

**Ю.М.Мар'їнських
Д.Я.Костюкевич**

**УКРУПНЕНІ ДИДАКТИЧНІ ОДИНИЦІ
З ФІЗИКИ В НАОЧНИХ ЗАСОБАХ**

Навчальний посібник

**ВПФ „Епсілон”
Київ -2008**

ББК 22.3.я 73
М 26.

Р е ц е н з е н т и:

**с.н.с. Інституту педагогіки АПН України - *М.В.Головко*
заслужений учитель України - *Т.В.Лободюк*.**

Автори: Мар'їнських Ю.М., Костюкевич Д.Я.

**М 26 Укрупнені дидактичні одиниці з фізики у наочних засобах:
Навчальний посібник.-К.: ВПФ „Епсілон”, 2008.-64 с.**

ISBN 978-966-2956-05-4

Сучасний комплекс з фізики в цілому або його складові використовуються вчителем під час пояснення нового матеріалу, а також за всіма видами закріплення, узагальнення і різними формами навчання. Застосування комплексу в навчальному процесі полегшує розуміння і засвоєння логічної структури змісту учнями, вдосконалює вміння аналізувати фізичні процеси і здійснювати самоконтроль. Навчально-методичний посібник буде корисним як вчителям і учням загальноосвітніх і професійно-технічних навчальних закладів, так і слухачам підготовчих курсів, абітурієнтам і студентам.

ББК 22.3.я 73

ISBN 978-966-2956-05-4

© Ю.М.Мар'їнських, таблиці, художня
розробка, комп'ютерний дизайн, 2008
© Д.Я.Костюкевич, опис таблиць, 2008
© ВПФ „Епсілон”, 2008

Вступ: Комплекс з фізики.....6	
Опис таблиць.....7-16,.....49-55	

I. Основи кінематики

Таблиця 1.....17

- 1.1 Прямолінійний рух.
- 1.2 Графічне зображення руху.
- 1.3 Переміщення.
- 1.4 Середня швидкість, миттєва швидкість.
- 1.5 Додавання швидкостей.
- 1.6 Відносність руху

Таблиця 2.....18

- 2.1 Рівноприскорений прямолінійний рух.
- 2.2 Швидкість.
- 2.3 Пройдений шлях.
- 2.4 Вільне падіння.
- 2.5 Рух тіла кинутого горизонтально.
- 2.6 Вертикальний рух.

Таблиця 3.....19

- 3.1 Рух тіла кинутого під кутом до горизонту.
- 3.2 Рівняння руху.
- 3.3 Рівномірний рух по колу.
- 3.4 Нерівномірний рух по колу.

II. Основи динаміки

Таблиця 4.....20

- 4.1 Основи динаміки.
- 4.2 Сила як міра механічної взаємодії.

Таблиця 5. Види сил у механіці.....21
--

- 5.1 Сили пружності.
- 5.2 Сили тертя.
- 5.3 Закон всесвітнього тяжіння.
- 5.4 Сила тяжіння.

Таблиця 6.....22

- 6.1 Вага тіла у стані спокою та при русі з прискоренням.
- 6.2 Рух тіла по дузі кола.
- 6.3 Рух тіла у гравітаційному полі.

III. Закони збереження в механіці.

Таблиця 7.....23

- 7.1 Закон збереження імпульсу тіла.
- 7.2 Абсолютно пружний удар.
- 7.3 Реактивний рух.
- 7.4 Закон збереження моменту імпульсу.

Таблиця 8.....24

- 8.1 Механічна робота і кінетична енергія. Робота сил тертя і тяжіння.

- 8.2 Робота сил пружності, потенціальна енергія.

- 8.3 Робота сили тяжіння не залежить від форми траєкторії.

- 8.4 Середня потужність.

Таблиця 9.....25

- 9.1 Закон збереження повної механічної енергії.

- 9.2 Рух рідини.

- 9.3 Підйомна сила крила літака.

IV. Основи молекулярно-кінетичної теорії

Таблиця 10.....26

- 10.1. Атом.

- 10.2 Відносна атомна маса.

- 10.3 Кількість речовини.

- 10.4 Молярна маса.

Таблиця 11.....27

- 11.1 Броунівський рух.

- 11.2 Взаємодія молекул.

- 11.3 Агрегатний стан речовин.

Основне рівняння МКТ.

Таблиця 12.....28

- 12.1 Теплова рівновага газів.

- 12.2 Визначення температури.

- 12.3 Вимірювання температури.

- 12.4 Швидкості молекул газу.

Таблиця 13.....29

- 13.1 Рівняння стану ідеального газу.

- 13.2 Рівняння Клапейрона.

13.3 Ізопроееси.

V. Основи термодинаміки.

Таблиця 14.	30
14.1 Зміна агрегатного стану речовин.	
14.2 Випаровування.	
14.3 Кипіння.	
14.4 Вологість повітря.	
14.5 Ізотерми реального газу.	

Таблиця 15.	31
--------------------	----

15.1 Поверхневий натяг рідин.	
15.2 Капілярні явища.	
15.3 Тверде тіло.	
15.4 Деформація.	

Таблиця 16.	32
--------------------	----

16.1 Внутрішня енергія тіла.	
16.2 Робота в термодинаміці.	
Методи зміни енергії.	
16.3 1 закон термодинаміки.	
16.4 Цикл Карно.	
16.5 Тепловий двигун.	

VI. Основи електродинаміки

Таблиця 17.	33
17.1 Електризація тіл.	
17.2 Закон Кулона.	
17.3 Нестійкість і стійкість.	
17.4 Напруженість електричного поля.	

Таблиця 18.	34
--------------------	----

19.1 Потенціальна енергія заряду у електричному полі.	
18.2 Потенціал-енергетична характеристика.	
19.2 Провідники у електростатичному полі.	
18.3 Електроємність.	

Таблиця 19. Закони постійного струму.	35
--	----

19.1 Сила струму.	
19.2 Закон Ома для ділянки кола.	
19.3 Робота. Потужність струму.	
19.4 Закон Ома для замкнутого кола.	
19.5 Закони Кірхгофа.	

Таблиця 20. Електричний

струм у середовищах.	36
-----------------------------	----

20.1 У металах.	
20.2 У вакуумі.	
20.3 У напівпровідниках.	
20.4 У рідинах.	
20.5 Струм у газах.	

VII. Електромагнітне поле

Електромагнітна індукція.

Таблиця 21.

Магнітне поле.	37
-----------------------	----

21.1 Взаємодія струмів.	
21.2 Вектор магнітної індукції.	
21.3 Сила Ампера.	
Сила Лоренцо.	
21.4 Магнітна проникливість.	
21.5 Електровимірювальні прилади.	

Таблиця 22. Явище

електромагнітної індукції.	38
-----------------------------------	----

22.1 Виникнення індукційного струму.	
22.2 Правило Ленца.	
22.3 Закон електромагнітної індукції.	
22.4 Самоіндукція.	

VIII. Коливання і хвилі різної фізичної природи

Таблиця 23.	39
--------------------	----

23.1 Вимушені коливання.	
23.2 Автоколивання, резонанс.	
23.3 Енергія вільних коливань.	
23.4 Математичний маятник.	
23.5 Гармонічні коливання.	

Таблиця 24.	40
--------------------	----

24.1 Механічні хвилі.	
24.2 Хвилі.	
24.3 Дифракція.	
24.4 Звукові хвилі	

Таблиця 25. Електромагнітні

коливання.	41
-------------------	----

25.1 Електромагнітні коливання.	
25.2 Генератор електромагнітних коливань.	
25.3 Гармонічні коливання.	
25.4 Змінний електричний струм.	
Таблиця 26. Активне і реактивне навантаження у колі змінного струму.	42
26.1 Діюче значення I , U .	
26.2 Активний опір.	
26.3 Ємнісний опір.	
26.4 Індуктивний опір.	
26.5 Закон Ома, резонанс у колі змінного струму.	
Таблиця 27	
Електромагнітні хвилі	43
27.1 Струм зміщення	
27.2 Властивості електромагнітних хвиль.	
27.3 Принцип радіозв'язку.	
ІХ. Геометрична, і хвильова оптика	
Таблиця 28. Геометрична оптика	44
28.1 Повне відбивання.	
28.2 Побудова зображення в лінзах.	
Таблиця 29. Світлові хвилі.	45
29.1 Інтерференція світла.	
29.2 Дифракція світла.	

29.3 Дисперсія світла.	
29.4 Поляризація світла.	

Х. Основи квантової фізики

Таблиця 30. Світлові кванти. Дії світла.	46
30.1 Світлові кванти.	
30.2 Фотоефект.	
30.3 Закони фотоефекту.	
30.4 Пояснення фотоефекту.	
30.5 Ефект Комптона.	

ХІ. Атомна фізика

Таблиця 31. Будова атома.	47
31.1 Фізика атома.	
31.2 Постулати Бора.	
31.3 Дослід Франка і Герца.	
31.4 Виникнення спектрів.	
31.5 Рівні енергій атома гідрогену	
Таблиця 32. Фізика атомного ядра.	48
32.1 Будова ядра.	
32.2 Радіоактивність.	
32.3 Закон радіоактивного розпаду.	
32.4 Енергія зв'язку.	
32.5 Поділ ядер урану.	
Додаток.	56

Комплекс з фізики

(укрупнені дидактичні одиниці з фізики в наочних і електронних засобах навчання)

За будь-якої системи й технології навчання предмету фізики разом з невід'ємною експериментальною складовою присутнє наочно-графічне уявлення фізичних процесів, явищ, закономірностей тощо, якими вчитель змушений супроводжувати пояснення. Такою складовою є серія таблиць повнокольорового зображення з електронною версією змісту таблиць.

Таблицям відведена роль багатофункціонального дидактичного призначення в навчальному процесі. Це досягається зображеними на таблицях структурами змісту, що вивчаються, реалізацією деяких ідей укрупнених дидактичних одиниць.

У таблицях за допомогою графічних засобів в компактній формі представлені автономні порції учбового матеріалу. Це відібрані педагогічні пояснення, оброблені в логіко-структурному відношенні з метою формування «згорнутих» знань, що відповідають дидактичним одиницям (ДО) засвоєння й компактних як у наочно-образному, так і в змістовому значеннях. Кожна ДО, яка відповідає певному поняттю, закону, явищу, наділена відповідною локальною автономністю. Зміст дидактичних одиниць визначає їхнє місце в контексті організації вивчення теми з позиції логічного взаємозв'язку, тобто структурності таблиці.

Набір ДО з інформаційною спільністю складає зміст таблиці - укрупненої дидактичної одиниці (УДО), що відповідає укрупненій порції знань. Технологія змістовного синтезування логічно взаємопов'язаними дидактичними одиницями в сучасній системі розвиваючого навчання відтворює інноваційно повноцінний компонент. Інваріантний зміст дидактичних одиниць, що забезпечує структуру УДО, дає можливість викладачеві використовувати таблиці при програмних змінах з предмету. Відносна завершеність змісту дозволяє використовувати таблиці у традиційній системі навчання, а під час первинного послідовного вивчення усіх ДО таблиць може бути використана інноваційна технологія навчання, як укрупнений крок навчального процесу. Властивість дискретності ДО досягається фонуванням відповідних часток таблиці. Спеціально підібраний стиль графічного зображення, текстового, знакового матеріалів і кольороносіїв дозволяють без декодування сприймати зміст УДО.

Розроблений пристрій забезпечує кріплення, зберігання, розміщення в будь-якому місці кабінету комплекту таблиць і одночасно дає можливість демонструвати їх. При необхідності можливо затуляти

фрагменти УДО, зокрема того, з якими працюють на уроці. Пристрій дозволяє повертати таблиці під будь-яким кутом до спостерігача і частково переміщувати у просторі.

Копія цих таблиць у повнокольоровому зображенні у вигляді брошур на кожному робочому місці учня дає можливість розширити діапазон видів учбової діяльності. Електронний варіант цих матеріалів дозволить проводити заняття в комп'ютерних класах і самостійно на ПК. Особливість будови змісту таблиць дозволяє їх використання не лише вчителем при поясненні нового, але й за всіма видами закріплення та повторювання самими учнями як у навчальному кабінеті, так і після переписування вдома, при узагальненні, при підготовці до заліків та іспитів.

Автори вдячні Нижнику В.Г., Селезньову Ю.О., Хоменко О.В., Воробйову А., а також вчителям Сумської області за внесені корисні пропозиції по таблицях.

Комплекс з фізики буде корисним для вчителів і учнів загальноосвітніх шкіл, для викладачів, учнів, студентів коледжів, професійно-технічних, навчальних закладів, підготовчих курсів.

I. Основи кінематики

Таблиця 1.

- 1.1 На цьому фрагменті показано типи механічного руху, ілюструються поняття: „фізичне тіло” і „точка”. Звичайний вид руху - прямолінійний рівномірний рух, як приклад розв'язання основної задачі механіки в кінематиці. Це пояснюється місцем знаходження автомобіля на прямій через рівні проміжки часу. За допомогою малюнків доводиться поняття швидкості рівномірного руху.
- 1.2 На фрагменті показано графічне зображення руху, де координата лінійно залежить від часу в прямому і зворотньому напрямку з початковим положенням $x_0=20\text{м}$
- 1.3 Поняття „переміщення тіла” визначається направленим відрізком прямої, що з'єднує початкову і кінцеву точки на малюнку, а квадрат модуля переміщення рівний сумі квадратів проекцій на взаємно перпендикулярних вісях. Показано шлях, рівний довжині траєкторії руху тіла.
- 1.4 Для визначення середньої швидкості береться відношення суми модулів переміщення, як скалярна величина шляху, до проміжку часу, затраченому на шлях. Поняття миттєвої швидкості визначається відношенням величини переміщення до нескінченно малого інтервалу часу, за який відбулося переміщення.
- 1.5 Поняття рухомої і нерухомої систем відліку ілюстровано одночасним рухом автомобіля на платформі, що рухається відносно нерухомого

об'єкта з годинником. Показано, як отримують формули додавання переміщень та швидкостей.

- 1.6 На останньому фрагменті зображений човен, що рухається відносно плота в одному напрямку, а відносно нерухомого спостерігача він рухається одночасно з течією і перпендикулярно берегу.

Таблиця 2.

- 2.1 Рівноприскорений рух ілюструє скочування кулі лівим похилим жолобом. Прискорення – векторна величина. Вектор прискорення співпадає з вектором швидкості. Швидкість зміни швидкості за рівні інтервали часу визначають значеннями відповідних величин прискорювання куль. Скочування кулі по правому похиліму жолобу ілюструє рівносповільнений рух з таким же за величиною прискоренням протилежного напрямку ($a < 0$). Перевірка проводиться за допомогою формули прискорення. Середня швидкість рівнозмінного руху визначається півсумою початкової і кінцевої швидкостей.
- 2.2 Чисельні значення переміщень у рівнозмінному русі в координатній площині швидкості від часу подані двома площинами двох симетричних трапецій, що відповідають графікам рівноприскореного і рівносповільненого руху. Для виведення формули переміщення використовують час і поняття середньої швидкості, за знаходженням площі трапеції. Закономірність відношення переміщень та їхніх проєкцій на обраний напрямок за кожен наступну одиницю часу (відношення непарного ряду чисел) ілюструється переміщеннями кулі, що скочується по похилій.
- 2.3 Подано запис середньої швидкості у рівноприскореному прямолінійному русі.
- 2.4 Ліворуч показано дослідження зміни швидкості під час вільного падіння за кожен наступну одиницю часу. Числові значення швидкостей спроектовані на вертикальний напрям.
- 2.5 Малюнок ілюструє рух тіла, кинутого горизонтально. Порівняльний аналіз вертикальної складової швидкості однаково збільшується, а горизонтальна складова швидкості залишається незмінною. Записано формули для визначення висоти падіння, часу падіння і максимальної швидкості в момент падіння. На останньому рисунку зафіксовано положення вертикально кинutoї кулі в кожному з 7 наступних інтервалів часу. Поруч представлено графік залежності переміщення кулі в координатах Y_{Ot} . Залежно від швидкості об'єкта побудовано графіки руху.

Таблиця 3.

- 3.1 На двох малюнках показано положення снарядів, що випущені вертикально і під кутом до горизонту. Вертикальна складова швидкостей в обох випадках спадає на одну і ту саму величину, а $V_x = \text{const}$. На верхньому правому рисунку показано, як відбувається спад цієї швидкості. У вершині параболи $V_{0y} = 0$, до цієї умови визначається час максимального підйому. Використовуючи співвідношення $\frac{v^2 - v_0^2}{2g} = h$, знаходиться закономірність (формула) максимальної висоти підйому тіла. Результируюча швидкість у будь-якій точці траєкторії визначається складовими вздовж вертикального і горизонтального напрямів.
- 3.2 Дальність польоту визначається за відомим часом підйому, спуску і складової швидкості в напрямку ОХ. З існуючої координати від часу (з двох рівнянь) знаходять рівняння руху.
- 3.3 За допомогою верхнього рисунку вводять основні поняття рівномірного руху по колу. Нижній рисунок використовують для виведення формул доцентрового прискорення. Правий рисунок пояснює зміну величини доцентрового прискорення залежно від радіуса кривизни траєкторії.

II. Основи динаміки

Таблиця 4.

- 4.1 Подана ілюстрація стану спокою або рівномірного прямолінійного руху об'єкта, кулі. Для виведеної в космос ракети з визначеною швидкістю після відключення двигунів швидкість залишається сталою. Це характерно для компонентів після вибуху небесного об'єкта (зірки). Крайній правий рисунок показує зміну стану перебування тіла (спокою) внаслідок зовнішнього впливу.
- 4.2 На верхній частині фрагмента показано залежність зміни швидкості тіл (куль однієї маси) від величини дії сили з боку інших тіл. Експериментальні дослідження підтверджують пропорційну залежність зміни швидкості куль від дії зовнішньої сили (показано на рисунках). Наслідком зміни швидкості є виникнення прискорення. Аналізуючи вищезгадану залежність, формулюють висновок:

$$\vec{a} = f(\vec{v})$$

- Далі розглядається залежність прискорення, що набувається тілами різної маси внаслідок дії постійної сили. Експеримент підтверджує, що прискорення тіл обернено пропорційне їх масам, якщо сила незмінна. Аналізуючи експерименти, робимо висновок: прискорення тіла прямо пропорційне діючій на нього силі і обернено пропорційне масі. Розглядається експеримент з визначення маси тіла шляхом взаємодії його з тілом еталонної маси і поняття „інерційна маса”.
- 4.3 Схема ілюструє замкнену систему. У першому випадку взаємодіють два візки однієї маси, у другому – різної маси. Аналізуючи набуті візками прискорення, одержують відношення прискорень, обернено пропорційне відношенню їх мас. З цієї пропорції робиться висновок, що сили рівні за величиною (модулем), але протилежно напрямлені одна одній.

Таблиця 5

- 5.1 Ілюструється прояв фундаментальних взаємодій. Сили пружності пружини динамометра зображені одним видом. Показано причини виникнення сил пружності: електромагнітна взаємодія при розтягненні (стисненні) переважає електростатичне притягання (відштовхування). Подана закономірність залежності сили пружності від величини розтягу (закон Гука), а також зображена сила реакції опори.

- 5.2 Нижня частина фрагмента: напрямок і прикладання сили тертя, реакції опори, ваги тіла і сили тяжіння. На похилій площині розміщено тіло, зображено сили, що діють на тіло, прискорення, координатні осі, що проходять через центр мас.
- 5.3 Прояв гравітаційної взаємодії. Падіння тіл поблизу Землі і Місяця обумовлено силою однієї фізичної природи. Логічний висновок з фактів: відношення прискорення поблизу Землі до прискорення на відстані, рівній відстані до Місяця, дорівнює: $\frac{a}{g} = \frac{1}{60^2}$, тобто, збільшивши відстань у 60 разів, прискорення зменшиться у 60^2 разів. Значить прискорення під дією F_g обернено пропорційне квадрату відстані між тілами. Згідно 2^{my} закону Ньютона прискорення тіла теж прямо пропорційне діючій на нього силі. Отже сили гравітаційної взаємодії двох тіл, як і прискорення – обернено пропорційні квадрату відстані між ними. $a \sim \frac{1}{r^2}$; Відомо, що гравітаційна сила, яка діє на тіло з боку Землі (згідно 2^{ro} закону Ньютона) має вигляд $\vec{F} = m\vec{g}$, тіла падають з постійним прискоренням. Отже якщо сила, що діє на тіло, пропорційна його масі, то і сила (з боку тіла), що діє на Землю, пропорційна масі Землі. За третім законом Ньютона ці сили рівні за модулем. Сила гравітаційної взаємодії між тілом і Землею прямо пропорційна добутку їх мас і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.
- 5.4 Тут показано залежність сили тяжіння від відстані до Землі. Різниця поняття гравітаційної сили тяжіння (рівна вазі тіла), коли тіло знаходиться на різних широтах.

Таблиця 6.

- 6.1 На два однакових за масою тіла, одне з яких підвішене до динамометра, а друге лежить на опорі, діють реальні сили. За умови, якщо тіла в спокої, то сила тяжіння і вага, сила пружності і реакція опори рівні за модулем. Якщо тіла рухаються із прискоренням, направленим протилежно або за напрямком руху, то сила тяжіння однакова, а сили пружності різні.
- 6.2 При русі тіла по кривій (опуклому мосту, виходу літака з піке) воно має нормальне (доцентрове прискорення), внаслідок чого вага пілота або водія відповідно зменшиться або збільшиться.
- 6.3 Лівий рисунок пояснює існування космічної швидкості, коли об'єкт виводиться за межі атмосфери, де немає сили тертя з молекулами

повітря. Об'єктові задають таку горизонтальну швидкість, щоб доцентрове прискорення, що виникло при цьому, дорівнювало прискоренню вільного падіння на цій же висоті. Її розрахунок здійснюють за формулою. Правий рисунок визначає діапазон значень космічної швидкості, коли об'єкт рухається по еліпсу навколо Землі. Якщо швидкість дорівнює 11,2 км/с, то тіло рухається по параболі (друга космічна швидкість), а коли тіло має третю космічну швидкість, воно рухається по гіперболі.

III. Закони збереження в механіці

Таблиця 7.

- 7.1 Імпульс сили визначають через взаємодію пружини, що діє за малий інтервал часу на рухомий візок. Використовуючи 2^й закон Ньютона, визначають імпульс тіла, його зміну. Далі розглядають імпульс двох візків, що рухаються: до взаємодії (зіткнення) і після взаємодії. Для цього аналізують величини швидкостей і їх напрямки. Роблять висновок про існування закону збереження імпульсу.
- 7.2 На прикладі взаємодії однакових за масою більярдних куль аналізують швидкості куль до і після взаємодії. На цій основі дається поняття абсолютно пружного удару. На наступному рисунку за допомогою куль розглядається непружний удар.
- 7.3 За допомогою рисунка ракети пояснюють фізичну суть її реактивного руху. Записано формулу для випадку змінної маси пального і ракети.
- 7.4 Рисунок зліва використовують для пояснення моменту імпульсу відносно точки 0. Показано визначення напрямку моменту імпульсу і формулу для його визначення. Крайній правий малюнок ілюструє закон збереження моменту імпульсу.

Таблиця 8.

- 8.1 Внаслідок дії сили за малий інтервал часу тіло переміщується на певну відстань. При цьому виконується механічна робота і зростає швидкість руху. Використовуючи 2^й закон Ньютона і формулу для обчислення роботи, виводять формулу для кінетичної енергії. При русі тіла по похилій площині роботу визначають за допомогою сили тертя. Робота сил тяжіння дорівнює потенціальній енергії (якщо $F_{\text{тер}}=0$).
- 8.2 За допомогою рисунків виводять формулу роботи сили пружності. Ця робота дорівнює зміні енергії тіла у точці, що лежить на прямій, вздовж якої воно переміщується. Записано формули потенційної енергії у виконанні роботи силою пружності.

Використовуючи формулу роботи для сили тяжіння, виводять поняття потенціальної енергії тіла відносно нульового рівня.

8.3 Робота сили тяжіння не залежить від форми траєкторії переміщення тіла.

8.4 Для різних об'єктів (літак, автомобіль) швидкості різні. Значення швидкості входить у формулу кінетичної енергії. Потужність – це робота, виконана за одиницю часу. Вводять поняття корисної і виконаної роботи, на цій основі визначають к.к.д.

Таблиця 9.

9.1 Лівий рисунок ілюструє перехід потенційної енергії в кінетичну (і навпаки) для математичного і пружинного маятників. Верхній правий рисунок пояснює дію постійної сили на візок, що рухається з початковою швидкістю під дією вантажу, зв'язаного з ниткою, перекинutoю через блок. При переміщенні вантажу з точки 2 у 3 потенціальна енергія дорівнює зміні кінетичної (закон збереження енергії).

9.2 –9.3 Йдеться про основні поняття руху рідини: закон неперервності потоку, динамічний, статистичний і повний тиск. З правого боку дано схематичне пояснення закону Бернуллі.

9.4 Показано, як виникає підйомна сили крила літака і від яких параметрів залежить її величина.

IV. Основи молекулярно-кінетичної теорії

Таблиця 10.

10.1 Показана будова атома з метою пояснення явищ, пов'язаних з молекулярно-кінетичною теорією в розділі „Теплові явища.” На рисунку атома показане можливе знаходження одного і того ж електрона на різних орбітах в залежності від стану атомної системи.

10.2 Актуальність знаходження способів вимірювання мас і розмірів атомів (їх будова і розміри) зображено зверху. Поруч наочно показано порівняння мас атомів з еталоном на „терезах”, використано поняття відносної атомної, де різні атоми розташовують на правій чаші терезів, порівнюють з еталоном і результати мас атомів заносять до таблиці в порядку їх зростання.

10.3 Кількість речовини визначено за допомогою рисунка (0,012 кг вуглецю), де знаходиться число атомів, яке названо постійною Авогадро.

10.4 Введено поняття молярної маси як маси речовини, взятої в кількості одного моля, і порівняння молярних мас для двох речовин.

Таблиця 11.

11.1 Дослідним обґрунтуванням основ МКТ є броунівський рух. На броунівську частинку діють молекули з боку рідини. Також пояснена причина руху частинки.

11.2 Подано залежність молекулярних сил від відстані між молекулами. Пояснюється походження сил відштовхування і притягання.

11.3 Природа сил міжмолекулярної взаємодії пояснюється за допомогою фрагмента: агрегатний стан речовини.

11.4 Для виведення основного рівняння МКТ використовують поняття хаотичності руху атомів ідеального газу, зміни повного імпульсу для всіх атомів сконцентрованих в об'ємі, з визначенням проекції швидкості за напрямком інтервалу часу і площі, а також $2^{\text{го}}$ закону Ньютона.

Таблиця 12.

12.1 Поняття температури розглядається на стилізованому рисунку проведеного досліду з газами в закритих посудинах з різним ступенем нагрітості. Подано визначення сталої Больцмана.

12.2 На фрагменті показано визначення температури на основі основного рівняння МКТ і закономірності, що отримані на першому фрагменті.

12.3 Вимірювання температури показано на трьох шкалах (нижня частина плаката).

12.4 Для пояснення середніх квадратичних, ймовірних і середньої арифметичної швидкостей використано дослід Штерна (товщина шару атомів срібла і графік).

Таблиця 13.

13.1 Рівняння стану ідеального газу виводять на основі основного рівняння МКТ ідеального газу, тобто використовують залежність тиску ідеального газу від температури і концентрації молекул.

13.2 Як наслідок, з нього пояснюють закономірність рівняння Менделєєва-Клапейрона.

13.3 Засвоєння ізопроектів здійснюється за допомогою наочних рисунків, що показують фізичні закономірності і їх графічну залежність.

13.4 Наприкінці третього фрагменту подані три графіки ізопроектів в різних координатних вісях.

V. Основи термодинаміки

Таблиця 14.

14.1 Зміна агрегатного стану речовини показана на діаграмі нагрівання і охолодження. Щоб перетворити на пару рідину, потрібна визначена кількість теплоти, під час конденсації пари виділяється така сама кількість теплоти, взятої з протилежним знаком. Аналогічно з'єднані формули з протилежними знаками для плавлення кристалічного тіла і процесу кристалізації.

14.2 –14.3 Умови процесів кипіння і випаровування показані на рисунках. На графіках відповідно показана залежність густини рідини при кипінні і тиску насиченої пари від температури.

14.4 Поняття вологості повітря ґрунтується на парціальності тиску водяних парів у ньому.

14.5 Під графіком ізотерм реального газу зображені циліндри з поршнем, що пояснюють процес залежності тиску від об'єму.

Таблиця 15.

15.1 Поверхневий натяг рідини пояснюють причинами, що їх викликали сили притягання поверхневого шару молекул. Для цього зображено рисунки дослідів і результати отриманих закономірностей у вигляді виведених формул.

15.2 Явище капілярності і процесів, зв'язаних з ним, пояснюється порівнянням сил притягання між молекулами капіляра з молекулами рідини і між молекулами самої рідини. Показані характерні властивості твердих тіл.

15.3 Тверді тіла перебувають переважно у кристалічному стані. На фрагменті пояснюється поняття кристала і полікристала, а також властивості твердих тіл. Так, наприклад, монокристал CH_4 за визначеними умовами має різні властивості.

15.4 Дослідження деформації розтягу, стержень з досліджуваного матеріалу розтягують і вимірюють видовження зразка та напругу, що виникає в ньому. За результатами дослідів накреслимо графік залежності напруги від відносного видовження. Деформація показана на зразку, а властивості деформованого зразка – на діаграмі з виведенням формул.

Таблиця 16.

16.1 На рисунках показано, що внутрішня енергія макроскопічного тіла дорівнює сумі кінетичних енергій хаотичного руху всіх молекул (або атомів) відносно центра мас тіл і потенціальних енергій взаємодії всіх молекул однієї з одною.

16.2 На фрагменті пояснюються способи зміни внутрішньої енергії і роботи в термодинаміці за допомогою малюнків, схем, графіків. Перший закон термодинаміки ілюстрований малюнком. Показана форма запису його для ізопроцесів.

16.3 Закон збереження і перетворення енергії, який поширюється на теплові явища, ілюстрований на ємкості з вагою, а також показано застосування першого закону термодинаміки до різних процесів.

16.4–16.5 Практичне застосування першого закону термодинаміки як роботи ідеальної теплової машини зображено на схемах циклу Карно і роботи теплового двигуна.

VI. Основи електродинаміки

Таблиця 17.

Основи електростатики

17.1 Закон збереження заряду ілюструється рисунком досліду.

17.2 Закономірності взаємодії зарядів розглядаються за схемою моделі класичного досліду, проведеного Кулоном. Рисунок пояснює одиницю заряду – кулон. Відношення сил взаємодії між зарядами у середовищі визначає діелектричну проникність.

17.3 Більш складний характер взаємодії декількох зарядів, розміщених у площині стійкого і нестійкого станів, розглядається із залученням математичних аналогій.

17.4 Напруженість електричного поля і його характеристики показані на іншому фоні, де напруженість визначається як відношення сил, з якою поле діє на точкові заряди, до цих зарядів.

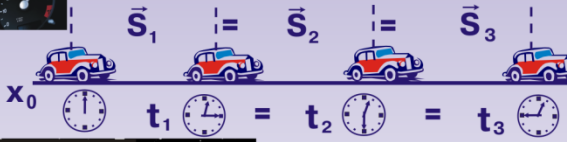
1

КІНЕМАТИКА

ВИВЧАЄ МЕХАНІЧНИЙ РУХ, НЕ З'ЯСОВУЮЧИ ПРИЧИН,ЩО ЙОГО ВИКЛИКАЮТЬ

1 ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РІВНОМІРНИЙ РУХ

СПОСІБ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОСНОВНОЇ ЗАДАЧІ МЕХАНІКИ В КІНЕМАТИЦІ



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



$$s_x = v_x t = x - x_0$$

$$x = x_0 + v_x t$$

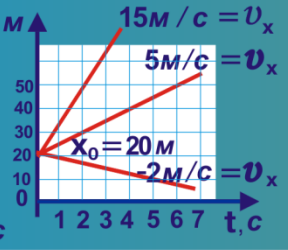
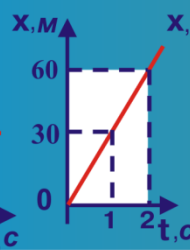
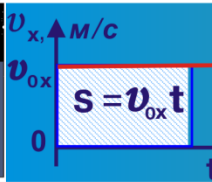
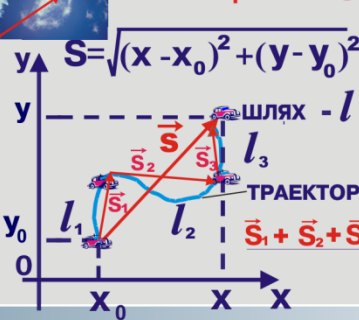
$$\vec{s} = \vec{v} t$$



- ТИПИ РУХУ
- 1 ПОСТУПАЛЬНИЙ
 - 2 ОБЕРТАЛЬНИЙ
 - 3 КОЛИВАЛЬНИЙ

2. ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ РІВНОМІРНОГО РУХУ

t, c	1	2	3	...
X, м	30	60	90	...

3. ПЕРЕМІЩЕННЯ - $\vec{s}$ 

4. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ, МИТТЄВА ШВИДКІСТЬ

$$v = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

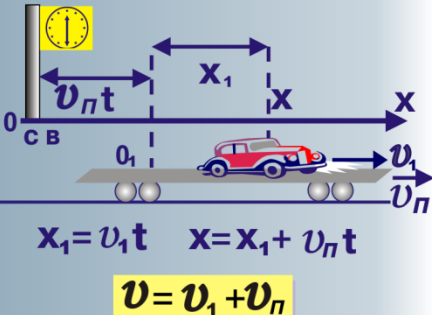
$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

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



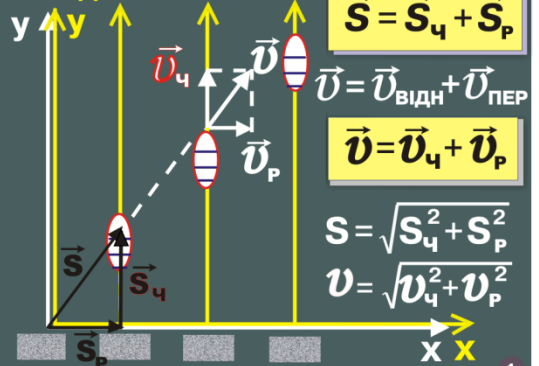
$$\vec{v}_{\text{MIT}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

5. ДОДАВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ



$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_{\text{п}}$$

6. ВІДНОСІСТЬ РУХУ



$$\vec{s} = \vec{s}_{\text{ч}} + \vec{s}_{\text{п}}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{ВІДН}} + \vec{v}_{\text{ПЕР}}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{ч}} + \vec{v}_{\text{п}}$$

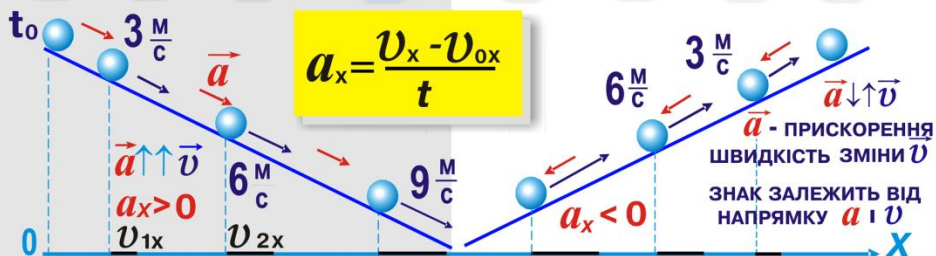
$$s = \sqrt{s_{\text{ч}}^2 + s_{\text{п}}^2}$$

$$v = \sqrt{v_{\text{ч}}^2 + v_{\text{п}}^2}$$

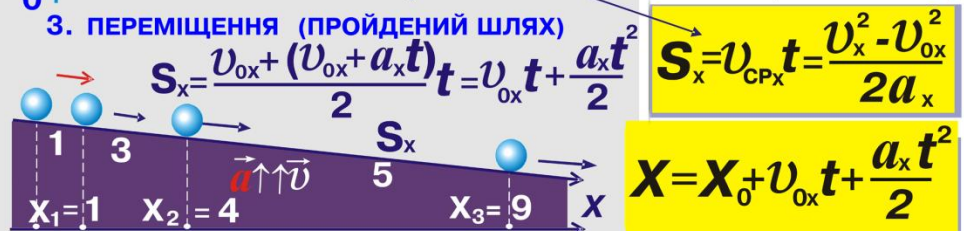
1

2

1. РІВНОПРИСКОРЕНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ

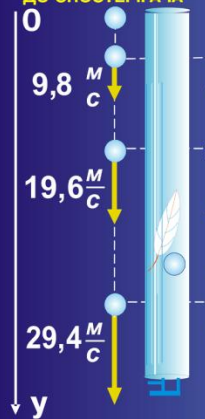


3. ПЕРЕМІЩЕННЯ (ПРОЙДЕНИЙ ШЛЯХ)



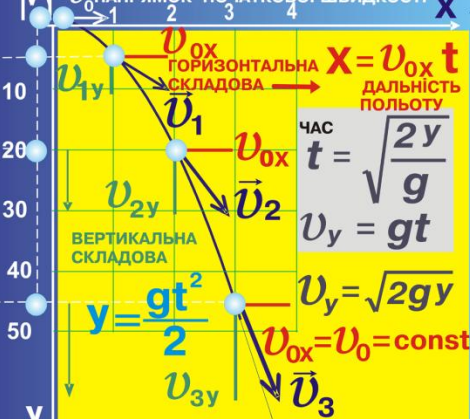
4. ВІЛЬНЕ ПАДІННЯ

ТРУБКА НАБЛИЖЕНА ДО СПОСТЕРІГАЧА

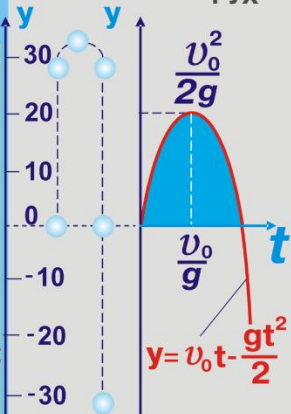


5. РУХ ТІЛА, КИНУТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

НАПРЯМОК ПОЧАТКОВОЇ ШВИДКОСТІ



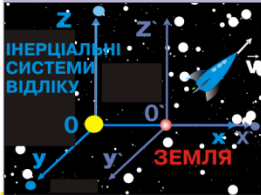
6. ВЕРТИКАЛЬНИЙ РУХ



4

ОСНОВИ ДИНАМІКИ

В ІНЕРЦІАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВІДЛІКУ, ТІЛО, ЯКЕ НЕ ВЗАЄМОДІЄ З ІНШИМИ ТІЛАМИ АБО ВЗАЄМОДІЯ СКОМПЕНСОВАНА, ЗБЕРІГАЄ СТАН СПОКУЮ АБО РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

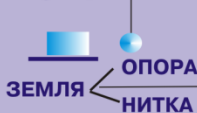


ВЗАЄМОДІЇ СКОМПЕНСОВАНИ

$$v=0$$

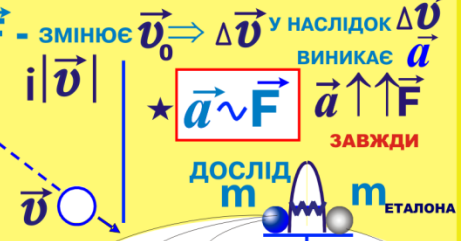
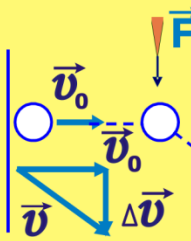
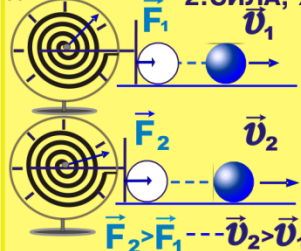
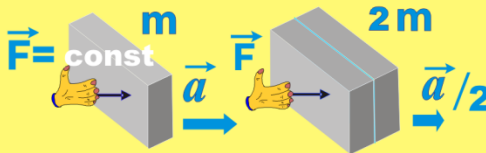
$$v=\text{const}$$

$$v=\text{const}$$



ДИНАМОМЕТР

2. СИЛА, ЯК МІРА МЕХАНІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

ЗАЛЕЖНІСТЬ $\vec{a}$ ВІД МАСИ ПРИ ДІЇ ПОСТІЙНОЇ СИЛИ

$$\frac{m}{m_{\text{ET}}} = \frac{a_{\text{ET}}}{a} \quad \star$$

$$m = \frac{a_{\text{ET}}}{a} \cdot m_{\text{ET}}$$

$$a \sim \frac{1}{m}$$

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

m - КІЛЬКІСНА МІРА ІНЕРТНОСТІ
 $F, 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ Н}$

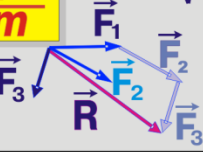
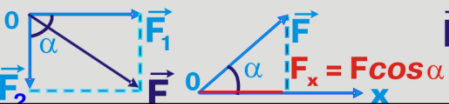
2 ЗАКОН НЬЮТОНА
 ПРИСКОРЕННЯ ТІЛА ПРЯМО ПРОПОРЦІЙНО РІВНОДІЮЧІЙ СИЛ, ПРИКЛАДЕНИХ ДО ТІЛА, І ОБЕРНЕНО ПРОПОРЦІЙНО ЙОГО МАСІ

ДОДАВАННЯ СИЛ

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}$$

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{R} = m\vec{a}$$

3. ЗАКОН НЬЮТОНА

ТІЛА ВЗАЄМОДІЮТЬ ІЗ СИЛАМИ, РІВНИМИ ЗА МОДУЛЕМ І ПРОТИЛЕЖНИМИ ЗА НАПРЯМКАМИ

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

$$a_1 > a_2 \quad \star \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$$

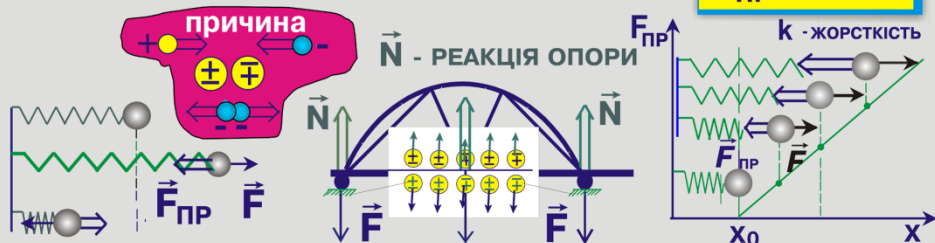
4

5

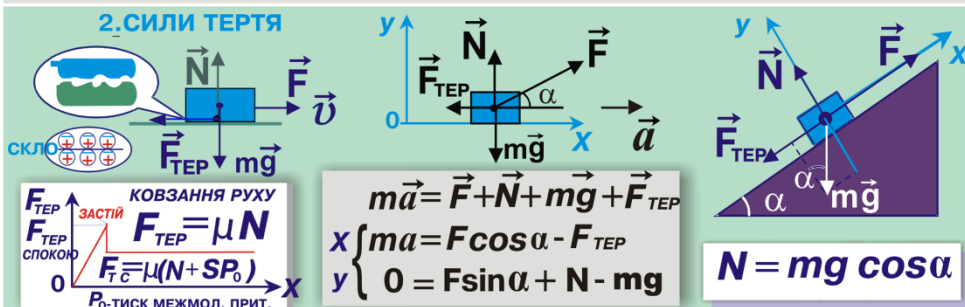
ВИДИ СИЛ У МЕХАНІЦІ

1. СИЛИ ПРУЖНОСТІ МАЮТЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ ПРИРОДУ ВЗАЄМОДІЇ **ЗАКОН ГУКА**

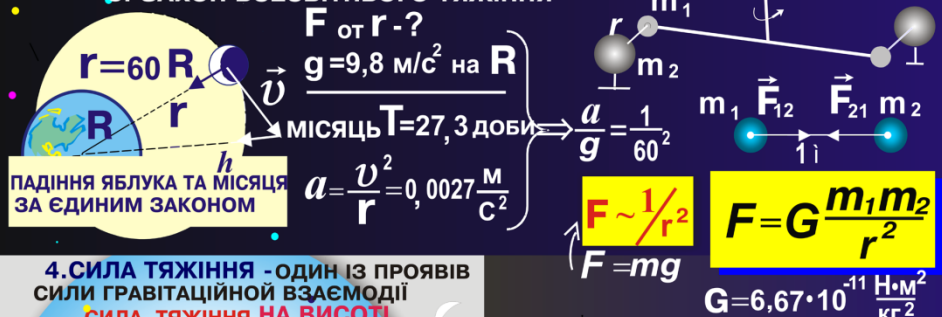
$$F_{\text{пр}} = -kX$$



2. СИЛИ ТЕРТЯ



3. ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ

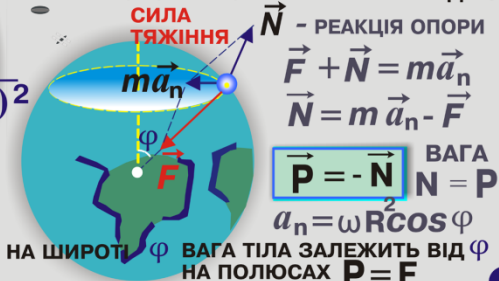


4. СИЛА ТЯЖІННЯ - ОДИН ІЗ ПРОЯВІВ СИЛИ ГРАВІТАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

СИЛА ТЯЖІННЯ НА ВИСОТІ



ВАГА - СИЛА, З ЯКОЮ ТІЛО ДІЄ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУ ОПОРУ АБО ВЕРТИКАЛЬНИЙ ПІДВІС



5

6 1. ВАГА ТІЛА У СТАНІ СПОКОЮ ТА ПРИ РУСІ З ПРИСКОРЕННЯМ a

У СПОКОЇ
СИЛА ТЯЖІННЯ $\vec{F}$, РЕАКЦІЯ $\vec{N}$
ПРИКЛАДЕНІ ДО ТІЛА

ВАГА $\vec{P}$ ПРИКЛАДЕНА ДО ПІДВІСУ АБО ДО ОПОРИ

$\vec{F}_{\text{пр}} = \vec{N}$
 $\vec{P} = m\vec{g} = \vec{N}$

$m\vec{a} = \vec{F}_{\text{пр}} + m\vec{g}$
 $-m\vec{a} = -\vec{F}_{\text{пр}} + m\vec{g}$

$\vec{F}_{\text{пр}} = m(\vec{g} + \vec{a})$
 $\vec{F}_{\text{пр}} = \vec{P}$
 $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$

2. РУХ ПО ДУЗІ КОЛА

$\vec{m}\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$

$N = m(g \pm \frac{v^2}{r})$

$mg - N = m\frac{v^2}{r}$
 $N - mg = m\frac{v^2}{r}$

$a = \frac{v^2}{r}$

ВАГА ПІЛОТА В ЛІТАКУ ДОРІВНЮЄ ПО МОДУЛЮ СИЛІ РЕАКЦІЇ ОПОРИ $\vec{N}$

3. КОСМІЧНІ ШВИДКОСТІ

$\vec{v}_x = 0$
 $h \ll R$

$\vec{a}_n \leftarrow F = G \frac{mM}{(R+h)^2}$
 $\vec{a}_n = \frac{v^2}{R+h} = \frac{F}{m}$

$\vec{v}_i$ ПАДІННЯ

$v_i = \sqrt{\frac{MG}{R+h}} = \sqrt{gR} \approx 7,9 \text{ км/с}$ КОЛО

$v_{II} = \sqrt{2gR} \approx 11,2 \text{ км/с}$ НЕОБХІДНА ШВИДКІСТЬ, ЩОБ ТІЛО ПОКИНУЛО МЕЖІ ЗЕМНОГО ТЯЖІННЯ

$v_{III} = 16,6 \text{ км/с}$ НЕОБХІДНА ШВИДКІСТЬ, ЩОБ ТІЛО ПОКИНУЛО МЕЖІ СОЛЯНОЇ СИСТЕМИ

$v > v_{II}$ ГИПЕРБОЛА

$7,9 \text{ км/с} < v < 11,2 \text{ км/с}$ ЕЛІПС

парабола $v = v_{II}$

8 1.МЕХАНІЧНА РОБОТА І КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ. РОБОТА СИЛ ТЕРТЯ І ТЯЖІННЯ

$\vec{v}_1$ $\vec{v}_2$ $\vec{F}$ $\vec{F}_x$ α x
 m Δt $\vec{S}$
 $A = F_x S = F S \cos \alpha$
 $A = F S \rightarrow \frac{mv_2^2 - mv_1^2}{2} = E_2 - E_1$
 $F = ma$ $S = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$
КІНЕТИЧНА

$A_{\text{тер}} = F_{\text{тер}} \Delta x$ **$A_{\text{тер}} = \mu mgh \operatorname{ctg} \alpha$**
 $mg \cos \alpha = N$
 $\vec{N}$ $\vec{F}_{\text{тер}} = \mu N$ $\Delta x = \frac{h}{\sin \alpha}$
якщо $F_{\text{тер}} = 0$ тоді $A = mgh$

2.РОБОТА СИЛ ПРУЖНОСТІ, ПОТЕНЦІАЛЬНА ЕНЕРГІЯ

$F_{\text{пр}}$ kx A x_1 x_2 x
 $A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) = -\Delta E$
 $E_n = \frac{kx^2}{2}$
ПРИРОДА - min E_n
 k - ЖОРСТКІСТЬ, H/M

$\vec{F} + m\vec{g} = 0$
 $A = mg(h_1 - h_2)$
 $A = mgh$
 $A' = -mgh$
 $A = -(E_{n2} - E_{n1})$
 $A = -\Delta E_n$
РОБОТА ПАРИ СИЛ

3. РОБОТА СИЛИ ТЯЖІННЯ НЕ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД ФОРМИ ТРАЕКТОРІЇ

h h_3 h_2 h_1 0
 $A_1 = mg l \cos \alpha_1 = mgh_1$
 $A_2 = mgh_2$
 $A_1 + A_2 + A_3 = mg(h_1 + h_2 + h_3)$
 $F = mg$

$A = mgh$
 $A = mg l \sin \alpha$

4.СЕРЕДНЯ ПОТУЖНІСТЬ

при $v_0 = 0$

СЕРЕДНЯ ПОТУЖНІСТЬ
 $N = \frac{mv^2}{2t}$

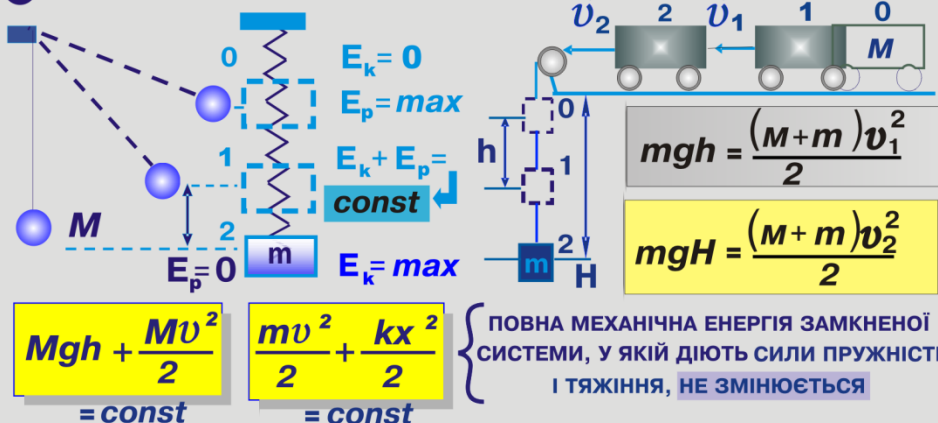
$v = \text{CONST}$
 $A = \frac{mv^2}{2}$ **$N = \frac{A}{t}$** **$A = F \cos \alpha$**
 $N = \frac{F \cos \alpha}{t}$
МИТТЄВА ПОТУЖНІСТЬ

ККД A_B - ВИКОНАНА A_K - КОРИСНА

$\eta = \frac{A_K}{A_B}$

9

1. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ПОВНОЇ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ



ЗАКОН НЕПЕРЕРВНОСТІ

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}$$

v_{12} - швидкість

$$\Phi = Sv$$

Φ
ПОТІК



ОБ'ЄМИ за Δt

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

P_n - повний
 P_c - статичн

$$P_n = P_c + P_d$$

$$S_1 > S_2 \Rightarrow v_1 < v_2 \text{ швидкість}$$

2. РУХ РІДИНИ

ЗАКОН БЕРНУЛЛІ

ДЛЯ ЕЛЕМЕНТУ ОБ'ЄМУ ΔV

$$E_k + E_p = P\Delta V = A$$

СИСТЕМА ВИКОНУЄ РАБОТУ НАД СИСТЕМОЮ

$$\frac{mv^2}{2} + mgh + P\Delta V = \text{const}$$

ПОДІЛИМО НА ΔV

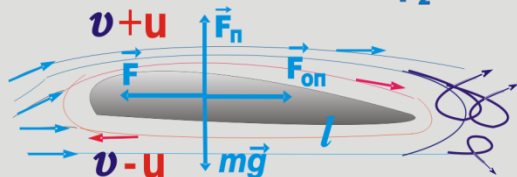
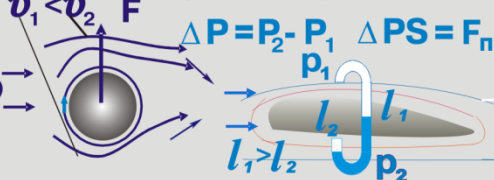
$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = P_d + P_c + P$$

$$\frac{\rho v^2}{2} + P_c = \text{const}$$

$v_1 < v_2$

3. ПІДЙОМНА СИЛА КРИЛА ЛІТАКА

ЕФЕКТ МАГНУСА



ВИБОРНИК ПО ТЕМІ "ЕФЕКТ МАГНУСА" ПОВ'ЯЗАНІЙ ЗІ СХЕМОЮ ВИКОНАННЯ СПОСОБІВ ДОДЕРЖАННЯ ПІСІРКИ ОБІДНОГО ВИКОНАННЯ І РОЗРАХУНКУ ПОДІЛЮЮЧОГО ЕЛЕМЕНТУ СИСТЕМИ НАД ПОВІТРОМ НА ТІЛІСЦІ ВІДНОСНО ПОВІТРЯ. ВИКОНАННЯ - ЧИСТЕ

10

ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ

РЕЧОВИНА СКЛАДАЄТЬСЯ З ЧАСТИНОК-МОЛЕКУЛ ЧИ АТОМІВ, ЯКІ
ХАОТИЧНО РУХАЮТЬСЯ, ВЗАЄМОДІЮЮТЬ МІЖ СОБОЮ

1. АТОМ - ЕЛЕКТРОН
 $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

N - НЕЙТРОНІВ
 Z - ПРОТОНІВ (+)
 ЗАРЯД ЯДРА

$A = Z + N$ - МАСОВЕ ЧИСЛО

${}^A_Z X$ $m_n \approx m_p$ $m_n/m_e = 1838$
 $m_e = 1,9 \cdot 10^{-31}$ КГ РОЗМІРИ

Масло
оливкове



$d = \frac{V}{S} = 1,7 \cdot 10^9$ м

ДЕФЕКТ МАСИ АТОМА (ЯДРА)
 $\Delta m = \sum m_r - M_0(\text{я})$
 сума мас частинок

2. ВІДНОСНА АТОМНА МАСА M_r , (маса атома)

${}^{12}_6\text{C}$

$\frac{1}{12m_c}$ H ТАБЛИЦЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

${}^{12}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{16}_8\text{O}$
---------------------	---------------------	---------------------

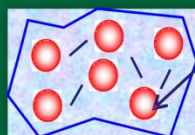
ЕТАЛОН $m_{{}^{12}\text{C}}/12 = 1 \text{ а.о.м.} \approx 1,7 \cdot 10^{-27}$ кг

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_c} \quad m_a = M_r \cdot \text{а.о.м.}$$

ВІДНОСНА МОЛЕКУЛЯРНА МАСА
 $M_r \text{CO}_2 = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ а.о.м.}$

3. КІЛЬКІСТЬ РЕЧОВИНИ ν

0,012 кг ${}^{12}_6\text{C}$ ЧИСЛО АТОМІВ



ПОСТІЙНА
АВОГАДРО N_A

1 МОЛЬ РЕЧОВИНИ

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

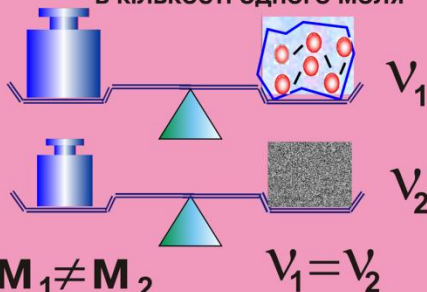
ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ
МОЛЕЙ

$$\nu = N/N_A$$

$$\nu = m/M \quad m = m_0 N$$

4. МОЛЯРНА МАСА - M

МАСА РЕЧОВИНИ, ВЗЯТОЇ
В КІЛЬКОСТІ ОДНОГО МОЛЯ



$$M = m_0 N_A \quad m = m_0 \nu N_A = \nu M$$

В Cl CO_2

$M = 10^{-3} M_r \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$ $M = 44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$

ІНФОРМАЦІЯ, ВИГОТОВЛЕНА І ПРОДЮСОВАНА НА ВИДИВАНІЙ ПРОДУКЦІЇ Д.А. НАДІ 23.05.2002 НАВІДІ, М.КИЇВ, ВУЛ.ВЕРХНЯ 12-А.
 ФІЗИКА. ЗАДАЧНИК «ІНТЕРНАЦІОНАЛЬНИЙ КІМ» ТАБЛИЦІ. КОМП'ЮТЕРНИЙ ДИЗАЙН

12

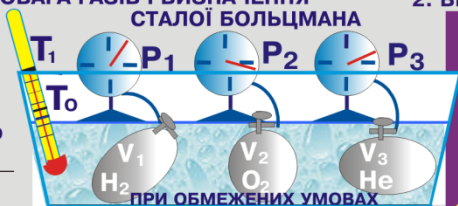
ТЕМПЕРАТУРА - МІРА СЕРЕДНЬОЇ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ МОЛЕКУЛ

1. ТЕПЛОВА РІВНОВАГА ГАЗІВ І ВИЗНАЧЕННЯ

2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

$$\frac{P_1 V}{N} = k T_1$$

$$\frac{P_0 V}{N} = k T_0$$



U пов'язує T
джоуль кельвін $\rightarrow U_1 - U_0 = k(T_1 - T_0)$

T -ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА, ЯКА ХАРАКТЕРИЗУЄ СТАН
ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ РІВНОВАГИ МАКРОСКОПІЧНОЇ
СИСТЕМИ (ОДИНИЦЯ-КЕЛЬВІН $\Delta T = \Delta t^{\circ}\text{C}$)

АБСОЛЮТНА ТЕМПЕРАТУРА Є МІРА
СЕРЕДНЬОЇ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ МОЛЕКУЛ

$$\frac{m \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} k T$$

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} *$$

$$P \frac{V}{N} = \frac{2}{3} \bar{E} = U$$

$$\frac{2}{3} \bar{E} = k T \quad T = \frac{2 \bar{E}}{3 k}$$

$$\bar{E} = \frac{3}{2} k T \rightarrow *$$

$$P = n k T$$

k - СТАЛА БОЛЬЦМАНА

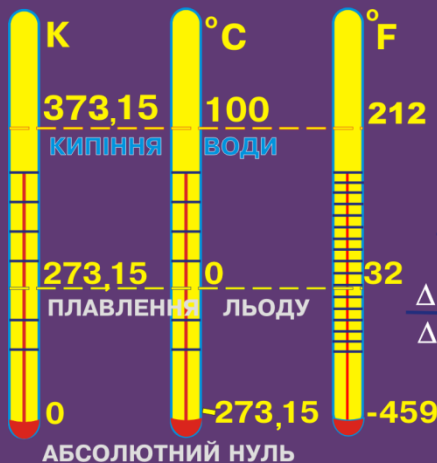
$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / К}$$

КОЕФІЦІЄНТ, ЯКИЙ ПЕРЕВОДИТЬ ГРАДУСНУ МІРУ В ЕНЕРГЕТИЧНУ, А ТАКОЖ
ПОКАЗУЄ НА СКІЛЬКИ ЗМІНЮЄТЬСЯ СЕРЕДНЯ ЕНЕРГІЯ МОЛЕКУЛИ
ПРИ ЗМІНІ ТЕМПЕРАТУРИ НА 1 КЕЛЬВІН

3. ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

4. ШВИДКОСТІ МОЛЕКУЛ ГАЗА

КЕЛЬВІНА (1848) ЦЕЛЬСІЯ (1742) ФАРЕНГЕЙТА (1715)



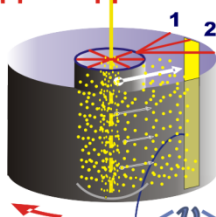
АБСОЛЮТНИЙ НУЛЬ

$$T = t + 273$$

$$t = T - 273$$

$$T_F = 32 + 1,8 \cdot t$$

ДОСЛІД ШТЕРНА



$$\frac{3}{2} k T = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

СЕРЕДНЯ
КВАДРАТИЧНА

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{3 k T}{m_0}} = \sqrt{\frac{3 k N_A}{M}}$$

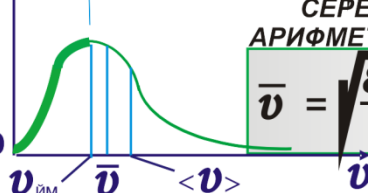
ЙМОВІРНА

$$v_{\text{йм.}} = \sqrt{\frac{2 k T}{m_0}}$$

СЕРЕДНЯ
АРИФМЕТИЧНА

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8 k T}{\pi m_0}}$$

$\frac{\Delta N}{\Delta V}$



12

13

1. РІВНЯННЯ СТАНУ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ

$$P = \frac{N}{V} kT = \frac{n}{V} N_A kT = \frac{m}{M} \frac{N_A kT}{V}$$

$$P = nkT$$

КЛАПЕЙРОНА - МЕНДЕЛЄЄВА

$$PV = \frac{m}{M} N_A kT$$

 $N_A k = R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$
 газова const

$$n = \frac{P_0}{kT_0} \approx 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

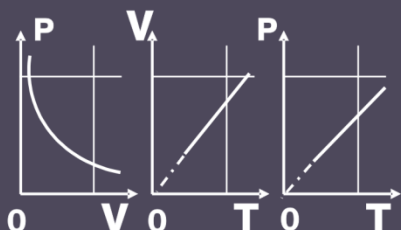
 число ЛОШМІДА

3. РІВНЯННЯ КЛАПЕЙРОНА

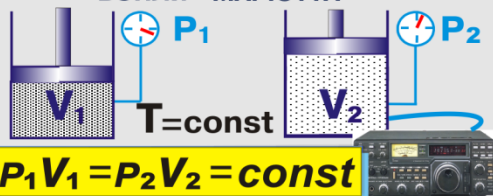
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R$$

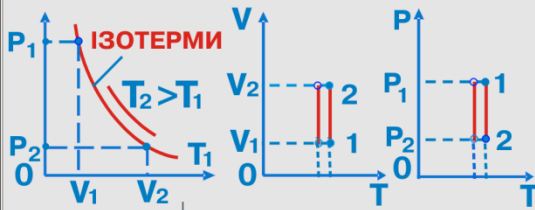
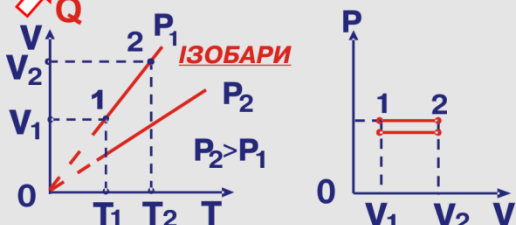
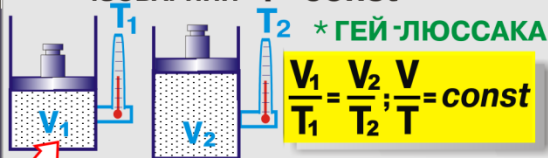
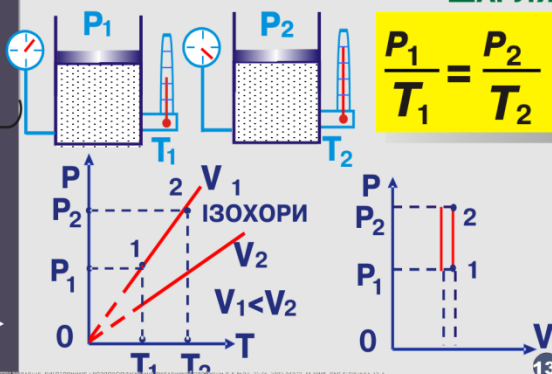
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$



3. ІЗОПРОЦЕСИ - ($m = \text{const}$)

 ПРИ ЯКИХ ОДИН З (P, V, T) НЕ ЗМІНЮЄТЬСЯ
 * БОЙЛЯ - МАРИОТТА


ІЗОТЕРМІЧНИЙ

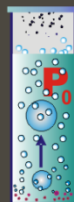
ІЗОБАРНИЙ $P = \text{const}$ ІЗОХОРНИЙ $V = \text{const}$ * ШАРЛЯ

13

1.ЗМІНА АГРЕГАТНОГО СТАНУ РЕЧОВИНИ



3.КИПІННЯ

(ПАРОУТВОРЕННЯ У ВСЬОМУ V РІДИНИ ПРИ $T = \text{const}$)

$$P = P_{\text{атм}}$$

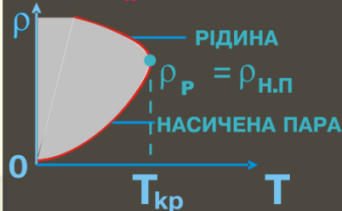
$$P_0 = P_{\text{атм}} + P_p$$

$$P \uparrow \text{ то } T_k \uparrow$$

ПАРОВИЙ КОТЕЛ

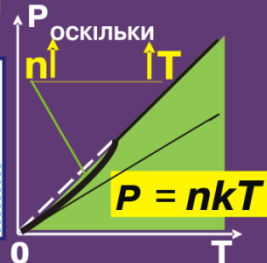
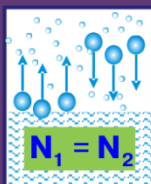
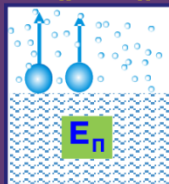
$$P \approx 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па} \quad t_k = 200^\circ \text{C}$$

$$\text{У ГОРАХ: } t_k = 90^\circ \text{C} \quad P \downarrow$$



2. ВИПАРОВУВАННЯ

$$E_k > E_n$$



4.ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ

$O_2 + N_2 + H_2O + CO_2 + \dots$

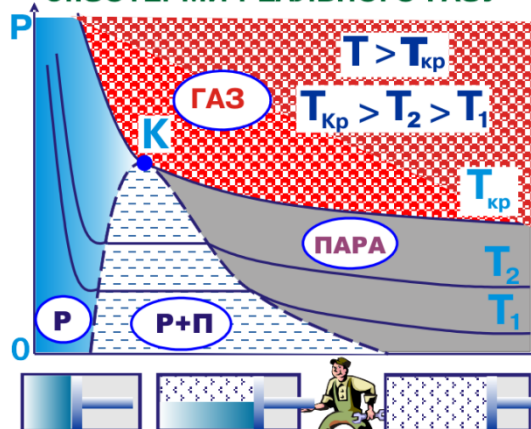
$\Sigma P = P_{\text{атм}}$

P - ПАРЦІАЛЬНИЙ ТИСК

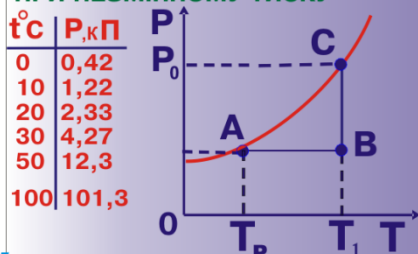
ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ

$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{н.п}}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{н.п}}}$$

5.ІЗОТЕРМИ РЕАЛЬНОГО ГАЗУ



ТОЧКА РОСИ - ТЕМПЕРАТУРА, ПРИ ЯКІЙ ВОДЯНА ПАРА СТАЄ НАСИЧЕНОЮ ПРИ НЕЗМІННОМУ ТИСКУ



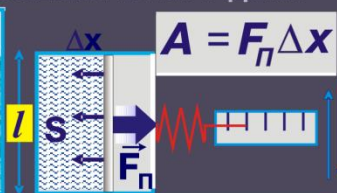
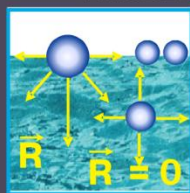
якщо відома T_p для довільного T

ВІДПОВІДАЄ P_1 P_0

тоді $\varphi = \frac{P_1}{P_0}$

ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ І РІДИН

1. ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ РІДИНИ



$$A = F_n \Delta x$$

- > КІЛЬКІСТЬ МОЛЕКУЛ НА ПОВЕРХНІ МІН
- > F_n НАТЯГУ НЕ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД S

$$E_n = \sigma S$$

$$2\vec{F}_n \Delta S = 2l \Delta x$$

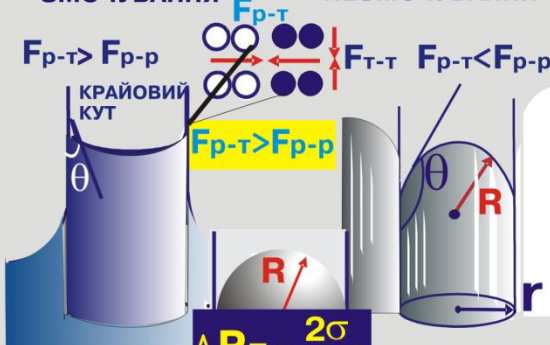
$$2F_n \Delta x = \sigma 2l \Delta x$$

$$F_n = \sigma l$$

2. КАПІЛЯРНІ ЯВИЩА

ЗМОЧУВАННЯ

НЕЗМОЧУВАННЯ



$$\Delta P = -\frac{2\sigma}{R}$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$F_n = \sigma 2\pi r = F_t$$

$$mg = S \rho g h$$

$$mg = \rho g h \pi r^2$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

3. ТВЕРДЕ ТІЛО

КРИСТАЛЛ - АТОМИ УТВОРЮЮТЬ СТРУКТУРУ (СІЛЬ, КВАРЦ, АЛМАЗ)



Монокристал

КУБІЧНА

ПОЛІКРИСТАЛ - БАГАТО БЕЗЛАДНО РОЗТАШОВАНИХ МОНОКРИСТАЛІВ (РАФІНАД, МЕТАЛ)

АНІЗОТРОПІЯ - ФІЗИЧНІ, ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАЛЕЖАТЬ ВІД НАПРЯМКУ

АМОРФНІ - СМОЛА, МЕД...

ІЗОТРОПНІСТЬ ПОРЯДКУ АТОМІВ



НЕМАЄ

t ПЛАВЛЕННЯ

4. ДЕФОРМАЦІЯ

$$\Delta l = l - l_0$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

МЕХАНІЧНА НАПРУГА, $1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$



$$\sigma = E |\varepsilon|$$

$$\frac{F}{S} = \frac{E |\Delta l|}{l_0} \rightarrow F = k \Delta l$$

16

1. ВНУТРІШНЯ ЕНЕРГІЯ ТІЛА
 $E_k + E_p = U$

ІДЕАЛЬНИЙ ГАЗ
 $E_p = 0$ $E_k = U$
 N

$$\frac{m\bar{V}^2}{2} = \frac{i}{2} kT$$

i - СТУПІНЬ ВІЛЬНОСТІ
 КІЛЬКІСТЬ НЕЗАЛЕЖНИХ ВЕЛИЧИН
 ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМИ У ПРОСТОРІ

МОЛЕКУЛА $i = 5$

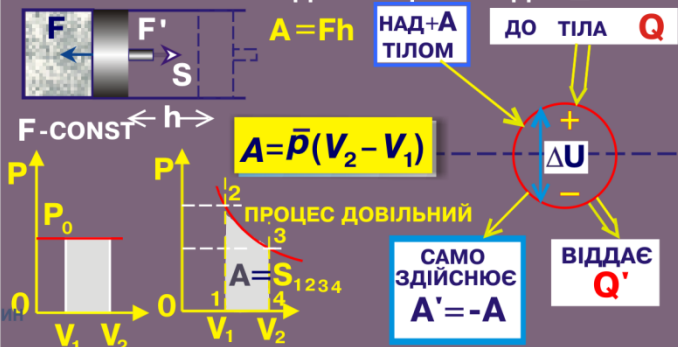
$$N = \frac{m}{M} N_A; E_0 = \frac{3}{2} kT$$

$$NE_0 = U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$$

ТЕРМОДИНАМІКА

2. РОБОТА В ТЕРМОДИНАМІЦІ. МЕТОДИ ΔU



3. I ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНУ



$$Q = \Delta U + A'$$

$$\Delta U = Q + A$$

• ІЗОХОРНИЙ $\Delta U = Q \Rightarrow A' = 0$
 $Q = C_V m \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$

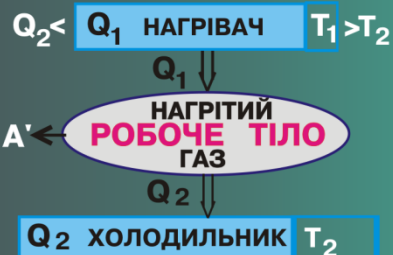
• ІЗОБАРНИЙ $A' = P \Delta V$
 $Q = C_P m \Delta T$; $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$; $Q = \Delta U + A'$

• ІЗОТЕРМІЧНИЙ $U = \text{const}$; $\Delta U = 0$; $Q = A'$

• АДІАБАТНИЙ $Q = 0$ $A' = -\Delta U$; чи $A = \Delta U$

якщо $\Delta U < 0$ тоді $A' > 0$ $A' = -A$ якщо $\Delta U > 0$ тоді $A > 0$

5. ТЕПЛОВИЙ ДВИГУН

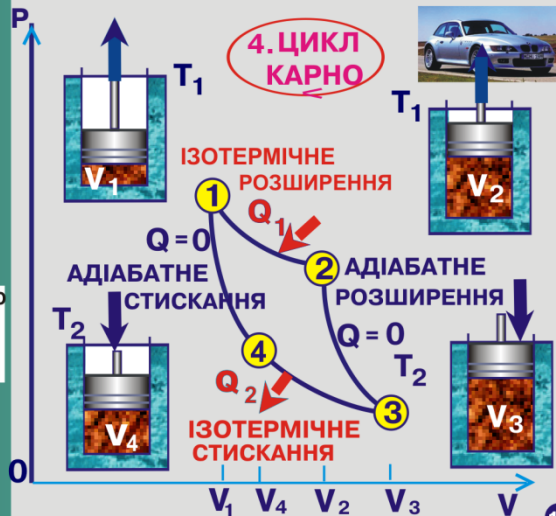


$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A'}{Q_1}$$

ДЛЯ БУДЬ-ЯКОГО ТЕПОВОГО ДВИГУНА

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

ДЛЯ ІДЕАЛЬНОГО ТЕПОВОГО ДВИГУНА



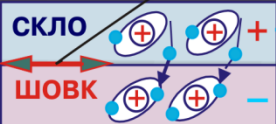
Використання на території України для комерційних цілей, розповсюдження з метою отримання прибутку, без дозволу видавця, є порушенням авторських прав. Всі права захищено. © 2016. Всі права захищено. © 2016. Всі права захищено. © 2016.

16

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ (ВІВЧАЄ ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ ВЗАЄМОДІЮ ЗАРЯДІВ)



1. ЕЛЕКТРИЗАЦІЯ ТІЛ ОПРОМІНЮВАННЯМ, УДАРОМ, ТЕРТЯМ



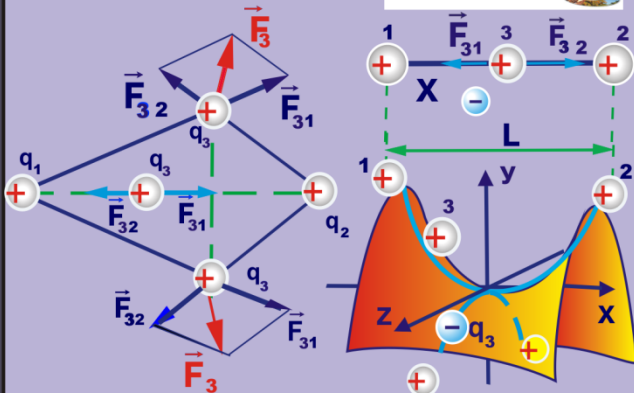
ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ - q

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

ЕЛЕКТРОСТАТИКА

ВІВЧАЄ ВЗАЄМОДІЮ
НЕРУХОМИХ ЗАРЯДІВ

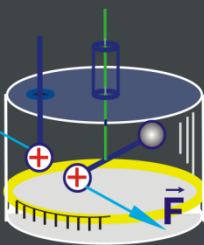
3. НЕСТІЙКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ



2. ЗАКОН КУЛОНА



$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$



$$q - 1 \text{ кулон} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}$$

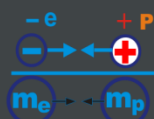
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Нм}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2} \text{ ЕЛ. } \cdot \text{const}$$

У СЕРЕДОВИЩІ

$$\frac{F}{F_{\text{ср}}} = \epsilon$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon r^2}$$



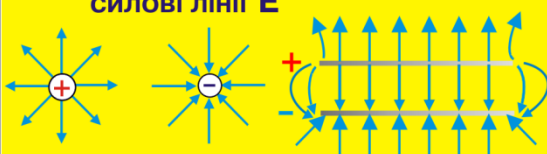
$$\frac{F_k}{F_g} = 23 \cdot 10^{39}$$

4. НАПРУЖЕНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

$\vec{E}$ - СИЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА $\vec{E} = \vec{F} / q_{\text{проб}}$

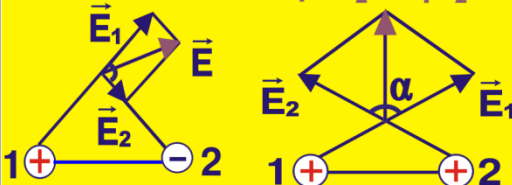
$$\frac{F_i}{q_i} = k \frac{q q_i}{r^2 q_i} = k \frac{q}{r^2} = E$$

СИЛОВІ ЛІНІЇ $\vec{E}$ ПРОБНИЙ $\dots \infty$

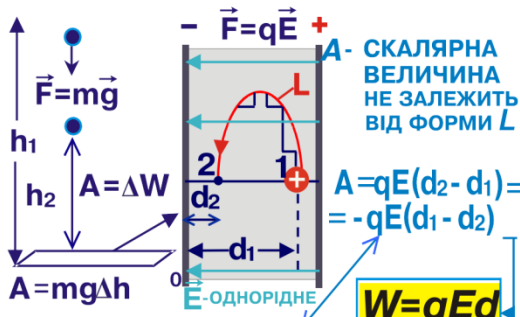


ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦІЇ $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$

$$\text{МОДУЛЬ } E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_1 E_2 \cos \alpha}$$

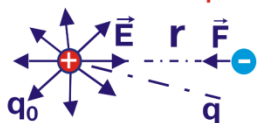


18 1. РОБОТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ЗАРЯДУ



РОБОТА У ПОЛІ $A = -(W_2 - W_1)$

ЗМІНА ПОТЕНЦІАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ



$$W = \mp \frac{kq_0 q}{r}$$

2. ПОТЕНЦІАЛ - ЕНЕРГЕТИЧНА ХАР-КА

$$\phi_1 = \frac{A_1}{q} = \frac{1}{q} \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = 1 \text{ В} = 1 \text{ Дж/Кл}$$

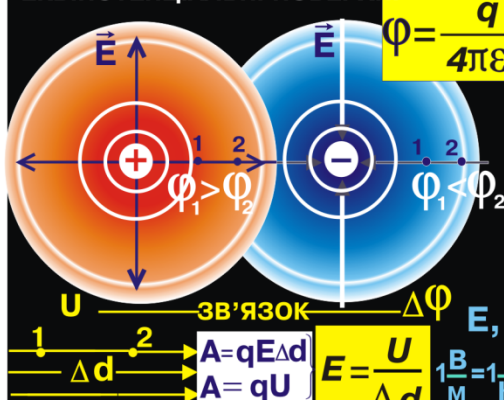
ϕ - НЕ ЗАЛЕЖИТЬ ВІД q

$$\frac{A}{q} = \frac{W_1}{q} - \frac{W_2}{q} = \phi_1 - \phi_2$$

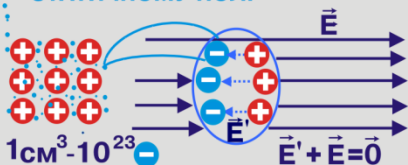
- РІЗНИЦЯ ПОТЕНЦІАЛІВ

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 \text{ ТОДІ } A = -q(\phi_2 - \phi_1)$$

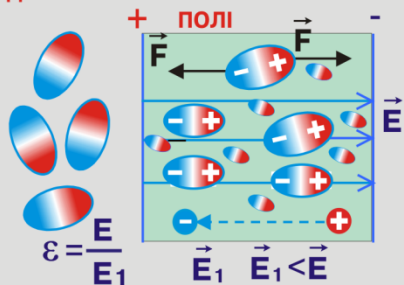
ЕКВІПОТЕНЦІАЛЬНІ ПОВЕРХНІ



3. ПРОВІДНИКИ У ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОМУ ПОЛІ



ДІЕЛЕКТРИКИ У ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОМУ ПОЛІ



ϵ - ВІДНОСНА ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ

4. ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$

$$C = \frac{q}{\phi} = \frac{q}{U}$$

СФЕРА

$$\phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

КОНДЕНСАТОР

$$C = \frac{q}{dE}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{q}{dE}$$

З'ЄДНАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

ПАРАЛЕЛЬНЕ

$$C = C_1 + C_2$$

ПОСЛІДОВНЕ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

ЕНЕРГІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

$$A = qEd = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{2d} (Ed)^2 = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2 V}{2}$$

1. СИЛА СТРУМУ



⇒ дрейф

$$v = 7 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

УМОВИ $I = 1 \text{ А}$ $S = 10^{-6} \text{ м}^2$ МІДЬ

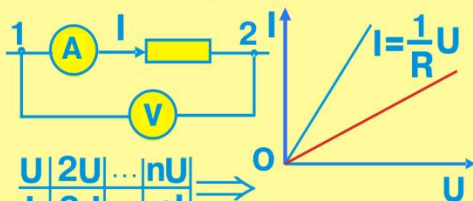
q - ВІЛЬНІ

Е - СТАЦІОНАРНЕ

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q_0 n V S$$

ТЕПЛОВА ДІЯ
ХІМІЧНА ДІЯ
МАГНІТНА ДІЯ

2. ЗАКОН ОМА для ділянки кола



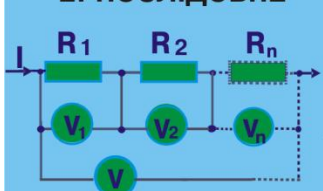
$$\frac{U}{I} = \frac{2U}{2I} = \dots = \frac{nU}{nI}$$

 ρ , Ом·м

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

2. ПОСЛІДОВНЕ

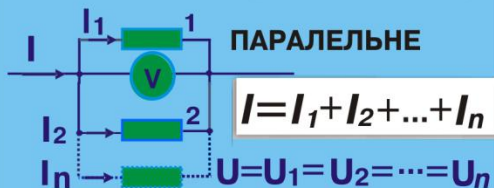


$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

$$IR = IR_1 + IR_2 + \dots$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$



ПАРАЛЕЛЬНЕ

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

3. РОБОТА, ПОТУЖНІСТЬ СТРУМУ

$$A = qU$$

$$q = It$$

$$A = IU\Delta t = I^2 R \Delta t$$



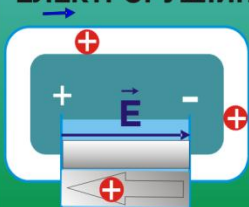
ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА

$$Q = IU\Delta t \Rightarrow$$

$$Q = I^2 R \Delta t$$

$$P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

ЕЛЕКТРОРУШІЙНА СИЛА



$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

$$q = It$$

СТОРОННЯ СИЛА $\vec{E}$ - ЕЛ. ПОЛЕ

4. ЗАКОН ОМА для ПОВНОГО КОЛА

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{It}$$

$$A_{\text{ст}} = \mathcal{E} It$$

$$Q = I^2 Rt + I^2 rt$$

$$A_{\text{ст}} = Q$$

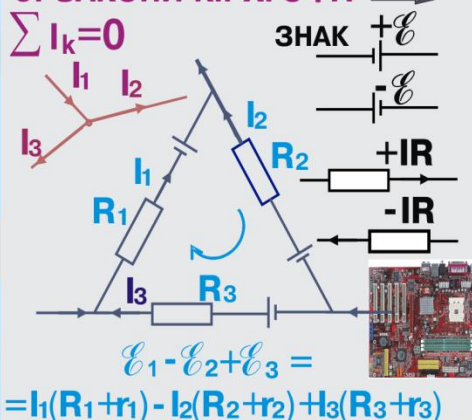
$$P_0 = \frac{\mathcal{E}^2}{R+r}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{U}{\mathcal{E}}$$

ПОВНА ПОТУЖНІСТЬ

5. ЗАКони КІРХГОФА



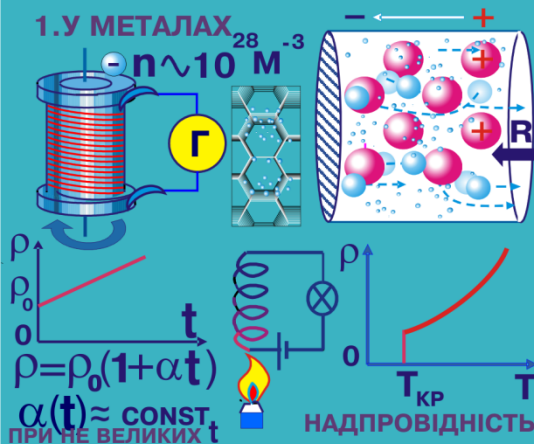
$$\sum I_k = 0$$

ЗНАК $+\mathcal{E}$ $-\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$ $+\mathcal{E}$

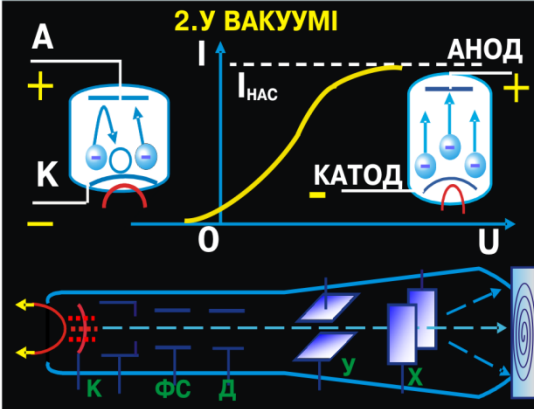
$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 =$$

$$= I_1(R_1 + r_1) - I_2(R_2 + r_2) + I_3(R_3 + r_3)$$

1. У МЕТАЛАХ



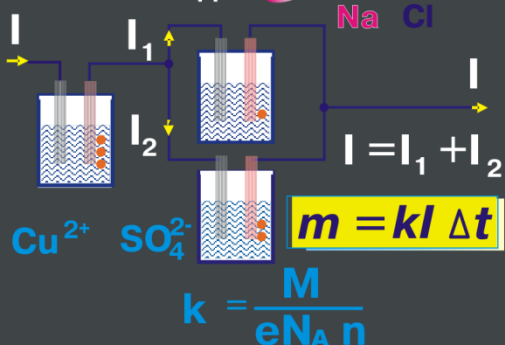
2. У ВАКУУМІ



4. У РІДИНАХ

- ДИСОЦІАЦІЯ
- РЕКОМБІНАЦІЯ

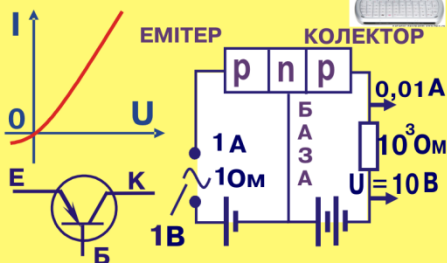
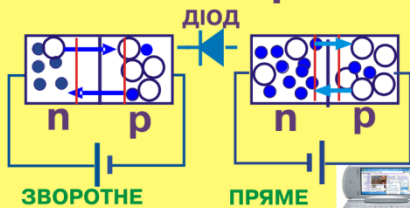
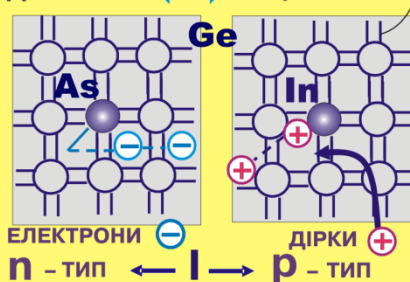
ЗАКОНИ ФАРАДЕЯ



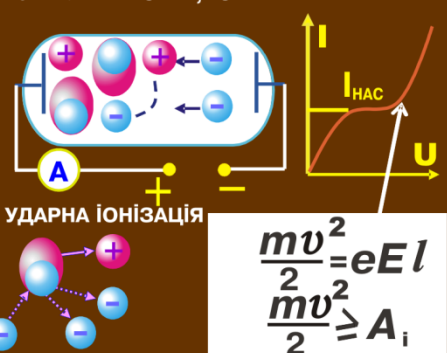
3. У НАПІВПРОВІДНИКАХ

Ge In Pb Si

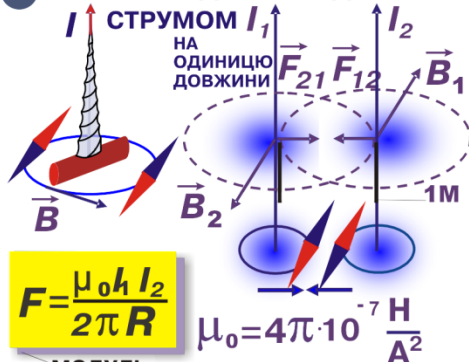
T СУМІШ

ДОНОРНА $\longleftrightarrow$ АКЦЕПТОРНА

5. СТРУМ У ГАЗАХ – УПОРЯДКОВАНІЙ РУХ ЕЛЕКТРОНІВ, ІОНІВ.

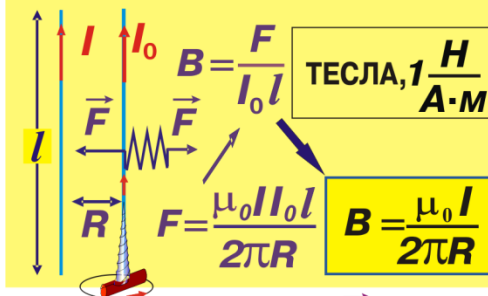
УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ, ТЕПЛОВІ
РЕНТГЕНІВСЬКІ ТА ГАМА ПРОМЕНІ

21 1. ВЗАЄМОДІЯ ПРОВІДНИКІВ ЗІ

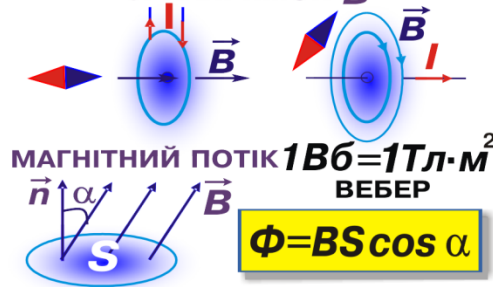


МОДУЛЬ

2. ВЕКТОР МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ B (СИЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА)



3. НАПРЯМОК $\vec{B}$

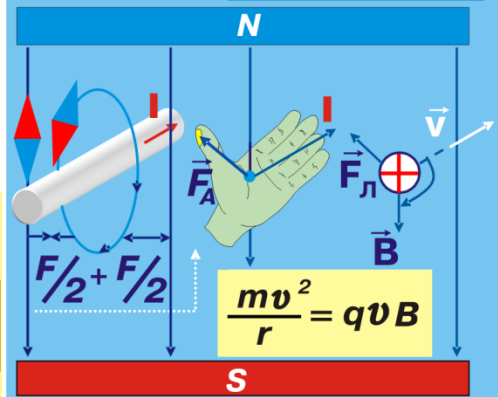


МАГНІТНЕ ПОЛЕ

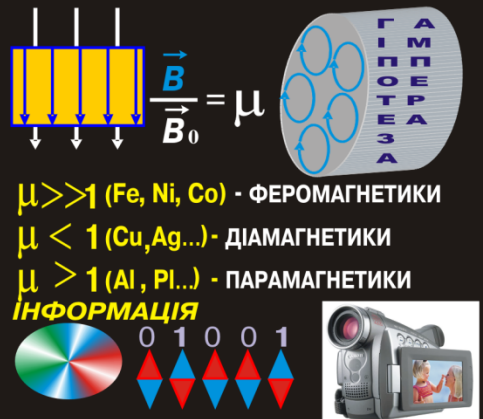
4. СИЛА
АМПЕРА
НА ПРОВІДНИК
ЗІ СТРУМОМ

ЛОРЕНЦА
НА ЗАРЯД

$$F_A = B I l \sin \alpha$$

$$F_L = \frac{F_A}{N} = q_0 v B \sin \alpha$$


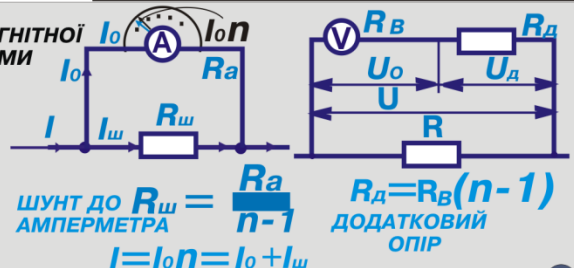
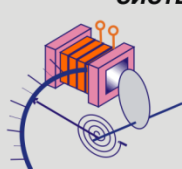
5. МАГНІТНА ПРОНИКНІСТЬ μ



МАГНІТОЕЛЕКТРИЧ- НОЇ СИСТЕМИ

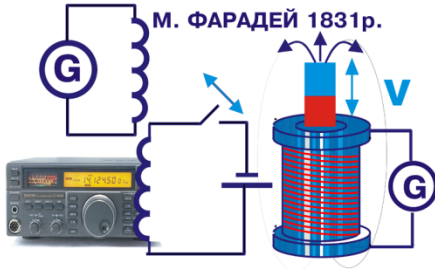


ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СИСТЕМИ

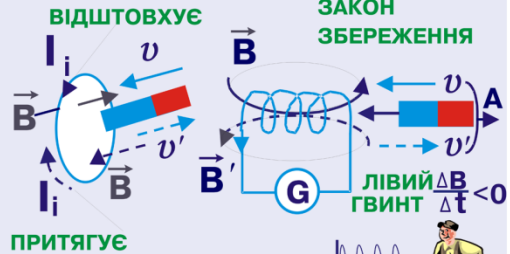


ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ

1. ВИНИКНЕННЯ ІНДУКЦІЙНОГО СТРУМУ



2 ПРАВИЛО ЛЕНЦА



I_i СПРЯМОВАНИЙ ТАК, ЩО СТВОРЕНЕ НИМ МАГНІТНЕ ПОЛЕ ПРОТИДІЄ ЗМІНИ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЯКЕ ПОРОДЖУЄ I_i СТРУМ

3 ЗАКОН ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ

ЕРС ІНДУКЦІЇ В КОНТУРІ ЧИСЕЛЬНО ДОРІВНЮЄ І ПРОТИЛЕЖНЕ ЗА ЗНАКОМ ШВИДКОСТІ ЗМІНИ МАГНІТНОГО ПОТОКУ КРІЗЬ ПОВЕРХНЮ, ОБМЕЖЕНУ КОНТУРОМ

“— ЗА ЗАКОНОМ ОМА ТА ПРАВИЛОМ ЛЕНЦА

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

$$\mathcal{E}_i = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\mathcal{E}_i$ ІНДУКЦІЇ В РУХОМИХ ПРОВІДНИКАХ

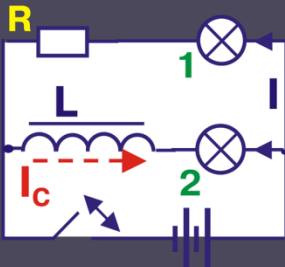
$$F_L = q_0 v B \sin \alpha$$

$$A = F l = q_0 v B l \sin \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = v B l \sin \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = v B l \sin \alpha$$

4 САМОІНДУКЦІЯ



ВВІМКНЕНО
1 - ОДРАЗУ
2 - ПІСЛЯ

$$\Phi \sim I$$

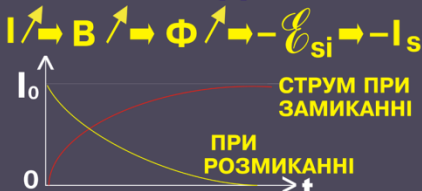
$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\Phi = LI$$

ВИМКНЕНО
1 - ОДРАЗУ
2 - ЯСКРАВІШЕ ТА

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

L - ІНДУКТИВНІСТЬ, ГЕНРІ, Гн
 $\mathcal{E}_{si} = 1V$



$$A = q \mathcal{E}_{si}$$

ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА, ЯКА ЧИСЕЛЬНО ДОРІВНЮЄ $\mathcal{E}_{si}$, ЩО ВИНИКАЄ В КОНТУРІ ВНАСЛІДОК ЗМІНИ СТРУМУ НА 1А ЗА 1С
 $1Гн = 1В \cdot с / А$

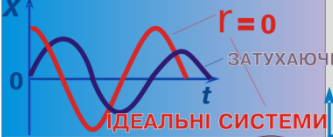
$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

ЕНЕРГІЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

23

МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ

1. АМПЛІТУДА І ПЕРІОД ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

ВЛАСНІ КОЛИВАННЯ

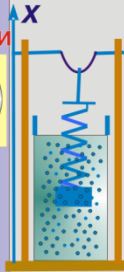
ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ (ЗАТУХАЮЧІ)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m} - \frac{r^2}{4m^2}}$$

$$\frac{k}{m} > \frac{r^2}{4m^2} \rightarrow$$

ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ, РЕЗОНАНС ПІД ДІЄЮ ЗОВНІШНЬОЇ ПЕРІОДИЧНО ДІЮЧОЇ СИЛИ

$$m a + r v + k x = F \cos \omega t$$



КОЛИ ЗАТУХАННЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ МАЛЕ, ТО ПІД ЧАС РЕЗОНАНСУ

$$r v = r \omega_0 x = F_0$$

$$x_m = \frac{F_0}{\mu \omega_0}$$

 ω_0 - ЧАСТОТА ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ

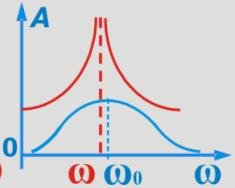
$$A = \frac{F_0}{m (\omega_0^2 - \omega^2)}$$

УМОВА $\max, A$ $\omega \rightarrow \omega_0$ (РЕЗОНАНС)

2. АВТОКОЛИВАННЯ

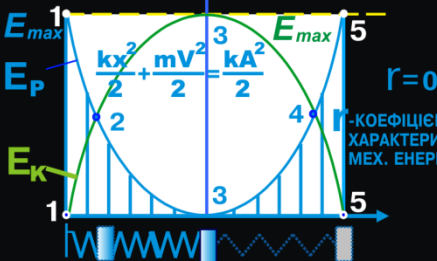


Регулювач енергії
зворотний зв'язок
КОЛИВАЛЬНА СИСТЕМА



3. ЕНЕРГІЯ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

$$E_p + E_k = E = \text{const}$$

r=0
- КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЄ ВІРАТИ МЕХ. ЕНЕРГІЇ У СИСТЕМІ

4. МАТЕМАТИЧНИЙ МАЯТНИК

$$\vec{F} = \vec{F}_{\text{пр}} + \vec{F}_T \quad \text{Залежить від } l, \text{ та } g$$

$$T \sim \sqrt{l} \quad g_M < g \Rightarrow T \sim \sqrt{\frac{1}{g}}$$

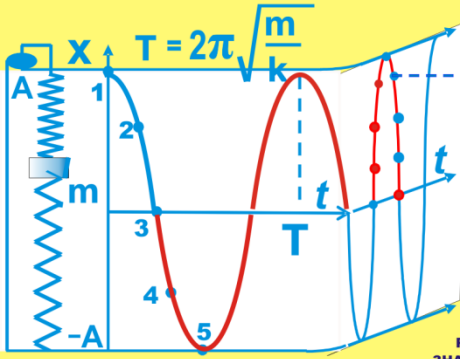
$$T \sim \sqrt{\frac{l}{g}}$$



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

5. ГАРМОНІЧНІ КОЛИВАННЯ

ЗА ЗАКОНОМ SIN, COS



$$v = 0$$

РИС А

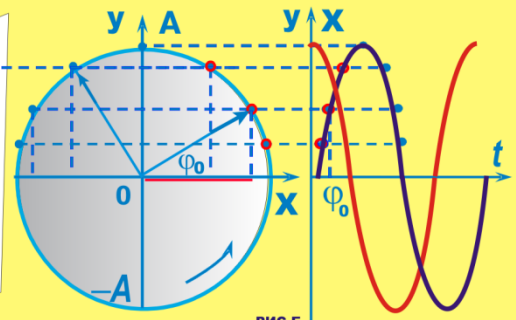


РИС Б

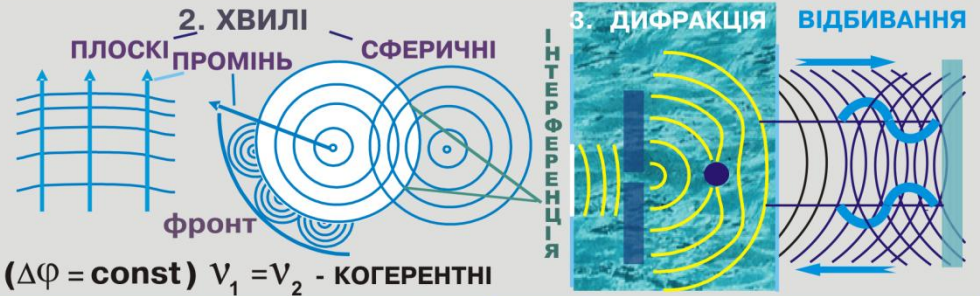
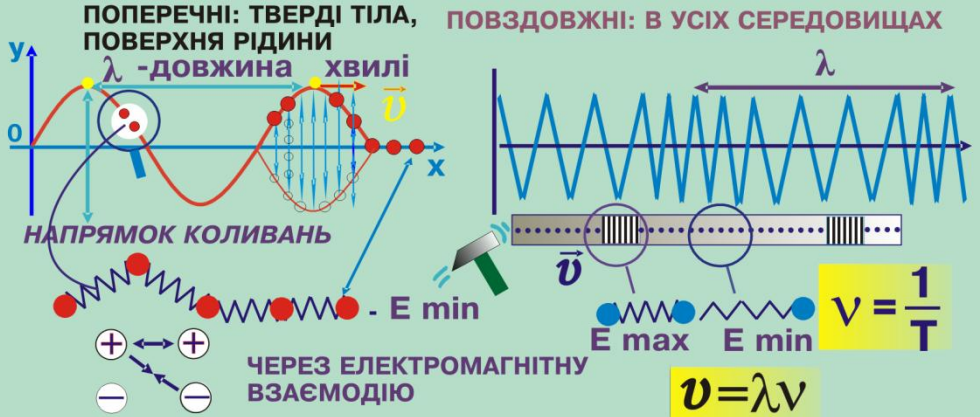
РУХОМИЙ РАДІУС - ВЕКТОР
знаходиться в положенні Φ_0
дослідимо, як
залежить x, y від Φ
ПОВОРОТУ РИС Б
ДЕ Φ_0 - ПОЧАТКОВА ФАЗА

$$x = A \cos(\omega t + \Phi_0)$$

$$y = A \sin(\omega t + \Phi_0)$$

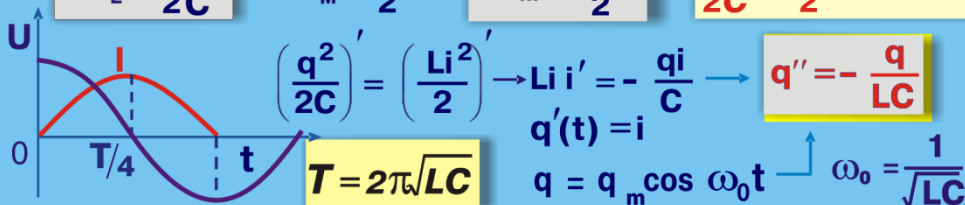
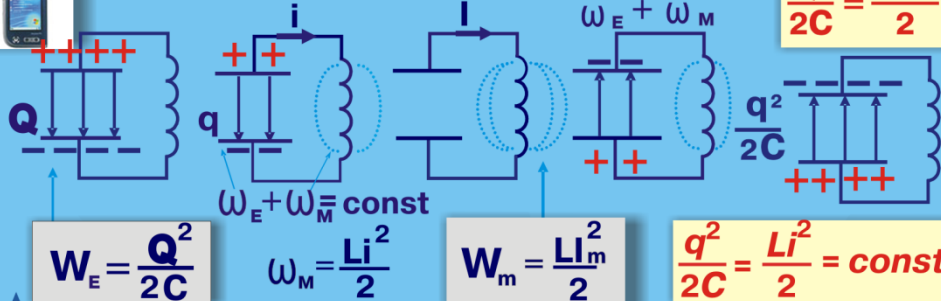
23

1. МЕХАНІЧНІ ХВИЛІ

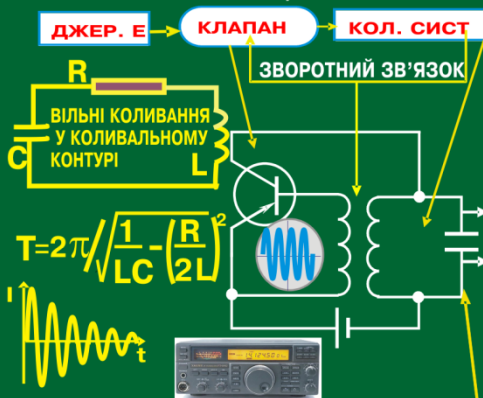


1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ КОЛИВАННЯ

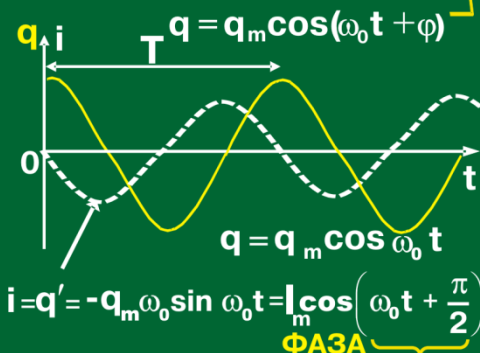
$$\frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$



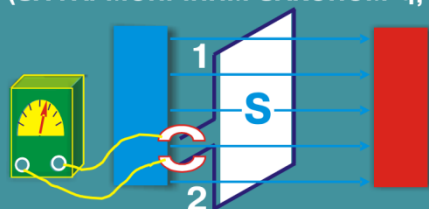
2. ГЕНЕРАТОР Е/М КОЛИВАНЬ



3. ГАРМОНІЧНІ КОЛИВАННЯ

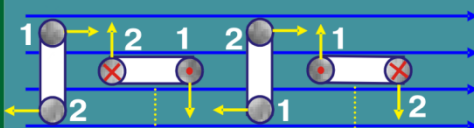


4. ЗМІННИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ

(ЗА ГАРМОНІЧНИМ ЗАКОНОМ q, I, U)

$$\Phi = BS \cos 2\pi nt$$

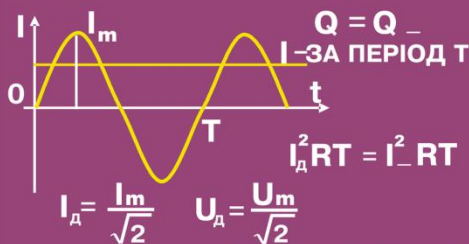
$$e = \Phi' = \mathcal{E}_m \sin \omega t$$



$$i = I_m \sin \omega t$$

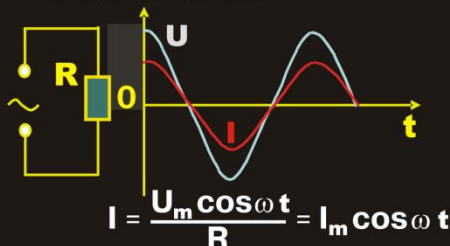


1 ДІЮЧЕ ЗНАЧЕННЯ I , U



ПОТУЖНІСТЬ $\sim I$ **$P = IU \cos \varphi$**

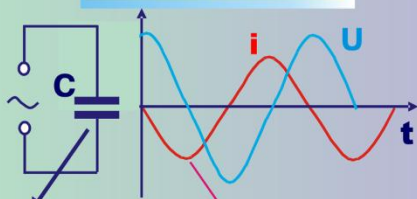
2 АКТИВНИЙ ОПІР



КОЛИВАННЯ U І I СПІВПАДАЮТЬ ЗА ФАЗОЮ

3 ЄМНІСНИЙ ОПІР

$$X_c = \frac{1}{2\pi \nu C} = \frac{1}{\omega C}$$

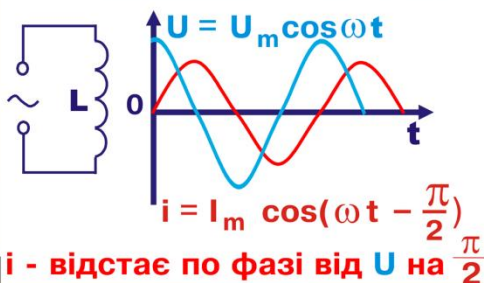


$$\frac{q}{C} = U = U_m \cos \omega t$$

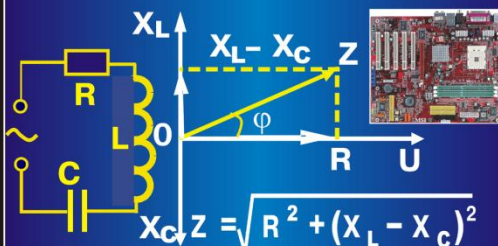
$i = q' = U_m C \omega \sin \omega t$
 $i = U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$ **I - ВИПЕРЕДЖАЄ ЗА ФАЗОЮ U НА $\frac{\pi}{2}$**

4 ІНДУКТИВНИЙ ОПІР

$$X_L = 2\pi \nu L = \omega L$$



5 ЗАКОН ОМА, РЕЗОНАНС У КОЛІ ЗМІННОГО СТРУМУ



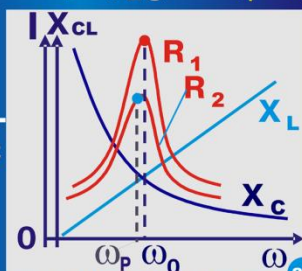
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$\cos \varphi = R / \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

УМОВА РЕЗОНАНСУ: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$
 $\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow \omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad V_p = V_0$

ФОРМУЛА ТОМСОНА

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



СВІТЛОВІ ХВИЛІ

1. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ СВІТЛА



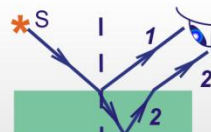
КОГЕРЕНТНІ
 $\lambda_1 = \lambda_2$ $\Delta\phi = \text{Const}$

Δ - різниця
 ходу хвиль

У ФАЗІ
УМОВА max
 $\Delta = k\lambda$
 $k=1,2,\dots$

У ПРОТИФАЗІ
УМОВА min
 $\Delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

УМОВА max
 $\Delta = k\lambda$
 $k=1,2,\dots$



КІЛЬЦЯ НЬЮТОНА



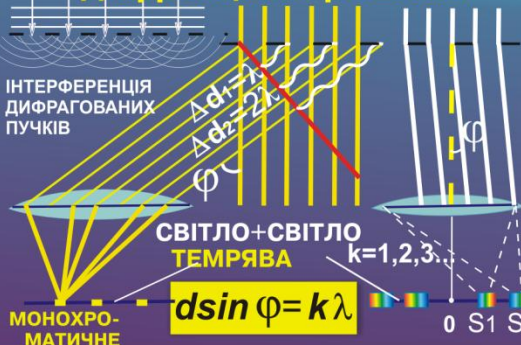
2. ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

ДИФРАКЦІЯ НА КРУГЛОМУ ОТВОРІ



ІНТЕРФЕРУЄ

ДИФРАКЦІЙНА РЕШІТКА



ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ
 ДИФРАГОВАНИХ
 ПУЧКІВ

СВІТЛО+СВІТЛО
 ТЕМРЯВА

$dsin \varphi = k\lambda$

МОНОХРО-
 МАТИЧНЕ

$k=1,2,3,\dots$

0 S1 S2

3. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА ЗАЛЕЖНІСТЬ n ВІД $v(\lambda)$



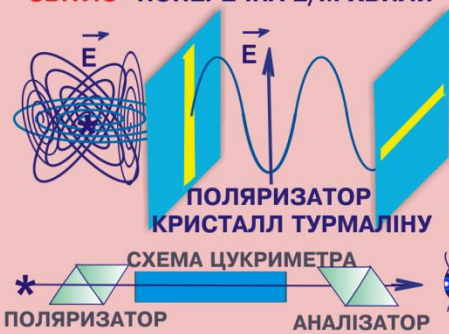
$\lambda_{\phi} < \lambda_{\text{ЧЕРВ}}$
 $v_{\phi} < v_{\text{ЧЕРВ}}$

$n = \frac{c}{v_{\text{СЕР}}}$

ЧЕРВОНИЙ – ВІДБИВАЄ ЧЕРВОНІ,
 ІНШІ ПОГЛИНАЄ

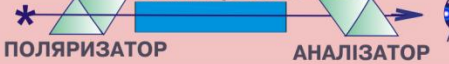
БІЛИЙ – УСІ ВІДБИВАЄ
 ЧОРНИЙ – УСІ ПОГЛИНАЄ

4. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА СВІТЛО- ПОПЕРЕЧНА Е/М ХВИЛЯ



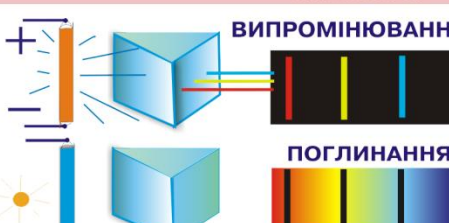
ПОЛЯРИЗАТОР
 КРИСТАЛЛ ТУРМАЛІНУ

СХЕМА ЦУКРИМЕТРА



ПОЛЯРИЗАТОР

АНАЛІЗАТОР

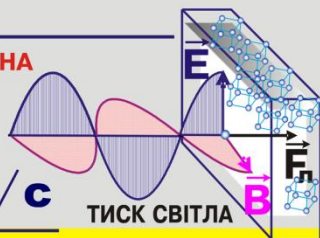


ВИПРОМІНЮВАННЯ

ПОГЛИНАННЯ

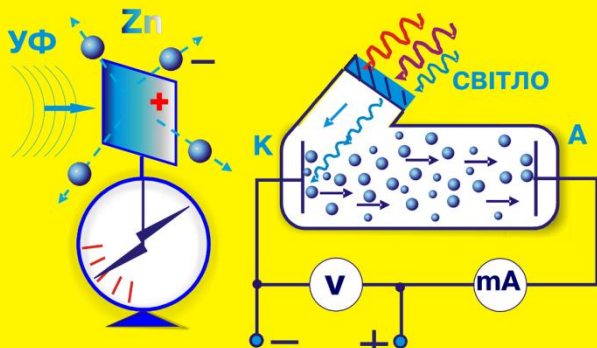
1. СВІТЛОВІ КВАНТИ

ЕНЕРГІЯ	МАСА	ІМПУЛЬС ФОТОНА
$E = h\nu$	$m = h/c\lambda$	$P = h/\lambda$
$E = mc^2$	$m = h\nu/c^2$	$P = mc = h\nu/c$



2. ФОТОЕФЕКТ

ЯВИЩЕ ВИРИВАННЯ ЕЛЕКТРОНІВ З РЕЧОВИНИ ПІД ДІЄЮ СВІТЛА



3. ЗАКони ФОТОЕФЕКТУ

1. КІЛЬКІСТЬ ВИРВАНИХ ЕЛЕКТРОНІВ ПРОПОРЦІЙНА ПОГЛИНЕНІЙ ЕНЕРГІЇ СВІТЛОВОЇ ХВИЛІ
2. Ек ЕНЕРГІЯ ФОТОЕЛЕКТРОНІВ ПРОПОРЦІЙНА ν СВІТЛА
3. МІНІМАЛЬНА ЧАСТОТА (МАКСИМАЛЬНА ДОВЖИНА ХВИЛІ), ПРИ ЯКІЙ МОЖЛИВИЙ ФОТОЕФЕКТ, ЗАЛЕЖИТЬ ТІЛЬКИ ВІД МАТЕРІАЛУ КАТОДУ
4. МІНІМАЛЬНА, $\nu \rightarrow (\lambda_{max})$, ПРИ ЯКІЙ ЩЕ МОЖЛИВИЙ ФОТОЕФЕКТ, НАЗИВАЄТЬСЯ ЧЕРВОНОЮ МЕЖЕЮ ФОТОЕФЕКТУ

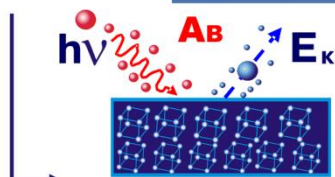
4. ПОЯСНЕННЯ ФОТОЕФЕКТУ

$$E = h\nu \quad h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

СТАЛА ПЛАНКА

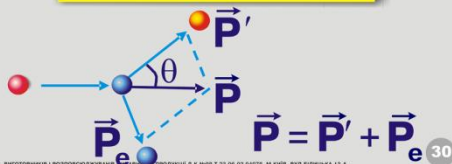
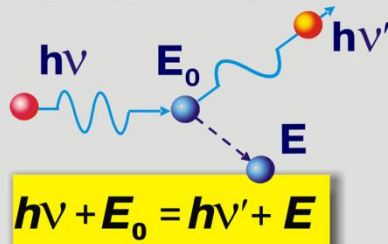
ЕЙНШТЕЙН:

$$h\nu = A_B + E_K$$



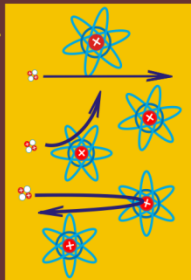
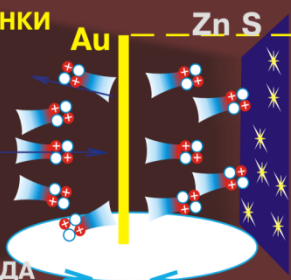
$$C = \lambda\nu \quad \text{ФОТОН} - \text{СВІТЛОВИЙ КВАНТ}$$

5. ЕФЕКТ КОМПТОНА



α - ЧАСТИНКИ

$$v = \frac{1}{200} c$$

**1. ДОСЛІД РЕЗЕРФОРДА**

$$E_{\alpha} = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_n = k \frac{q_{Au} q_{\alpha}}{r^2}$$

$$E_{\alpha} \rightarrow E_n$$

$$r_{\alpha} \approx 10^{-14} \text{ м}$$

1 CM³

1,4 МЛН Т

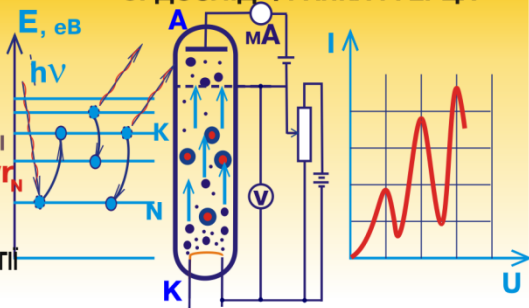
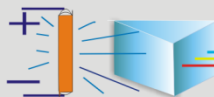
РОЗТАШУВАТИ
ЯДРА**2. ПОСТУЛАТИ БОРА**

АТОМНА СИСТЕМА МОЖЕ ПЕРЕБУВАТИ В
СТАЦІОНАРНИХ (КВАНТОВИХ) СТАНАХ - $E_n(k)$

У СТАЦІОНАРНОМУ СТАНІ АТОМ НЕ
ВИПРОМІНЮЄ, А ЕЛЕКТРОН, РУХАЮ-
ЧИСЬ ПО КОЛОВОЇ ОРБИТІ МАЄ КВАНТОВІ
ЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІМПУЛЬСУ $L_n = mvr$

ПІД ЧАС ПЕРЕХОДУ З ОДНОГО СТАЦІОНАРНО
СТАНУ В ІНШИЙ ВИПРОМІНЮЄТЬСЯ АБО
ПОГЛИНАЄТЬСЯ КВАНТ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ

$$h\nu_{KN} = E_K - E_N$$

3. ДОСЛІД ФРАНКА І ГЕРЦА**4. ВИНИКНЕННЯ СПЕКТРІВ****НЕПЕРЕРВНІ**

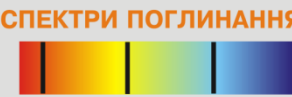
ТВЕРДІ ТІЛА, РІДИНА,
СТИСНУТІ ГАЗИ, ПЛАЗМА

**ЛІНІЙЧАСТІ**

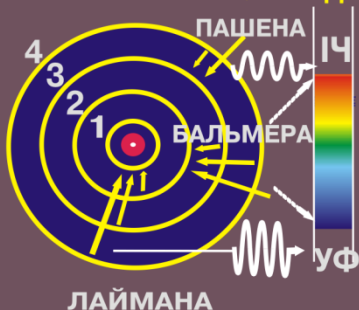
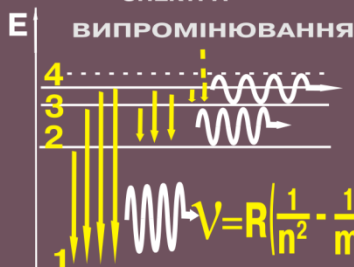
ГАЗИ В АТОМАРНОМУ СТАНІ

**СМУГАСТІ**

ГАЗИ В МОЛЕКУЛЯРНОМУ СТАНІ

**СПЕКТРИ ПОГЛИНАННЯ****ЗАКОН КІРХГОФА**

РЕЧОВИНА ПОГЛИНАЄ НАЙБІЛЬШ ІНТЕНСИВНО
СВІТЛО ТИХ ДОВЖИН ХВИЛЬ, ЯКІ ВОНА ВИПРОМІ-
НЮЄ В ДУЖЕ НАГІТОМУ СТАНІ

5. РІВНІ ЕНЕРГІЙ АТОМА ГІДРОГЕНУ**ЕНЕРГЕТИЧНА ДІАГРАМА УТВОРЕННЯ СПЕКТРА**

$$mvr = n\hbar$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

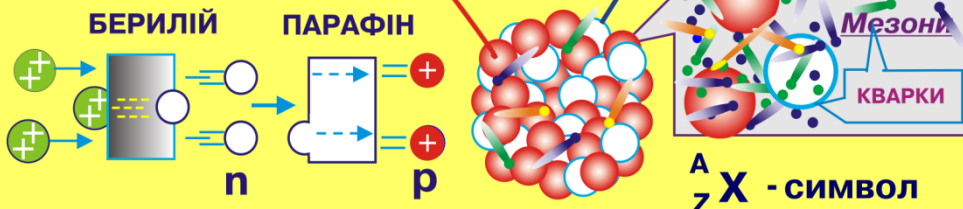
$$r_n = 4\pi\epsilon_0 \frac{n^2 \hbar^2}{me^2}$$

$$v = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$E_n = - \frac{m^2 e^4}{8\pi^2 \epsilon_0^2 h^2}$$

ФІЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

1. БУДОВА ЯДРА



$$m_e = 1 \quad m_n = 1831 m_e \quad m_p = 1838 m_e$$

A - МАСОВЕ ЧИСЛО
 Z - ЧИСЛО ПРОТОНІВ

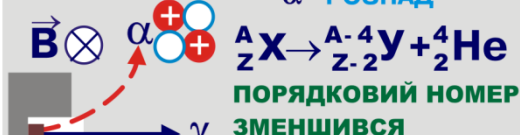


$$A - Z = N$$

2. РАДІОАКТИВНІСТЬ

ПРАВИЛО ЗМІЩЕННЯ

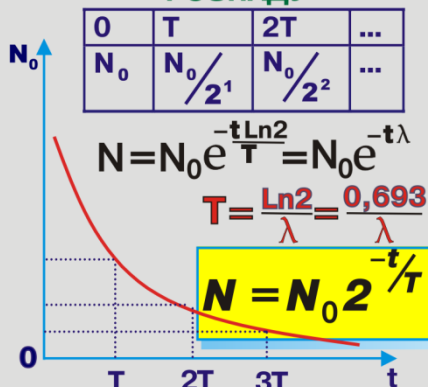
α - РОЗПАД



β - РОЗПАД



3. ЗАКОН РАДІОАКТИВНОГО РОЗПАДУ



4. ЕНЕРГІЯ ЗВ'ЯЗКУ

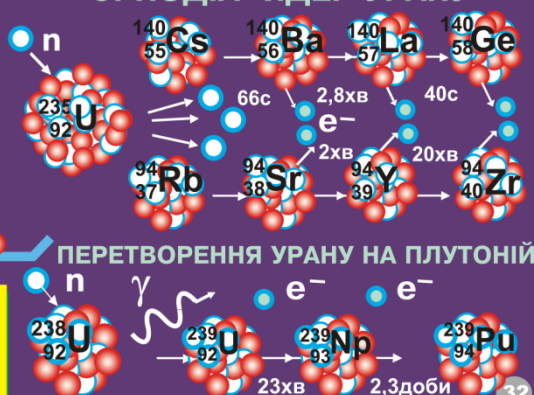
$$M_{\text{я}} < Z m_p + N m_n$$

$$\Delta M = (Z m_p + N m_n) - M_{\text{я}}$$



$$\epsilon_{\text{зв}} = \Delta M c^2 \quad \Delta \epsilon = \frac{\Delta M c^2}{A}$$

5. ПОДІЛ ЯДЕР УРАНУ



Таблиця 18.

18.1 Доводиться положення: коли робота не залежить від форми траєкторії, то вона дорівнює зміні потенціальної енергії, взятій з протилежним знаком. Визначена зміна потенціальної енергії для додатного і від'ємного зарядів.

18.2 За допомогою рисунка по переміщенню зарядів з нескінченності у точку 1 електростатичного поля, визначається потенціал, як відношення потенціальної енергії

зарядів в полі до цих зарядів. Розглядається різниця потенціалів при переміщенні заряду з однієї до іншої точки поля. Еквіпотенціальні поверхні однорідного поля точкових зарядів - концентричні сфери, які зображені на рисунках.

18.3 Поведінка заряджених часток у провідниках і діелектриках розглядається на рисунках. Розглянуто однорідні електричні поля.

18.4 На основі такої поведінки пояснюються поняття електроємності й енергії електричного поля, відношення заряду одного з провідників до різниці потенціалів між цим провідником і сусіднім – електроємність двох провідників.

Таблиця 19.

Закони постійного струму

19.1 Поняття сили струму в провіднику розглянуто як дрейф електронів під дією електричного поля. Далі розглядаються закономірності, що зв'язують силу струму, напругу, опір і рід провідника як особливості його структури.

19.2 Послідовне і паралельне з'єднання розглянуто на електричних схемах. Застосовуючи закон Ома для ділянок з опорами, можна довести, що величина, обернена повному опору ділянки, дорівнює сумі величин, обернених опорам окремих провідників.

19.3 Закон Джоуля-Ленца, виділення тепла в провіднику. Як при впорядкованому русі заряджених частинок у провіднику електричне поле виконує роботу. Роботу прийнято називати роботою струму. Поняття електрорушійної сили використовуються для виведення закону Ома для повного кола.

19.4 Закони Кірхгофа, як практична частина розгалужених електричних кіл, подані на схемах.

Таблиця 20.

Електричний струм у середовищах

20.1 Виявлення причин, що викликають електричний струм у металах пояснено на досліді Мандельштама-Папалексі.

20.2 –20.3 На схемі показано графік залежності струму від різниці потенціалів, коли він досяг насичення. Якщо дія іонізатора припиняється, то припиняється і розряд, оскільки інших джерел іонів немає. Тому розряд називають несамостійним. Природа струму у вакуумі зображена на схемах червоного фону.

20.4 Електричний струм у напівпровідниках розглянуто на стилізованих рисунках структури n- і р- типів напівпровідників. Підключення діода і транзистора.

20.5 Причини струму в рідині і газах розглянуто на основі процесу дисоціації. Розглянута іонізація електронним ударом. Якщо кінетична енергія електрона більша за роботу, яку треба виконати, щоб іонізувати нейтральний атом, то під час зіткнення електрона з атомом відбувається іонізація.

VII. Електромагнітне поле

Таблиця 21.

Магнітне поле

21.1 Взаємодію провідників зі струмом пояснюють притяганням або відштовхуванням магнітних полів, звертаючись до поведінки магнітних стрілок.

21.2 Поняття вектора магнітної індукції виводиться як наслідок попереднього процесу із застосуванням динамометра для фіксування сили притягання. Напрямок вектора і визначення магнітного потоку показано нижче.

21.3 Сили Ампера і Лоренца об'єднані єдиним рисунком, тому що природа їхнього виникнення аналогічна і ґрунтується на попередніх поняттях. Сила Лоренца перпендикулярна до вектора $\vec{B}$ та швидкості, і її напрям, як і напрям сили Ампера, визначають за допомогою долоні лівої руки. На синьому фоні зображено рисунки, що пояснюють поняття магнітної проникності.

21.4 Практичне застосування вивченого у темі ілюструють схеми принципу дії електровимірювальних приладів.

Таблиця 22.

Явище електромагнітної індукції

22.1 На лівому верхньому фрагменті зображені схема і рисунок дослідів, що пояснюють виникнення індукційного струму. Показано, що магнітне поле, яке змінюється в часі, породжує електричне поле, а змінне електричне поле породжує магнітне.

22.2 Правило Ленца ілюструється правим фрагментом, на якому показано виникнення магнітних полюсів у провідних контурах, виходячи з розуміння закону збереження енергії.

22.3 На середній частині плаката подано аналітичний запис закону електромагнітної індукції й Ei в провідниках, що рухаються, а також зображена долоня правої руки, для визначення напрямку індукційного струму.

22.4 Рисунок нижнього фрагмента ілюструє явище самоіндукції, причини, що його викликають, і величину Ei .

VIII. Коливання і хвилі різної фізичної природи

Таблиця 23

23.1 Вимушені коливання розглядаються на рисунку з прикріпленої до пружини кульки. Побудовано графіки

вимушених та затухаючих коливань. Явище резонансу демонструють на досліді з кульками.

23.2 Поняття автоколивань і схематичне зображення принципу роботи автоколивальної системи представлено на прикладі роботи маятникового годинника.

23.3 Показано перетворення енергії вільних гармонічних коливань. На двох графіках (закон збереження енергії).

23.4 Експериментально визначають величину, від якої залежить період коливань математичного маятника (довжина). Використано факти: період коливань на Місяці більший при однаковій довжині маятника, отже період коливань обернено пропорційний прискоренню. Індуктивним методом доводять: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

23.5 Зображено графік гармонічного коливання пружинного маятника з прикріпленим до нього самописцем, що залишає слід на смузі паперу, який переміщується горизонтально. Праворуч подана аналогія обертального і коливального рухів. Досліджено зміну положення радіуса-вектора в

проекціях на осі Ox і Oy в залежності від часу і кута повороту. На графіку бачимо синусоїду і косинусоїду з різницею фаз, рівною $\frac{\pi}{2}$, а також початковою фазою.

Таблиця 24.

24.1 На фрагменті зображено моделі для двох хвиль. Для поперечної хвилі за допомогою куль з пружинами модулюється причина збурювань у хвилі. Для повздовжньої показано поширення стисків і розріджень вздовж стержня, а також причина цього процесу.

24.2 Основні характеристики плоскої і сферичної хвилі. Умовна для виникнення явища інтерференції – когерентність. Явище дифракції. Одержання на дослідах відбитої і стоячої хвиль за допомогою шнура.

24.3 Для поширення звукових хвиль необхідне середовище. Показано процес виникнення і поширення хвиль. Нижче показано основну гармоніку струни і її моди власних коливань.

24.5 На середній частині фрагмента проведено гармонічний аналіз звукових сигналів від різних музичних інструментів (мікрофон і екран осцилографа). Показано обертони, якими відрізняються звукові сигнали. На правій частині фрагмента показано діапазони звукових хвиль, їх характеристики і практичне використання.

Таблиця 25.

Електромагнітні коливання

25.1 На верхній частині плаката розміщено схеми коливального контура і послідовність взаємоперетворень електричної і магнітної енергії за період. Тут подані графіки $U(t)$ і $I(t)$ і рівняння, що описують електромагнітні коливання.

25.2 На червоному фоні зображений генератор незатухаючих електричних коливань.

25.3 Розглянута фізична величина – фаза, яка стоїть під знаком косинуса або синуса, а також коливання сили струму, які зміщені за фазою на $\pi/2$ відносно коливань заряду.

25.4 Останній фрагмент схематично ілюструє одержання змінного струму за допомогою провідної рамки, що обертається в магнітному полі і графік $I(t)$ – залежно від розташування її площини в магнітному полі.

Таблиця 26.

Активне і реактивне навантаження в колі змінного струму

- 26.1 – 26.2 Спочатку представлено поняття діючого значення I і U . Для цього порівняна кількість теплоти, яка виділяється у провіднику за період при значенні змінного і постійного струмів, а також їх графічне представлення на активному навантаженні $I(t)$, $U(t)$.
- 26.3 – 26.4 Дано схеми ємнісного й індуктивного опору в колі змінного струму і відповідно графіки залежностей $I(t)$, $U(t)$ у навантаженнях. Показано, що заряд конденсатора змінюється за гармонічним законом, а сила струму, як похідна заряду, - за часом.
- 30.1 На синьому фоні схематично і графічно інтерпретована залежність між X_L , X_C , R , а також закон Ома для змінного струму з активним і реактивним навантаженням.

Таблиця 27.

Електромагнітні хвилі

- 27.1 На верхній частині зображено моделі електричних схем, що пояснюють процес утворення електричних хвиль з наступною їх інтерпретацією.
- 27.2 Далі зображено моделі і рисунки практичного використання електромагнітних хвиль на основі їх властивостей: телерадіозв'язок.
- 27.3 На синьому фоні пояснюється принцип радіозв'язку, а також показано, як здійснюються модуляція і детектування. Шкала електромагнітних хвиль у вигляді діаграми.

IX. Геометрична, хвильова і квантова оптика

Таблиця 28.

- 28.1 Закони відбивання і заломлення світлових хвиль на межі розділу двох середовищ з різними показниками. Показані схематично на верхній частині плаката. Також подано поняття абсолютного і відносного показника заломлення.
- 28.2 На фрагментах «Лінзи та побудова зображення в лінзах» показаний хід променів у збиральній і розсіювальній лінзах, побудова зображень.

Таблиця 29.

Світлові хвилі

- 29.1 Інтерференційне посилення й послаблення світла вводять на основі взаємодії когерентних хвиль, що пояснюються схематичними зображеннями зверху плаката.
- 29.2 За допомогою рисунка пояснюють дифракцію на круглому отворі. Пояснюють поняття дифракції світла і виникнення інтерференційних мінімумів і максимумів від симетричних точок отвору, крізь які проходить світло. Пояснюють хід променів у дифракційній решітці.
- 29.3 Внизу плаката дана схема ходу білого світла через скляну призму і пояснено показник заломлення, а також залежність показника заломлення світла від його кольору, яка називається дисперсією.
- 29.4 Поляризація світла пояснюється механічною моделлю. Доводять, що світло – поперечна хвиля в пучку хвиль від звичайного джерела.

Х. Основи квантової фізики

Таблиця 30.

Світлові кванти. Дії світла

- 30.2 Світлові кванти.
- 30.3 На жовтому фоні нанесені стилізовані рисунки, графіки, з їхньою допомогою розкривається суть явища фотоефекту і формулюються закони фотоефекту.
- 30.4 На дослідах було визначено, що кінетична енергія вирваних світлом електронів залежить тільки від частоти світла. Якщо частота світлової хвилі менша від деякої певної для даної речовини мінімальної частоти, то фотоефекту не буде.
- 30.5 Механізм, що пояснює фотоефект, якісно зображений на рисунку і кількісно представлений формулою Ейнштейна, зведеною таблицею для енергії, маси й імпульсу фотонів.
- 30.6 Ефект розсіювання в пояснюється дослідом, на якому зображені різні за довжиною хвилі падаючого і розсіюваного світла. Прояв корпускулярно-хвильових властивостей показується на рисунку (тиск світла).

XI Атомна і ядерна фізика

Таблиця 31.

Будова атома

- 31.1 Послідовність розміщення зображень зверху відповідає логіці викладу навчального матеріалу. Дослід Резерфорда, його результати, пояснення результатів і кількісні закономірності.
- 31.2 Постулати Бора. На рисунку показано, що випромінювання відбувається, коли атом переходить із стану з більшою енергією у стан з меншою енергією. Поглинання атомом енергії супроводжується переходом його із стану з меншою енергією у стан з більшою енергією.
- 31.3 Постулати Бора пояснюють експериментально на установці досліду Франка-Герца і графіком.
- 31.4 – 31.5 Для з'ясування сутності процесу, що відбувається при цьому, використано рисунок і схему енергетичних рівнів воднеподібного атома з його серіями випромінювань. На підставі цього вводять поняття типів спектрів.

Таблиця 32.

Фізика атомного ядра

- 32.1 Будова ядра атома і його модель показана на схемі досліду. Також на рисунку показано склад протонів і нейтронів.
- 32.2 Поняття радіоактивності розглядається на схемі досліду і його ядерних перетворень. Слід зауважити, що для кожної радіоактивної речовини є певний інтервал часу, протягом якого активність зменшується у два рази. Виявлені закономірності ілюстровані графіком.
- 32.3 За формулою знаходять для будь-якого моменту часу кількість атомів, які ще не розпались.
- 32.4 Енергія зв'язку пояснюється рисунком з терезами. На завершення подана схема розподілу ядра ізотопу урану.

Додаток

1. Фізичні сталі

Гравітаційна стала.....	$G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Стала Авогадро.....	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Стала Больцмана.....	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/ К}$
Стала Фарадея.....	$F = 9,648 \cdot 10^4 \text{ Кл/ моль}$
Універсальна газова стала.....	$R = k \cdot N_A = 8,31 \text{ Дж/ (моль} \cdot \text{К)}$
Елементарний електричний заряд.....	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Електрична стала.....	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ($1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$)
Швидкість світла у вакуум.....	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Стала Планка.....	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Коефіцієнт пропорційності між одиницями виміру маси й енергії $c^2 = E/m = 931,5 \text{ МеВ/а.о.м.}$	
Маса спокою електрона.....	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою електрона.....	$E_{0e} = m_e \cdot c^2 = 0,51 \text{ МеВ}$
Маса спокою протона.....	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою протона.....	$E_{0p} = m_p \cdot c^2 = 938,26 \text{ МеВ}$
Маса спокою нейтрона.....	$m_n = 1,00866 \text{ а.о.м.}$
Енергія спокою нейтрона.....	$E_{0n} = m_n \cdot c^2 = 939,55 \text{ МеВ}$ 1 а.о.м. = $1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Нормальний атмосферний тиск.....	$P = 101325 \text{ Па}$
Радіус першої електр. орбіти у атомі водню.....	$a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$

2. Деякі позасистемні одиниці

Градус Цельсія.....	$t^\circ\text{C} = T - 273,16$
Калорія.....	1 кал = 4,191 Дж
Фізична атмосфера.....	1 атм = $1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Міліметр ртутного стовпа.....	1 мм рт. ст. = 133,3 Па
Кіловатт-година.....	1 кВт·год = $3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
Електрон-вольт.....	1 еВ = $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

3 . Деякі відомості з геометрії

1. Тригонометричні функції гострого кута

прямокутного трикутника:

$$\sin \alpha = a/c; \cos \alpha = b/c;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = a/b; \operatorname{ctg} \alpha = b/a.$$

2. Нехай a, b, c – сторони трикутника ABC;

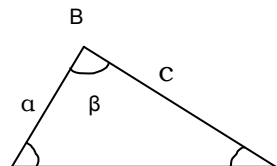
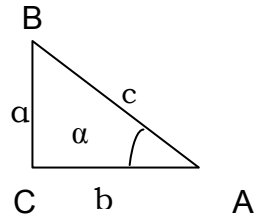
α, β, γ – кути цього трикутника, що лежать відповідно проти сторін a, b, c ; тоді

справедливі теореми:

▲ теорема синусів: $a/\sin \alpha = b/\sin \beta = c/\sin \gamma = 2R.$

▲ теорема косинусів: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha;$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \beta; \quad c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$



4.Десяткові префікси у назвах одиниць

Кратні		
Префікс	Позначення	Множник
пета-	П	$1 \cdot 10^{15}$
тера-	Т	$1 \cdot 10^{12}$
гіга-	Г	$1 \cdot 10^9$
мега-	М	$1 \cdot 10^6$
кіло-	к	$1 \cdot 10^3$
гекто-	г	$1 \cdot 10^1$
Частинні		
Префікс	Позначення	Множник
деци-	д	$1 \cdot 10^{-1}$
санти-	с	$1 \cdot 10^{-2}$
мілі-	м	$1 \cdot 10^{-3}$
мікро-	мк	$1 \cdot 10^{-6}$
нано-	н	$1 \cdot 10^{-9}$
піко-	п	$1 \cdot 10^{-12}$

5.Грецький алфавіт

α - альфа	ν -ню
β -бета	ξ -ксі
γ -гама	$\omicron$ -омікрон
δ -дельта	π -пі
ε -епсілон	ρ -ро
ζ -дзета	σ -сігма
η -ета	τ -тау
θ -тета	υ -іпсілон
ι -йота	ϕ -фі
κ -капа	χ -хі
λ -лямбда	ψ -псі
μ -мю	ω -омега

6.Деякі відомості про сонячну систему

Радіус Сонця.....	700 000 км
Середня відстань від Землі до Сонця.....	150 млн км
Середній радіус Землі.....	6 370 км
Радіус Місяця.....	1 740 км
Середня відстань від Землі до Місяця.....	384 000 км
Маса Місяця.....	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг

7. Густина твердих тіл (при 15—20 °С)

Речовина	$\rho, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Речовина	$\rho, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$
Алмаз	3,5	Олово	7,3
Алюміній	2,7	Платина	21,5
Береза (суха)	0,7	Пробка	0,2
Граніт	2,6	Свинець	11,3
Залізо	7,9	Срібло	10,5
Золото	19,3	Сосна (суха)	0,5
Лід	0,9	Сталь	7,8
Мідь	8,9	Скло	2,6

8. Густина рідин (при 15—20 °С)

Речовина	$\rho, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Речовина	$\rho, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$
Вода (4°C) Вода	1,00	Нафта	0,80 13,0
морська Гліцерин	1,03	Ртуть	0,79
	1,26	Спирт	

9. Густина газів (при 0 °С і тиску 760 мм рт. ст.)

Речовина	$\rho, \text{ кг/м}^3$	Речовина	$\rho, \text{ кг/м}^3$
Азот	1,25	Гелій	0,18
Повітря	1,29	Кисень	1,43
Водень	0,09	Вуглекислий газ	1,98

10. Питома теплоємність речовин

Речовина	$c, \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)}$	Речовина	$c, \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)}$
Алюміній	0,88	Олово	0,23
Вода	4,19	Ртуть	0,13
Залізо	0,46	Свинець	0,13
Гас	2,1	Срібло	0,21
Лід	2,1	Сталь	0,46
Мідь	0,38	Скло	0,83

11. Питома теплота плавлення речовин

Речовина	$\lambda, \times 10^5 \text{ Дж/кг}$	Речовина	$\lambda, \times 10^5 \text{ Дж/кг}$
Алюміній	3,8	Олово	0,59
Залізо	2,7	Свинець	0,25
Лід	3,3	Цинк	1,2
Мідь	1,8	Чавун сірий	1,0

12. Теплові властивості рідин (питома теплоємність, температура кипіння, питома теплота пароутворення)

Речовина	$c, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$t_{\text{кипіння}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \text{ МДж/кг}$
Вода	4,19	100	2,3
Ртуть	0,12	357	0,29
Спирт	2,4	78	0,85

13. Тиск насиченої водяної пари та її густина при різних температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{ кПа}$	$\rho, 10^{-3} \text{ кг/м}^3$
-5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
0	0,613	4,80	18	2,066	15,4
1	0,653	5,20	19	2,199	16,3
2	0,706	5,60	20	2,333	17,3
3	0,760	6,00	21	2,492	18,3
4	0,813	6,40	22	2,639	19,4
5	0,880	6,80	23	2,813	20,6
6	0,933	7,30	24	2,986	21,8
7	1,000	7,80	25	3,173	23,0
8	1,066	8,30	26	3,359	24,4
9	1,146	8,80	27	3,559	25,8
10	1,226	9,40	28	3,786	27,2
11	1,306	10,0	29	3,999	28,7
12	1,399	10,7	30	4,239	30,3
13	1,492	11,4	40	7,371	51,2
14	1,599	12,1	50	12,33	83,0
15	1,706	12,8	60	19,92	130,0
16	1,813	13,6	80	47,33	293

14. Психрометрична таблиця

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

15. Коефіцієнт поверхневого натягу рідин при 20 °C

Речовина	σ , мН/м	Речовина	σ , мН/м
Вода	73	Молоко	46
Бензин	21	Нафта	30
Гас	24	Ртуть	510
Мильний розчин	40	Спирт	22

16. Модуль пружності (модуль Юнга)

Речовина	$E, \times 10^{10} \text{ Н/м}$	Речовина	$E, \times 10^{10} \text{ Н/м}$
Алюміній	7,0	Мідь	12,0
Дерево (вздовж волокон)	1,0-1,2	Свинець	1,7
Залізо	21,0	Сталь	21,0
Латунь	9,0	Чавун	10,0

17. Питомий опір (при 20 °С) і температурний коефіцієнт опору металів і сплавів

Речовина	$\rho, \times 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ або $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha, \text{ K}^{-1}$	Речовина	$\rho, \times 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ або $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha, \text{ K}^{-1}$
Алюміній	2,8	0,0042	Ніхром	110,0	0,0001
Вольфрам	5,5	0,0048	Свинець	21,0	0,0037
Латунь	7,1	0,001	Срібло	1,6	0,004
Мідь	1,7	0,0043	Сталь	12,0	0,006

18. Електрохімічний еквівалент (мг/Кл)

Алюміній-----0,093

Ніхром-----0,30

Вольфрам-----0,00144

Свинець-----1,118

Латунь-----0,0829

Срібло-----0,18

Мідь-----0,33

Сталь-----0,34

19. Показник заломлення (середній для видимих променів)

Алмаз-----2,42

Повітря-----1,00029

Вода-----1,33

Скло-----1,60

Лід-----1,31

Спирт етиловий-----1,36

20. Робота виходу електронів

Речовина	еВ	Дж $\times 10^{-18}$	Речовина	еВ	Дж $\times 10^{-18}$
Калій	2,2	0,35	Цинк	4,2	0,67
Літій	2,4	0,38	Цезій	1,8	0,29
Срібло	4,3	0,69	Вольфрам	4,5	0,72

21. Заряд питомий q/m

$$\text{Електрон } \frac{e}{m_e} = 1,759 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

$$\text{Протон } \frac{e}{m_p} = 9,578 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг}$$

$$\alpha\text{-частинка } \frac{2e}{m_\alpha} = 4,822 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг}$$

22. Період напіврозпаду деяких радіоактивних ізотопів

Елемент	Символ радіоактивності	Період напіврозпаду	Елемент	Символ радіоактивності	Період напіврозпаду
Уран-238	${}^{238}_{92}\text{U}$	$4,468 \times 10^9$ років	Аргентум	${}^{110}_{47}\text{Ag}$	270 днів
Уран-234	${}^{234}_{92}\text{U}$	$2,45 \times 10^5$ років	Плюмбум-214	${}^{214}_{82}\text{Pb}$	26,8 хв
Торій	${}^{231}_{90}\text{Th}$	25,6 років	Меркурій-206	${}^{206}_{80}\text{Hg}$	8,15 хв
Плюмбум-210	${}^{210}_{82}\text{Pb}$	21,8 років	Полоній-218	${}^{218}_{84}\text{Po}$	3,11 хв
Радій	${}^{228}_{88}\text{Ra}$	5,75 років			

23. Маса деяких ізотопів

Ізотоп	Маса нейтрального атома, а. о. м	Ізотоп	Маса нейтрального атома, а. о. м
${}^1_1\text{H}$ Протій	1,00783	${}^8_4\text{Be}$ Берилій	8,00531
${}^2_1\text{H}$ Дейтерій	2,01410	${}^{10}_5\text{B}$ Бор	10,01294
${}^3_1\text{H}$ Тритій	3,01605	${}^{14}_7\text{N}$ Нітроген	14,00307
${}^3_2\text{He}$ Гелій	3,01602	${}^{16}_8\text{O}$ Оксиген	15,99491
${}^4_2\text{He}$ Гелій	4,00260	${}^{17}_8\text{O}$ Оксиген	16,99913
${}^6_3\text{Li}$ Літій	6,01513	${}^{27}_{13}\text{Al}$ Алюміній	26,98146
${}^7_3\text{Li}$ Літій	7,01601		

ББК 22.3. 3я 73
М 26

Навчальне видання

**М 26 Укрупнені дидактичні одиниці
з фізики у наочних засобах:**

Навчальний посібник, /Юрій Михайлович Мар'їнських,
Дмитро Якович Костюкевич. - К.; ВПФ „Епсілон”, 2008. - 64с.:іл

ISBN 978-966-2956-05-4

**Розробка „Сучасного комплексу з фізики для
загальноосвітніх навчальних закладів”
Ю.М.Мар'їнських.**

Підг. до друку 17.07.2008 Формат 60х84/ 16 Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 3,72. Тираж 750 прим. Зам. №204

Видавничо-поліграфічна фірма ПП”Епсілон” 04078,
м.Київ, вул. Білицька 13-А, тел.: (8-044) 43084-10;
460-12-11.

Свідцтво про внесення до Державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК, №98 від 23.06.2002.