квантові генератори світла та їх застосування.....	46
6.АТОМНА І ЯДЕРНА ФІЗИКА.....	47
35.Ядерна модель атома. Квантові постулати Бора. Спектральний аналіз. Склад ядра атома.....	47
36. Енергія зв'язку атомних ядер. Ядерні реакції та їх енергетичний вихід. Радіоактивність. α , β , γ – випромінювання. Закон радіоактивного розпаду.....	48
37.Поділ ядер урану. Ланцюгова реакція. Ядерні реактори. Термоядерні реакції.	50
38.Проблеми розвитку ядерної енергетики в Україні. Елементарні частинки, їх взаємоперетворюваність.....	51
39.Узагальнююче заняття.....	52
ЧАСТИНА II. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ.....	53
Практичне заняття № 1	
КІНЕМАТИКА.....	54
Практичне заняття № 2	
ЗАКОНИ НЬЮТОНА.....	55
Практичне заняття № 3	
ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ. ЗАКОН ГУКА.....	56
Практичне заняття № 4	
ТЕРТЯ. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ.....	57
Практичне заняття № 5	
РІВНЯННЯ МЕНДЄЛЄЄВА – КЛАПЕЙРОНА. ІЗОПРОЦЕСИ.....	58
Практичне заняття № 6	
ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ. КАПЛЯРНІ ЯВИЩА.....	59
Практичне заняття № 7	
ЗАКОНИ ТЕРМОДИНАМІКИ. ТЕПЛОВІ МАШИНИ.....	60
Практичне заняття № 8	
ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ. ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ.....	61
Практичне заняття № 9	
ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....	62
Практичне заняття № 10	
ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В МЕТАЛАХ.	
ЗАКОНИ ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ.....	63
Практичне заняття № 11	

СИЛА АМПЕРА. СИЛА ЛОРЕНЦА.....	64
Практичне заняття № 12	
ЗАКОН ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ	65
Практичне заняття № 13	
МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ. ЗМІННИЙ СТРУМ	
КОЛИВАЛЬНИЙ КОНТУР.....	66
Практичне заняття № 14	
ХВИЛЬОВА ОПТИКА.....	67
Практичне заняття № 15	
СВІТЛОВІ КВАНТИ. ФОТОЕФЕКТ. ТИСК СВІТЛА.....	68
Практичне заняття № 16	
ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ВИХІД.....	69
ЧАСТИНА III. САМОСТІЙНІ РОБОТИ.....	70
Самостійна робота №1	
«ДИНАМІКА».....	71
Самостійна робота №2	
«КІНЕМАТИКА».....	72
Самостійна робота №3	
«ОСНОВИ МКТ. ГАЗИ».....	73
Самостійна робота №4	
«ОСНОВИ МКТ. ПАРА. РІДИНА. ТВЕРДЕ ТІЛО».....	74
Самостійна робота №5	
«ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ».....	75
Самостійна робота №6	
«ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ».....	76
Самостійна робота №7	
«ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ».....	77
Самостійна робота №8	
«ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ».....	78
Самостійна робота №9	
МАГНЕТИЗМ.....	79
Самостійна робота №10	
«КОЛИВАННЯ».....	80
Самостійна робота №11	
«СВІТЛО ЯК ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ХВИЛЯ».....	81
Самостійна робота №12	
«СВІТЛОВІ КВАНТИ».....	82
Самостійна робота №13	
«АТОМ І АТОМНЕ ЯДРО».....	83
Довідкові матеріали.....	84
Література.....	90
Зміст.....	91