

вна напруга в колі при послідовному з'єднанні, або напруга на полюсах джерела струму, дорівнює сумі напруг на окремих ділянках кола: $U = U_1 + U_2$. 3. Загальний опір кола при послідовному з'єднанні дорівнює сумі опорів окремих провідників або окремих ділянок кола: $R = R_1 + R_2$.

Закони паралельного з'єднання провідників: 1. Напруга на ділянці кола і на кінцях усіх паралельно з'єднаних провідників однакова: $U = U_1 = U_2$. 2. Сила струму в нерозгалуженій частині дорівнює сумі струмів в окремих паралельно з'єднаних провідниках: $I = I_1 + I_2$. 3. Загальний опір кола при паралельному з'єднанні визначається

таким співвідношенням:
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Робота електричного струму — фізична величина, що характеризує перетворення електричної енергії на інші види енергії. Щоб визначити роботу електричного струму на ділянці кола, потрібно напругу на кінцях цієї ділянки помножити на силу струму в ній і на час, протягом якого виконувалася робота: $A = UI t$, де A — робота електричного струму; U — напруга на кінцях ділянки; I — сила струму в колі; t — час, протягом якого виконувалася робота.

Потужність електричного струму — фізична величина, що характеризує здатність електричного струму виконувати певну роботу за одиницю часу: $P = UI$.

Закон Джоуля–Ленца: кількість теплоти, яка виділяється провідником зі струмом, визначається добутком квадрата сили струму, опору провідника й часу проходження струму: $Q = I^2 R t$, де Q — кількість теплоти, яка виділяється провідником зі струмом, I — сила струму у провіднику, R — опір провідника, t — час проходження струму.

Речовини, які під дією розчинника дисоціюють (розпадаються) на йони, називаються **електролітами**. **Електричний струм у розчинах електролітів** — це впорядкований рух позитивних і негативних йонів. Процес виділення речовини на електродах при протіканні електричного струму через розчини або розплави електролітів називається **електролізом**. **Закон електролізу Фарадея:** маса речовини, яка виділяється на електроді за інтервал часу Δt при проходженні електричного струму I , пропорційна силі струму та інтервалу часу: $m = k I \Delta t$, де m — маса виділеної на електроді речовини; k — електрохімічний еквівалент даної речовини (дається у таблицях); I — сила струму в колі; Δt — час проходження електричного струму.

Провідність чистих напівпровідників, яка виникає під час їх нагрівання або освітлення, називається **власною провідністю**. Провідність напівпровідників, викликана електронами домішкових атомів, називається **домішковою провідністю**. Напівпровідники з домішковою електронною провідністю називають **напівпровідниками n -типу** (від латинського слова *negativus* — негативний). Напівпровідники з домішковою дірковою провідністю називають **напівпровідниками p -типу** (від латинського *positivus* — позитивний).

Процес проходження електричного струму через газ називається **газовим розрядом**. **Тліючий розряд** — розряд, який спостерігається при низьких тисках (десяті й соті частки міліметра ртутного стовпа) і напрузі між електродами в кілька сотень вольт. **Електрична дуга** — явище виникнення стовпа газу між двома вугільними електродами, що яскраво світяться. **Коронний розряд** — розряд, світна область якого нагадує корону і який спричиняється при атмосферному тиску поблизу загострених частин провідника, що несе великий електричний заряд. **Іскровий розряд** — розряд, який виникає при високій напрузі між електродами в повітрі і має вигляд пучка яскравих зигзагоподібних смужок, що розгалужуються від тонкого каналу.

Коротким замиканням називають з'єднання кінців ділянки кола провідником, опір якого дуже малий порівняно з опором ділянки кола.

МАГНІТНЕ ПОЛЕ

Магніт (від грец. *магнесійський камінь*) — тіло, яке має магнітні властивості. Предмети, що містять у собі залізо, сталь, нікель, чавун або їх сплави, притягуються магнітами. Папір, скло, пластмаса, мідь не мають магнітних властивостей. Місця магніту, де виявляються

найсильніші магнітні дії, називаються **полюсами магніту**. Будь-який магніт обов'язково має два полюси: **північний і південний**. Різнойменні магнітні полюси двох магнітів притягуються, однойменні — відштовхуються.

Навколо Землі існує магнітне поле й магнітна стрілка встановлюється вздовж його магнітних ліній. Магнітні полюси Землі не збігаються з її географічними полюсами.

Магнітні лінії магнітного поля магніту — це замкнені лінії, які виходять з північного полюса магніту й входять у південний, замикаючись усередині магніту.

Навколо будь-якого провідника зі струмом існує магнітне поле. Лінії, вздовж яких у магнітному полі розміщуються осі маленьких магнітних стрілок, називають **магнітними лініями магнітного поля**. Магнітні лінії магнітного поля струму — це замкнені лінії, які оточують провідник зі струмом. Напрямок магнітних ліній магнітного поля струму пов'язаний з напрямком струму в провіднику. Напрямок ліній магнітного поля можна встановити за **правилом свердлика**: якщо напрям поступального руху свердлика збігається з напрямком струму, то напрям обертання ручки свердлика збігається з напрямом магнітних ліній.

Явище виникнення в замкнутому провіднику електричного струму при перетині цим провідником силових ліній магнітного поля називають **електромагнітною індукцією**. Струм, що виникає при цьому, називається **індукційним**. **Правило правої руки**: якщо розмістити долоню правої руки так, щоб у неї входили силові лінії магнітного поля, а відведений на 90° великий палець направити у напрямку руху провідника, то положення чотирьох пальців руки визначить напрям індукційного струму в провіднику.

АТОМНЕ ЯДРО. ЯДЕРНА ЕНЕРГЕТИКА

Планетарна модель атома: атом складається з позитивно зарядженого масивного ядра, розміри якого порядку 10^{-15} м. Навколо ядра рухаються електрони, утворюючи, так звану, електронну оболонку атома. Заряд ядра дорівнює за значенням сумарному заряду всіх електронів. В ядрі зосереджена майже вся маса атома (99,95 %).

Радіоактивність — це спонтанне перетворення одних ядер в інші, яке супроводжується випромінюванням різних частинок і електромагнітних хвиль.

Правило зміщення (вперше сформулював англійський хімік Содді): під час α -розпаду ядро втрачає позитивний заряд $2e$, а маса зменшується приблизно на 4 атомні одиниці маси. У результаті елемент зміщується на дві клітинки до початку періодичної системи. Якщо ж відбувається β -розпад, то елемент зміщується на одну клітинку ближче до кінця періодичної системи, γ -випромінювання не супроводжується зміною заряду, маса ядра змінюється надзвичайно мало.

Період піврозпаду — основна величина, що характеризує швидкість радіоактивного розпаду. **Закон радіоактивного розпаду**: $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$. Чим менший період піврозпаду, тим менший час життя атомів, тим швидше відбувається розпад. Для різних речовин його значення дуже відрізняються.

Будь-які зміни в опроміненому об'єкті, викликані йонізуючим випромінюванням, називаються **радіаційно-індукованим ефектом**. Основна фізична величина, що характеризує радіоактивне джерело, називається **активністю** A : $A = N/t$, де N — кількість радіоактивних розпадів; t — час. У СІ за одиницю активності прийнято **1 беккерель (1Бк)**. Активності 1 беккерель відповідає один розпад за секунду. В практичній дозиметрії та радіаційній фізиці використовується й інша одиниця активності — **1 кюрі (1Ки)**: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Поглинутою дозою випромінювання (D_n) називається відношення поглинутої дози енергії E_n до маси m опроміненої речовини: $D_n = E/m$. За одиницю поглинутої дози вибраний **1 рад (rad)** — за першими буквами англійського словосполучення «radation absorbed dose» — поглинута доза випромінювання). **1 рад** — це доза, при якій опроміненій речовині масою в 1 кг передається енергія 10^{-2} Дж. У СІ поглинуту дозу випромінювання визначають у **греяхх (Гр)**. **1 грей** дорівнює поглинутій дозі, при якій опроміненій речовині масою 1 кг передається енергія йонізуючого випромінювання в 1 Дж.

Експозиційна доза (D) — міра йонізаційної дії випромінювання на повітря і м'які тканини, при якій в 1 кг сухого повітря при нормальних умовах утворюються йони кожного знака, що мають заряд 1 Кл: $D = q/m$, де q — заряд тіла; m — маса речовини. У практичній дозиметрії використовують експозиційну дозу випромінювання — **1 рентген (1 Р)**. **1 рентген** — це така експозиційна доза рентгенівського чи γ -випромінювання, при якій в 1 см³ сухого повітря ($1,29 \cdot 10^{-6}$ кг) при 0 °С і тиску 760 мм рт.ст. утворюються йони, які несуть заряд кожного знаку, що дорівнює $3,34 \cdot 10^{-10}$ Кл. $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг, $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^8 \text{ Р}$. $1 \text{ рад} = 1,1 \text{ Р}$.

Еквівалентна доза (D_e) — це поглинута доза, помножена на коефіцієнт, що відображає здатність випромінювання певного типу діяти на тканини організму: $D_e = K \cdot D_{\text{пр}}$. Коефіцієнт K називається **відносною біологічною ефективністю** (ВБЕ), або коефіцієнтом якості. Для рентгенівського, γ - і β -випромінювання $K = 1$. Для теплових нейтронів $K = 5$, для швидких нейтронів і протонів $K = 10$, для α -частинок $K = 20$. Одиницею еквівалентної дози в СІ є **1 зіверт (1 Зв)** (на честь шведського радіобіолога Р. Зіверта). $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$ для рентгенівського, α - і β -випромінювання. Помноживши еквівалентні дози на відповідні коефіцієнти радіаційного ризику для всіх органів і тканин та підсумувавши їх, дістанемо значення **ефективної еквівалентної дози**, що відображає сумарний ефект опромінення організму. Підсумувавши індивідуальні ефективні еквівалентні дози, що були одержані групою людей, ми знайдемо **колективну ефективну еквівалентну дозу**. Її одиницею в СІ є 1 людино-зіверт.

Дозиметри — прилади для вимірювання доз випромінювання в даному місці приміщення.

10 КЛАС ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ

Механічний рух — це зміна з часом взаємного положення в просторі матеріальних тіл або взаємного положення частин даного тіла. Розділ фізики, в якому пояснюється механічний рух матеріальних тіл і взаємодії, які при цьому відбуваються між тілами, називають **механікою**. **Кінематика** — розділ механіки, в якому вивчаються рухи матеріальних тіл без урахування їх мас і сил, що на них діють. Будь-який рух, а також спокій тіла (в деяких окремих випадках) відносні.

Матеріальною точкою є тіло, розмірами якого за даних умов руху можна знехтувати.

Тіло, відносно якого визначають положення інших тіл у різні моменти часу, називається **тілом відліку**. Тіло відліку, з яким пов'язана система координат, і годинник для вимірювання часу, утворюють **систему відліку**.

Правило трикутника: якщо початок вектора \vec{v}_2 помістити в кінець першого \vec{v}_1 , то з'єднавши початок вектора \vec{v}_1 з кінцем вектора \vec{v}_2 , отримаємо результуючий вектор \vec{v} , що співпадає з гіпотенузою трикутника. **Правило паралелограма**: якщо початки векторів \vec{v}_1 і \vec{v}_2 помістити в одну точку і побудувати паралелограм, то результуючим вектором \vec{v} буде напрямлений відрізок, що дорівнює його більшій діагоналі. Щоб знайти проекції вектора на координатні осі, потрібно з його початку і кінця опустити перпендикуляри на координатні осі, з'єднати точки перетину перпендикулярів з осями, отримаємо відрізки, які і є проекціями вектора.

Траєкторією руху точки називається уявна лінія, яку описує тіло під час руху. **Шлях** — це довжина траєкторії, яку описує тіло або матеріальна точка під час руху за певний інтервал часу. **Переміщення точки** — це вектор або напрямлений відрізок прямої, який сполучає початкове положення точки з її кінцевим положенням.

Прямолінійним рівномірним рухом називається рух, при якому тіло за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення. **Швидкість прямолінійного рівномірного руху** — це векторна фізична величина, яка характеризує переміщення тіла за одиницю часу і визначається відношенням переміщення тіла до інтервалу часу,

протягом якого це переміщення відбулося: $\vec{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$. **Рівняння прямолінійного рів-**

номірного руху має вигляд: $x = x_0 \pm v_x t$. **Правило додавання переміщень:** $\bar{s} = \bar{s}_1 + \bar{s}_2$.

Правило додавання швидкостей: $\bar{v} = \bar{v}_1 + \bar{v}_2$.

Якщо серед інтервалів часу є такі рівні інтервали, за які тіло здійснює неоднакові переміщення, рух називається **нерівномірним**. **Середньою швидкістю нерівномірного руху** називається векторна фізична величина, яка характеризує переміщення, що його тіло в середньому здійснює за одиницю часу, і визначається відношенням переміщення тіла до інтервалу часу, протягом якого це переміщення відбулося:

$$\bar{v}_c = \frac{\bar{s}}{t} = \frac{\bar{s}_1 + \bar{s}_2 + \dots + \bar{s}_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \text{ де } \bar{s}_1, \bar{s}_2, \dots, \bar{s}_n \text{ — переміщення тіла за відповідні інтервали часу}$$

t_1, t_2, \dots, t_n . **Миттєвою швидкістю руху тіла**, або швидкістю в даній точці, називається векторна фізична величина, яка характеризує переміщення тіла за одиницю часу, коли швидкість руху тіла, починаючи з даного моменту, перестає змінюватися за напрямом і значенням.

Рух тіла, під час якого його швидкість за будь-які рівні інтервали часу змінюється однаково, називають **рівноприскореним рухом**. **Прискоренням тіла** в його рівноприскореному прямолінійному русі називають векторну фізичну величину, яка характеризує зміну швидкості за одиницю часу і дорівнює відношенню зміни швидкості руху тіла до інтервалу часу, протягом якого ця зміна відбулася: $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$. Якщо у

вибраний початковий момент часу $t = 0$ швидкість руху тіла дорівнює \bar{v}_0 , а в момент часу t вона дорівнює \bar{v} , то маємо $\Delta t = t$, $\Delta \bar{v} = \bar{v} - \bar{v}_0$. Тоді: $\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t}$, де \bar{a} — прискорення руху тіла; \bar{v}_0 — початкова швидкість руху тіла; \bar{v} — його кінцева швидкість руху; t — час, протягом якого ця зміна відбувалася. З формули прискорення легко визначити миттєву швидкість руху тіла в будь-який момент часу: $\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t$. Якщо спроектувати вектори на вісь Ox , вираз набуває вигляду: $v_x = v_{0x} \pm a_x t$. Ця формула дає можливість визначити швидкість руху тіла v_x у момент часу t , якщо відома його початкова швидкість v_{0x} і прискорення a_x . Вона виражає **закон зміни швидкості рівнозмінного прямолінійного руху**.

За його допомогою ми маємо змогу вивести кінематичне рівняння шляху для рівноприскореного руху: $\bar{s} = \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a}t^2}{2}$, або в проекціях на вісь Ox : $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$.

Якщо врахувати, що $\bar{s} = x = x_0$, то рівняння руху тіла в рівноприскореному прямолінійному русі матиме такий вигляд: $x = x_0 + \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a}t^2}{2}$. Під час розв'язування задач,

коли потрібно визначити пройдений тілом шлях під час рівноприскореного руху, і не відомо, скільки часу минуло від початку руху тіла, а відомі прискорення, початкова швидкість і миттєва швидкість руху тіла у кінці переміщення, то користуються

$$\text{формулою: } l = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Рівномірним рухом тіла по колу називають такий рух, при якому швидкість тіла змінюється за напрямом, але не змінюється за значенням. **Лінійна швидкість тіла**, що рівномірно обертається по колу, весь час змінюється за напрямом і в будь-якій точці траєкторії напрямлена по дотичній до дуги цього кола, має сталі значення. Вона

визначається за формулою: $v = \frac{2\pi R}{t}$, де v — лінійна швидкість руху тіла по колу;

R — радіус кола; t — час руху тіла. **Кутова швидкість тіла** — це фізична величина, яка показує, як швидко змінюється кут повороту тіла, і визначається відношенням

зміни кута $\Delta\varphi$ до інтервалу часу Δt , за який ця зміна відбулася: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$. **Період обертання** — це час, протягом якого тіло робить один повний оберт по колу: $T = \frac{t}{N}$, де t — час обертання; N — кількість зроблених обертів. Величину, обернену до періоду обертання, називають **частотою обертання**: $n = \frac{1}{T}$. **Частота обертання тіла** n визначає кількість обертів тіла навколо центра обертання за 1 секунду: $n = \frac{N}{t}$. Якщо пригадати, що лінійна швидкість тіла $v = \frac{2\pi R}{T}$, знайдемо її зв'язок з кутовою швидкістю: $v = \omega R$. **Прискорення тіла, яке рівномірно рухається по колу**, в будь-якій його точці доцентрове, тобто напрямлене по радіусу кола до його центра: $a = \frac{v^2}{R}$.

ОСНОВИ ДИНАМІКИ

Динаміка (від грецького слова динаміс — сила) — розділ механіки, в якому вивчається рух тіл у зв'язку з їх взаємодією з іншими тілами.

Силою називають векторну фізичну величину, що характеризує механічну дію одного тіла на інше і є мірою цієї дії. Силу, яка замінює дію на матеріальну точку декількох сил, називають **рівнодійною цих сил**.

Перший закон Ньютона: існують такі системи відліку, відносно яких тіло, що рухається поступально, зберігає свою швидкість сталою, якщо на нього не діють інші тіла (або дії інших тіл компенсуються).

Інертністю називають властивість тіл, яка виявляється в тому, що швидкість їх руху залишається незмінною до тих пір, поки на них не подіють інші тіла. У процесі ж взаємодії їх швидкість не може змінитися миттєво, а змінюється поступово. Системи відліку, в яких виконується закон інерції, отримали назву **інерціальних**. Системи відліку, в яких закон інерції не виконується, називаються **неінерціальними**.

Другий закон Ньютона: сила, що діє на тіло, дорівнює добутку маси тіла і його прискорення, наданого цією силою: $\vec{F} = m\vec{a}$. З отриманої формули можна отримати вираз для прискорення \vec{a} : $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$. Прискорення матеріальної точки прямо пропорційне

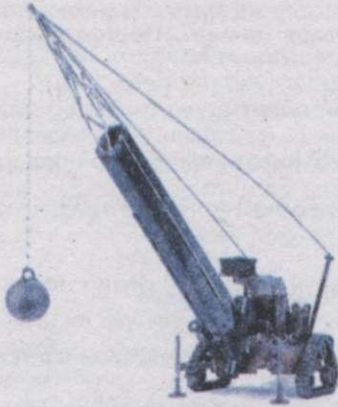
прикладеній до неї силі, обернено пропорційне до маси цієї точки і напрямлене у бік дії сили.

Третій закон Ньютона: сили, з якими які-небудь два тіла діють одне на одне, завжди рівні за значенням, але протилежні за напрямом: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

Закон всесвітнього тяжіння: сила гравітаційного притягання будь-яких двох частинок прямо пропорційна добутку їх мас і обернено пропорційна квадрату відстані між ними: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, де G — коефіцієнт пропорційності, який називається **гравітаційною сталою**.

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$. **Фізичний зміст гравітаційної сталої** полягає в тому, що вона дорівнює силі, з якою притягуються дві частинки масами по 1 кг кожна, що знаходяться на відстані 1 м одна від одної.

Сила, з якою Земля притягує до себе тіла, називається **силою тяжіння**, а гравітаційне поле Землі — **полем тяжіння**: $F_{\text{тяж}} = m\vec{g}$. Силу \vec{P} , з якою тіло внаслідок його притягання до Землі діє на опору або підвіс, називають **вагою**: $\vec{P} = m\vec{g}$. Стан тіла, при якому його вага перевищує силу тяжіння, називають **перевантаженням**. Кількісно перевантаження характе-



ризують відношенням $\frac{a}{g}$, яке позначають літерою n і називають

коефіцієнтом перевантаження. При n -кратному перевантаженні, тобто коли $a = ng$, вага людини (і будь-якого іншого тіла) збільшується в $(1+n)$ разів. Стан тіла, при якому вага тіла дорівнює нулю, називається **невагомістю**.

Силою пружності називають силу, що виникає в тілі при його деформації. Сила пружності пропорційна абсолютній деформації і направлена протилежно силі, що деформує тіло: $F_{\text{пр}} = -k\Delta l$.

Тертя, що виникає між нерухомими одна відносно одної поверхнями, називають **тертям спокою**. Сила тертя спокою залежить від сили тиску N і матеріалів дотичних поверхонь: $F_{\text{тер}} = \mu_0 N$. Величину μ_0 називають **коефіцієнтом тертя спокою**.

Силу тертя, що виникає при русі одного тіла по поверхні іншого, називають силою тертя ковзання; направлена вона протилежно переміщенню тіла відносно стичного з ним

тіла: $F_{\text{тер}} = \mu_{\text{ковз}} N$. **Сила тертя кочення** визначається за формулою: $F_{\text{тер}} = \mu_{\text{коч}} \frac{N}{R}$.

Коефіцієнт $\mu_{\text{коч}}$ називають **коефіцієнтом тертя кочення**.

Щоб тіло, яке може рухатися поступально (без обертання), знаходилося в рівновазі, необхідно, щоб геометрична сума сил, прикладених до тіла, дорівнювала нулю.

Щоб тіло, яке не має вісі обертання, знаходилося в рівновазі, необхідно, щоб сума проекцій прикладених до тіла сил на будь-яку вісь дорівнювала нулю.

Фізична величина, яка визначається добутком модуля сили \vec{F} і її плеча d , називається **обертальним моментом**, або **моментом сили** відносно осі обертання: $\vec{M} = \vec{F}d$.

Правило моментів: тіло, здатне обертатися навколо закріпленої осі, знаходиться в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів прикладених до нього сил відносно цієї осі дорівнює нулю: $F_1 d_1 = F_2 d_2$ або $F_1 d_1 - F_2 d_2 = 0$. Для того, щоб тіло знаходилося в рівновазі, необхідно, щоб дорівнювала нулю геометрична сума прикладених до тіла сил і сума моментів цих сил відносно осі обертання. **Правило важеля**: важіль знаходиться в рівновазі, коли сили, що діють на нього, обернено пропорційні плечам:

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$. **Рівновага тіла стійка**, якщо при малому відхиленні від рівноважного положення

рівнодійна сил, прикладених до тіла, повертає його до положення рівноваги. **Рівновага нестійка**, якщо при малому відхиленні тіла від положення рівноваги рівнодійна сил, прикладених до тіла, віддаляє його від цього положення.

Імпульсом тіла або кількістю руху тіла називають добуток маси тіла і його швидкості руху: $\vec{p} = m\vec{v}$. Зміна імпульсу тіла дорівнює, як видно з формули $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$, добутку сили \vec{F} і часу її дії t . Величина $\vec{F}t$ також має особливу назву. Її називають **імпульсом сили**. Зміна імпульсу (кількості руху) тіла дорівнює імпульсу сили. **Закон збереження імпульсу**: геометрична сума імпульсів тіл, що є складовими замкнутої системи, залишається сталою при будь-яких взаємодіях тіл цієї системи між собою: $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$.

Енергією поступального руху називають таку механічну величину, яка однакова в усіх тіл, що починають рухатися за рахунок однакової зміни якої-небудь іншої форми

руху. **Кінетична енергія тіла**: $E_k = \frac{mv^2}{2}$. Фізичну величину A , яка дорівнює зміні кінетичної енергії ΔE_k тіла в результаті дії на нього сили F , називають **роботою**: $A = \Delta E_k$.

$A = Fscos\alpha$. Енергію, яка залежить тільки від координат тіла або взаємного розташування тіл, називають **потенціальною енергією тіла**. **Потенціальною енергією піднятого над Землею тіла** називають таку фізичну величину E_p , яка при вільному па-

дінні тіла зменшується рівно на стільки, на скільки зростає його кінетична енергія E_k : $\Delta E_p = -\Delta E_k$. $E_p = mgh$. Потенціальна енергія E_p пружно деформованого тіла дорівнює половині добутку його жорсткості k і квадрату деформації x : $E_p = \frac{kx^2}{2}$. **Закон**

збереження механічної енергії: повна механічна енергія системи тіл, що взаємодіють між собою консервативними силами, залишається сталою: $E = E_k + E_p = \text{const}$. **Енергія тіла ніколи не зникає і не з'являється знову: вона лише перетворюється з одного виду на інший.**

РЕЛЯТИВІСТСЬКА МЕХАНІКА

Усі явища природи в інерціальних системах відліку за однакових початкових умов протікають однаково. В усіх інерціальних системах відліку швидкість поширення світла у вакуумі однакова і дорівнює 300 000 км/с. Між масою і енергією в природі існує певне кількісне співвідношення: **кожній одиниці маси відповідає строго певна кількість енергії:** $E = mc^2$.

У природі не існує єдиних універсальних для всіх систем відліку часу і довжини. Абсолютна довжина і абсолютний час — ці поняття позбавлені фізичного змісту і не мають реального змісту. Ні в одній системі відліку ніяке тіло або частинка не може рухатися зі швидкістю, більшою за швидкість поширення світла у вакуумі. Швидкість поширення світла у вакуумі є гранично можливою швидкістю передачі енергії від однієї точки простору до іншої.

Довжина тіла у будь-якій інерціальній системі відліку, відносно якої воно переміщується, менша його власної довжини: $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Якщо події відбуваються

в одній і тій же точці, то час: $\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Явища, які виникають у системах відліку, що рухаються відносно спостерігача зі швидкістю, близькою до швидкості поширення світла, називаються **релятивістськими** (від лат. *relativ* — відносний).

ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ, РІДИН, ТВЕРДИХ ТІЛ

Теорія, яка пояснює теплові явища в макроскопічних тілах і внутрішні властивості цих тіл на основі уявлень про те, що всі тіла складаються з окремих частинок, які рухаються хаотично, називається **молекулярно-кінетичною теорією**. В основі молекулярної фізики лежить декілька **положень**, які стосуються структури речовини і закономірностей руху частинок, що входять до складу речовини: 1. Речовина складається з частинок (атомів і молекул). 2. Молекули (атоми) всіх тіл знаходяться в безперервному тепловому русі. 3. Молекули (атоми) взаємодіють між собою — залежно від відстані між частинками вони притягуються або відштовхуються.

Броунівський рух — це тепловий рух завислих у рідині або газі частинок. Процес взаємного проникнення частинок однієї речовини у міжмолекулярні проміжки іншої без дії зовнішніх сил називається **дифузією**. Сили, що діють між атомами і молекулами речовини, називаються **молекулярними силами**. Область простору, в якій діють молекулярні сили, називається **сферою молекулярної дії**, радіус цієї сфери близько 10^{-9} м. Відстань між частинками, що знаходяться в стані рівноваги, називається **рівноважною відстанню**.

Маса атома, виміряна в атомних одиницях маси, називається **атомною масою**. Маса молекули, виміряна в атомних одиницях маси, називається **молекулярною масою**. Кількість речовини, маса якої в грамах дорівнює його молекулярній або атомній масі, називається **молем даної речовини**. **Стала Авогадро:** в одному молі будь-якої речовини міститься однакове число атомів або молекул: $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль (моль⁻¹). Зна-

ючи сталу Авогадро N_A і масу одного моля μ можна визначити масу атома або молекули досліджуваної речовини: $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$. Величина, яка визначається відношенням числа структурних елементів N , з яких складається дане тіло, до атомів N_A , що містяться в одному молі Карбону, називається **кількістю речовини**: $\nu = \frac{N}{N_A}$, $\nu = \frac{m}{\mu}$. За одиницю кіль-

кості речовини в СІ приймається така її кількість, яка міститься в одному молі Карбону.

Ідеальний газ — це газ, взаємодія між молекулами якого така мала, що нею можна знехтувати. **Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів** (рівняння Клаузіуса): тиск ідеального газу пропорційний добутку кількості молекул в одиниці об'єму газу і середньої кінетичної енергії поступального руху молекул: $p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2$, $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$.

Нульова температура за абсолютною шкалою відповідає абсолютному нулю, а кожна одиниця температури за цією шкалою дорівнює градусу на шкалі Цельсія: $T = t + 273$.

Стала Больцмана пов'язує температуру в енергетичних одиницях з температурою у кельвінах: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Рівняння Менделєєва–Клапейрона: $pV = \frac{m}{\mu} RT$. Універсальна газова стала:

$$R = N_A k = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} = 8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}.$$

Кількісні залежності між двома параметрами газу при фіксованому значенні третього параметра називають **газовими законами**. Процеси, що відбуваються при незмінному значенні одного з параметрів, називають **ізопроцесами**. Процес зміни стану термодинамічної системи при сталій температурі називають **ізотермічним**. **Закон Бойля–Маріотта**: для даної маси газу добуток тиску газу і його об'єму сталий, якщо температура газу не змінюється: $pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$ і $m = \text{const}$. Процес зміни стану термодинамічної системи при сталому тиску називають **ізобарним** (від грец. *барос* — вага). **Закон Гей-Люссака**: для даної маси газу відношення об'єму до температури стало, якщо тиск газу не змінюється: $\frac{V}{T} = \text{const}$ при $T = \text{const}$ і $m = \text{const}$. Процес

зміни стану термодинамічної системи при сталому об'ємі називають **ізохорним** (від грец. *хорема* — місткість). **Закон Шарля**: для даної маси газу відношення тиску до температури стало, якщо об'єм газу не змінюється: $\frac{p}{T} = \text{const}$ при $T = \text{const}$ і $m = \text{const}$.

Пара, що знаходиться в динамічній рівновазі зі своєю рідиною, називається **насиченою**. Пара, що не знаходиться в стані динамічної рівноваги зі своєю рідиною, називається **ненасиченою**. Незалежний від об'єму тиск пари p_n , при якому рідина перебуває в рівновазі зі своєю парою, називають **тиском насиченої пари**. Згідно з формулою $p_n = \rho n k T$ тиск пари зростає не тільки внаслідок підвищення температури, а й внаслідок збільшення концентрації молекул (густини) пари. Процес пароутворення, що відбувається в об'ємі всієї рідини, називається **кипінням**. Кипіння рідини настає за умови, коли тиск насиченої пари дорівнює зовнішньому тиску на її вільну поверхню, а температура всіх шарів рідини однакова. Температура, при якій тиск насиченої водяної пари середини рідини дорівнює зовнішньому тиску, називається **температурою кипіння**. Температура кипіння рідини при нормальному атмосферному тиску називається **точкою кипіння**.

Кількість водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря, називається **абсолютною вологістю повітря**. Температура, при якій водяна пара, що знаходиться в атмосферному повітрі, стає насиченою, називається **точкою роси**. Кількість водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря в стані насичення (при точці роси), називається **максимальною вологістю повітря**. Відношення абсолютної вологості повітря ρ до його максимальної вологості ρ_n при даній температурі називається **відносною вологістю**

повітря: $\varphi = \frac{p}{p_H} 100\%$. Тиск, який чинила б водяна пара, коли б не було інших газів,

називають **парціальним тиском водяної пари**. **Відносною вологістю повітря** φ називають відношення парціального тиску p водяної пари, яка є в повітрі при даній температурі, до тиску p_H насиченої пари при тій самій температурі: $\varphi = \frac{p}{p_H} 100\%$.

Величина, яка вимірюється силою поверхневого натягу, що діє на кожну одиницю довжини контуру, який обмежує вільну поверхню рідини, називається **коефіцієнтом поверхневого натягу**: $\sigma = \frac{F}{l}$, де F — сила поверхневого натягу; l — довжина контуру.

Змочування — це явище, яке виникає внаслідок взаємодії рідини з молекулами твердих тіл і зумовлює викривлення поверхні рідини біля поверхні твердого тіла. **Під капілярними явищами** розуміють піднімання або опускання рідини у вузьких трубках — капілярах, — порівняно з її рівнем у широких трубках. Висота підняття змочувальної рідини в капілярі визначається так: $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$, де σ — коефіцієнт поверхневого натягу;

ρ — густина рідини; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; r — радіус трубки (капіляра); h — висота підняття рідини в капілярі.

Тверде тіло, яке складається з великої кількості маленьких кристаликів, називають **полікристалічним**. **Поодинокі кристали називають монокристалами**. Незалежність фізичних властивостей речовини від напрямку називається **ізотропністю**. Залежність фізичних властивостей речовини від напрямку називається **анізотропією**. **Аморфні тіла** — це тіла, які не мають точного порядку в розташуванні атомів. Певної температури плавлення аморфні тіла не мають.

Деформація, яка повністю зникає після припинення дії зовнішніх сил, називається пружною **деформацією**. Деформація, яка не зникає після припинення дії зовнішніх сил, називається **пластичною деформацією**. Збільшення довжини тіла (стержня) при дії на нього двох рівних за модулем, але протилежних за напрямком сил називається **деформацією розтягу**. Зменшення довжини тіла під дією двох рівних за значенням і направлених назустріч одна одній сил, називається **деформацією стиснення**. Зсув паралельних шарів тіла один відносно одного під дією двох паралельних, але протилежно направлених сил, називається **деформацією зсуву**. Поворот паралельних шарів тіла один відносно одного під дією двох сил називається **деформацією кручення**. Згинання (вигинання) тіла під дією сили, направленої перпендикулярно його осі, називається деформацією **поперечного згину**. Величина, що вимірюється силою внутрішньої напруги, яка діє на одиницю площі поперечного перерізу деформованого тіла, називається **механічною напругою**: $\sigma = \frac{F}{S}$. Механічна напруга, що виникає в

речовині при відносній деформації $\epsilon = 1$, називається **модулем пружності** k . Механічна напруга пружно деформованого тіла прямо пропорційна відносній деформації і модулю пружності речовини, з якої воно виготовлене: $\sigma = k\epsilon$. Це співвідношення носить назва **закону Гука**.

ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

Будь-яке макроскопічне тіло має енергію, яка зумовлена його мікростаном, а саме кінетичною енергією хаотичного руху його молекул і потенціальною енергією

їх взаємодії. Таку енергію називають **внутрішньою енергією**: $U = \frac{3m}{2\mu} RT$.

Закон збереження і перетворення енергії при всіх процесах, які відбуваються в природі: **енергія не виникає і не зникає, а лише перетворюється в рівних кількостях з одного виду в інший.**

Перший закон термодинаміки: кількість теплоти Q частково йде на збільшення її внутрішньої енергії ΔU і частково на виконання системою роботи A над зовнішніми тілами: $Q = \Delta U + A$.

Робота, виконана газом під час ізобарного розширення проти зовнішніх сил, дорівнює добуткові тиску газу на приріст його об'єму: $A = p(V_2 - V_1)$.

Адіабатний процес — це термодинамічний процес зміни параметрів газу, що відбувається в теплоізоляційній системі, тобто за відсутності теплообміну з навколишніми тілами. Оскільки в такому разі $Q = 0$, то згідно з першим законом термодинаміки вся виконана робота йде на зміну внутрішньої енергії системи: $A = \Delta U$.

Тепловий двигун — це пристрій, який перетворює внутрішню енергію палива в механічну. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна визначається співвідношеннями: $\eta = \frac{A_1 - A_2}{A_1}$, $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

Ефективність роботи холодильної машини характеризують **холодильним коефіцієнтом**, який визначається відношенням тієї кількості теплоти Q_2 , що отримана від поршня з нижчою температурою до роботи A' , яка витрачається на приведення

холодильної машини в дію: $\epsilon = \frac{Q_2}{A'} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$.

Другий закон термодинаміки (уперше сформулював німецький учений Р. Клаузіус у 1850 році): у природі неможливий процес, під час якого теплота самочинно переходила б від менш нагрітих до більш нагрітих тіл. У. Томсон (лорд Кельвін) дав інше формулювання другого закону термодинаміки: неможливо здійснити такий періодичний процес, єдиним результатом якого буде виконання роботи за рахунок теплоти, відібраної у нагрівника.

ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ

Фізичні задачі навколо нас

1. Як потрібно з'єднати два однакові конденсатори, щоб ємність збільшилася (зменшилася) у 2 рази?
2. Три конденсатори різної ємності з'єднано: а) паралельно; б) послідовно. Які різниці потенціалів між обкладками окремих конденсаторів у тому й іншому випадках? Які заряди конденсаторів?
3. Чому з двох конденсаторів однакової ємності та з однаковими діелектриками той, який розрахований на вищу напругу, має великі розміри?
4. Два конденсатори різної ємності з'єднано паралельно. Який з них має більшу енергію?
5. На конденсаторі вказується робоча напруга, а іноді і напруга, під якою випробуваний конденсатор. Що означають значення цієї напруги? Чому не можна перевищувати цю напругу при експлуатації конденсатора?
6. Чому взаємодія провідників, по яких тече струм, не можна пояснити на основі закону Кулона?
7. Як дізнатися, чи намагнічене старе ножівочне полотно чи ні, не користуючись приладами або іншими тілами?
8. Як за допомогою сильного магніту (краще підковоподібного) визначити, постійним чи змінним струмом живиться електрична лампочка?
9. Існує гіпотеза про те, що магнітне поле Землі обумовлене кільцевим електричним струмом, який тече в розплавленому металевому ядрі Землі. В якому напрямі повинні рухатися електрони, щоб забезпечити полярність земного магнітного поля, що існує?
10. Чи залежить період коливань гойдалок від того, як гойдаються на них: сидячи або стоячи?
11. Для запису коливального руху використовують лійку у вигляді конуса, наповнену піском. Пісок висипається з лійки і залишає слід на пластині, що рівномірно переміщається під лійкою. Чи змінюється частота коливань такого маятника у міру висипання піску?
12. Якщо настінні маятникові годинники відстають, то що треба зробити, щоб відновити правильність їх ходу?
13. Прислухайтесь до ходу різних годинників. Легко помітити, що тривалість «цокання» годинників різних марок неоднакова, хоча всі вони справно відміряють звичні нам інтервали часу в секундах, хвилинах, годинах. Які інтервали часу відміряє годинник своїм «цоканням»?
14. У відрі несуть воду. Якщо відро починає сильно розгойдуватися, то вода виплескується. Досить змінити частоту кроків, щоб це явище припинилося. Чому?
15. Для захисту портових споруд від морських хвиль акваторію порту захищають суцільною кам'яною стіною-молотом. Чому не можна обмежитися

установкою тільки окремих паль, розділених проміжками, які поглинали б енергію морських хвиль?

16. Чому при деякій швидкості руху шибки в автобусі починають деренчати?

17. Коливальний контур складається з котушки постійної індуктивності і конденсатора змінної ємності з пластинами, що розсуваються. Що потрібно зробити з пластинами конденсатора, щоб настроїти контур на прийом довших хвиль?

18. Якщо ввімкнутий кишеньковий приймач помістити в каструлю і закрити кришкою, то радіоприйом відразу ж припиниться. Чому?

19. Яке походження «трісків», що заважають прийому радіопередачі радіоприймачем?

20. Чому порушується радіозв'язок на коротких хвилях у гірській місцевості?

21. Чому погіршується або зовсім припиняється радіоприйом в автомобілях при проїзді їх під мостами або в тунелі?

22. Як зміниться частота електромагнітних коливань у закритому коливальному контурі, якщо в його котушку ввести залізне осердя?

23. Як відомо, антени системи радіомовлення вмонтовують вертикально, а телеантени — горизонтально. Чим пояснити таку особливість монтування антен?

24. Чому метали відбивають і поглинають електромагнітні хвилі?

25. Як здійснюється настроювання радіоприймача на частоту радіостанції?

26. Увімкніть і вимкніть кілька разів освітлення в кімнаті в той час, коли працює радіоприймач. Що ви спостерігаєте? Чому спостережуваний ефект не залежить від того, на яку довжину хвилі настроєно радіоприймач?

27. Чому працюючі електричні дзвінки, швейні машини, пирососи, праски з терморегуляторами, лампи денного світла можуть бути джерелами радіоперешкод. Нерідко стверджують, що працюючі рентгенівські установки, і трактори також, створюють радіоперешкоди. Чи так це насправді?

28. Чому змінюється забарвлення крил комах, якщо їх розглядати під різними кутами?

29. Чи можна «загасити» світло світлом? Як це зробити?

30. Яка приблизно товщина плівки мильної бульбашки в місцях, де вона здається блакитною?

31. Який шлях пройде фронт хвилі монохроматичного світла у вакуумі за той же час, за який він проходить 1 м у воді?

32. При виготовленні штучних перламутрових гудзиків на їх поверхні роблять найдрібніше штрихування. Чому після цього гудзик набуває кольорового забарвлення?

33. Плоскопаралельну пластинку освітлюють білим світлом. Чи зміниться колір пластинки при зміні кута падіння на неї променів світла?

34. Чому на фотографіях зоряного неба, отриманих за допомогою телескопа, зображення зірок виходять не у вигляді точки, а у вигляді дифракційних кругів?

35. Як впливає число штрихів дифракційної ґратки на відстань між смугами і на їх розміри в спектрах ґратки?

36. Як зміниться вид спектрів дифракційної ґратки, якщо її занурити у воду?

37. Хоча грампластинка має всього 3—5 штрихів на 1 мм, у відбитому від неї світлі при великих кутах падіння виразно видно дифракційний спектр. Поясніть походження спектра. Яке значення при його виникненні має кут падіння?

38. Якщо на мокрий асфальт падає крапля бензину, утворюється пляма, забарвлена у барви веселки. Який механізм утворення кольорових плям? Проаналізуйте і поясніть це явище.

39. Які кольори з'являються на поверхні елемента паяльника, що нагрівається, у міру підвищення температури? Який механізм цього явища?

40. Поясніть наявність веселкового забарвлення в автомобільному склі. Чи змінюватимуться кольори, якщо розглядати скло під різними кутами?

41. У шматку картону зробіть голкою отвір і подивіться через нього на розжарену нитку лампи розжарювання. При цьому лист з отвором розташуйте на відстані 25—30 см від ока. Що ви бачите? Подивіться на цю нитку через пташине перо, батистову хусточку або капронову тканину. Що ви спостерігаєте? Чи однакові результати дослідів? Чому?

42. Якщо дивитися через поляризаційну пластинку на ясне небо, то при її поверненні інтенсивність пропущеного світла змінюється удвічі. Якщо через пластинку розглядати хмару, це явище не спостерігається. Чим це пояснити?

43. Подивіться через поляроїд на відблиски на блискучій поверхні, на небо під кутом 90° до напрямку на Сонце, на веселку. Спостерігайте зміну видимої яскравості при повороті поляроїда. Як ви поясните побачене?

44. Чи однакова швидкість поширення червоного і фіолетового випромінювань у вакуумі, у воді?

45. У чому відмінність дифракційного спектра білого випромінювання від призматичного?

46. Доведіть, що під час переходу монохроматичного світла з одного середовища в інше, показники заломлення яких різні, довжини хвиль пропорційні швидкостям поширення світла у цих середовищах.

47. Яке тіло називається білим? Яке тіло називається чорним?

48. Яким здаватиметься колір зеленого листя, якщо дивитися на нього через червоний або зелений світлофільтр?

49. Чому вдень, при яскравому сонячному світлі, на великій глибині в морях і океанах темно?

50. Коричневий колір відсутній у суцільному спектрі. Як виникає цей колір?

51. Як впливають перша і друга поверхні призми на розкладання білого світла на спектр?

52. Білий промінь світла переходить зі скляної призми в повітря. Що при цьому відбувається?

53. На чорний екран наклеїли горизонтальну вузьку смужку білого паперу. Якими здаватимуться верхній і нижній краї цього паперу, якщо на нього дивитися крізь призму, обернену заломлюючим ребром угору?

54. У посудину із зеленого скла налейте червоне чорнило. Якого кольору здається чорнило? Чому?

55. Якого кольору повинні здаватися трава і листя дерев, якщо розглядати їх через фіолетовий світлофільтр?

56. Світлофор дає три сигнали: червоний, жовтий, зелений, тоді як усередині нього встановлені звичайні лампи розжарювання. Чому і як утворюються різноколірні сигнали світлофора?

57. Чому на транспорті сигнал небезпеки червоного кольору?
58. Чому із Землі небо здається блакитним, а з Місяця — чорним?
59. Чому художники пишуть фарбами тільки при денному освітленні?
60. Чому атоми кожного хімічного елемента мають строго певний лінійчастий спектр випромінювання і поглинання?
61. Чим розрізняються лінійчасті спектри випромінювання різних хімічних елементів?
62. Який фізичний сенс фраунгоферових ліній у суцільних спектрах Сонця і зірок?
63. Чи випромінюють електромагнітні хвилі дрова, що горять?
64. За якою властивістю ультрафіолетового випромінювання легко виявити його існування?
65. При якій температурі виникає інфрачервоне випромінювання тіл?
66. Спектр якого типу можна дістати від таких джерел: полум'я свічки, полум'я вогнища, нитки електричної лампочки, спіралі електроплитки, полум'я електричної дуги, неонові лампи, лампи денного світла?
67. Інфрачервоне опромінення зерна знищує жучків-шкідників. Чому жучки гинуть, а зерно — ні?
68. Скло добре пропускає видиме проміння і затримує інфрачервоне. Враховуючи це, поясніть будову парників і теплиць.
69. Чому під Сонцем люди засмагають? Чому засмагають швидше на березі моря і на високих горах?
70. На ескалаторах станцій метро лампи розжарення розміщені в плафонах біло-молочного кольору. Чому в деяких із них розжарені вольфрамові нитки в електролампочках ми сприймаємо червоними?
71. Полум'я електричної дуги не шкодить зору, коли дугу запалити у воді. Чому?
72. Чому не слід дивитися на полум'я, яке виникає під час зварювання? Чому темне скло запобігає шкідливій дії полум'я на очі зварника?
73. Чи однакові спектри Сонця та Місяця?
74. Чому, щоб дістати спектр поглинання натрію, поглинаюча пара натрію повинна мати меншу температуру, ніж джерело, яке випромінює біле світло?
75. Який спектр дістанемо від електричної іскри, що утворюється між кінцями металевих дротин?

Відповіді до рубрики
«Задачі та вправи»

3. 0,5 мкН.
 4. 200 Н/Кл.
 5. 0,5 нКл.
 6. 40 кН/Кл; 10 кН/Кл.
 7. 0,55 м.
 8. 42 нКл.
 9. 10 пФ.
 11. Ні.
 12. 20 пФ.
 13. 200 В.
 14. 2,9 мКл.
 15. Зменшиться.
 16. 400 пФ.
 17. 0,1 мм.
 18. $1,6 \cdot 10^{-2}$ Дж; $8 \cdot 10^{-5}$ Кл.
 19. 7,5 мДж.
 20. 0,8 Дж.
 21. 10 В/м.
 22. $5,4 \cdot 10^5$ Н/Кл.
 23. На лінії зарядів, на відстані 4,45 м від позитивного заряду.
 24. 17,3 кВ/м.
 25. $4,9 \cdot 10^{-14}$ Кл.
 27. 15 мкФ.
 28. 1,23 мН.
 29. 2 кВ.
 30. 0,64 Кл.
 31. 36. в 16 разів.
 32. 220 мкДж.
 34. $q = \sqrt{2\varepsilon_0 SF}$.
 35. $A = \frac{\varepsilon_0 SU^2(d_1 - d)}{2d^2}$.
 36. 1 А; 2 В; 8 В.
 37. 0,1 А; 0,3 А; 0,4 А.
 38. 8 В.
 39. 20 Ом.
 42. 18 кДж.
 43. 2 с.
 44. 100 Вт.
 45. 0,3 А; 216 кВт.
 50. 12 Кл.
 51. 4,67 В.
 52. 2,2 Ом.
 53. 1 Ом; 2 В.
 54. 2 В; 1,8 В.
 55. 1 Ом.
 58. 36. у 25 разів.
 59. 30 Ом; 10 Ом.
 60. Зростає в $\frac{n^2 + 1}{n}$ разів.
 61. 2 Ом; 3 Ом.
 62. 460 Ом; 1380 Ом; 2300 Ом.
 63. 5 А.
 64. $I_1 = 2$ А; $I_2 = I_5 = 1$ А; $I_3 = 0,5$ А; $I_4 = I_6 = 0,25$ А.
 65. 5 А; 3 А; 2 А; 5 А; 100 В; 30 В; 30 В; 20 В.
 66. 4 А; 0,8 А; 3,2 А; 20 В; 9,6 В; 9,6 В.
 67. 5 А; 3 А; 2 А; 5 А; 10 В; 30 В; 30 В; 20 В.
 70. Зростає у 2 рази.
 71. 80 Вт; 40 Вт; 8,9 Вт; 17,8 Вт.
 72. 13,2 м/с.
 73. 50 А.
 74. $\Delta T = \frac{\eta I^2 \rho_1 t}{c S^2 \rho}$.
 80. 3,7 В; 0,2 Ом.
 81. 1,5 В; 0,5 Ом.
 82. 32 В; 30 В.
 83. 0,5 В.
 91. Телур.
 93. 180 В.
 102. 3м. в 5 разів.
 103. $9,6 \cdot 10^{-5}\%$.
 107. 0,4 Тл.
 108. 10 см.
 109. 2 А.
 110. 3,1 Н; 1,6 Н.
 111. 30° .
 112. 2,5 А.
 113. 2 мВб; 1,4 мВб; 1 мВб.
 114. 50 мТл.
 115. 0.
 118. $5 \cdot 10^{-14}$ Н.
 119. 0,32 пН.
 120. $8 \cdot 10^{-15}$ Н.
 124. $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{l+S} + \frac{I_2}{S} \right)$.

125. $U = \frac{\mu_0 \pi I^2 \rho}{BS}$.
126. 0,1 м.
 127. 2 А.
 128. 20 мТл.
 129. 0; 0,21 Вб; 0,3 Вб.
 130. 50 мкВб.
 131. 9 см; $4 \cdot 10^{15}$ м/с².
 132. $1,8 \cdot 10^8$ м/с; $3,5 \cdot 10^{-9}$ с.
 134. 8,9 нс.
 138. 20.
 142. 0,1 В.
 143. 10 мТл.
 144. 670 мВ.
 148. 2 В.
 149. 0,2 Вб/с; 0,2 В.
 150. 0,5 с.
 151. 400 мГн.
 152. 50 А/с.
 153. 100 мГн.
 154. 120 Дж; зменшиться в 4 рази.
 155. 10 Дж.
 156. 2 А.
 157. 2,5 Дж.
 159. $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
 161. ≈ 279 .
 166. 1,54 мВ.
 167. $B = \frac{\rho Sa}{I}$.
170. 0,5 А.
 171. 60 мВб.
 172. 200 мА.
 173. 125 мГн.
 174. 200 мГн; 1,5 мВб.
 180. 0,02 с; 50 Гц.
 181. 310 В; 220 В; 50 Гц; 20 мс; -310 В.
 182. 10 А; 7,1 А; 5 мс; 200 Гц; -10 А.
 183. 169 В.
 187. 220 В; 0,4.
 188. 0,33; 150.
 189. 220 В; 1000.
 190. 3 Ом.
 191. 10 В.
 192. 94%.
 195. 0,44 В; $\varepsilon = 0,63 \sin 100\pi t$, В.
 196. 100; $\varepsilon = 63 \sin 40\pi t$, В.
 197. 500 Гц.
 198. \perp ; $\varepsilon = -0,31 \sin 10\pi t$, В; 5 об/с; 0,01 Вб.
 202. 28 В; 24 В.
 203. 220 В; 200 Вт.
204. 300 мОм; 210 мА.
 205. 39%.
 206. 5 Ом.
 207. 13 кВт; 98%.
 208. 0,02 с; 0,008 с; 0,00227 с.
 209. 1 м; 0,01 с; 100 Гц; 2 рад.
 210. 32; 0,25 с.
 211. 2,5 м.
 213. 6,28 с.
 214. 10 м/с².
 215. 1,26 с.
 216. 3,2 Гц.
 217. 4 кг.
 218. 4,4 с; 0,23 Гц.
 219. 0,5 с; 0,14 Дж.
 220. 0,8 Дж.
 224. 0,2 с.
 225. 4 м/с.
 226. 0,5 Гц.
 227. 0,53 м.
 228. Скористатися рівнянням
 $x = x_{\max} \sin(2\pi t + \varphi)$.
 229. x_{\max} ; $0,6x_{\max}$.
 230. 2,4 см.
 231. 630 см/с; 0; -1300 см/с; $-1,4 \cdot 10^5$ см/с²;
 $-1,6 \cdot 10^5$ см/с²; 0.
 232. 2 см; 2 с; 0,5π; 2π см/с;
 $2\pi^2$ см/с².
 233. $\varphi_1 = 0$; $\varphi_2 = \pi/2$; $\varphi_3 = \pi$; $\varphi_4 = 3\pi/2$;
 $x = 5 \sin(10\pi t + \varphi)$.
 234. $x = 0,1 \cos \pi t$; $3\pi/2$; 0; 0,25; 1,75 с.
 235. $x = 0,02 \sin(2/3\pi t)$; 0,25 с; 1,25 с;
 1,75 с; 2,75 с.
 236. Видовжити на 0,5 см.
 237. 3,2 Гц.
 240. 2,7 км/год.
 241. 2 с; 2 м/с; 4 м.
 242. 2,4 м/с.
 243. 10 м.
 245. 1,29 м.
 246. $\frac{3}{2}\pi$.
 247. 30 м/с; 350 м/с.
 248. 0,25 мкс.
 249. 600 кГц.
 250. $1 \cdot 10^{-12}$ — $1 \cdot 10^{-5}$ с.
 251. 100 кГц; 10 мкс; 2 мкКл.
 252. 250 мА; 20 мкс.
 253. 50 В; 20 мкс; 50 кГц.
 258. 2 м.
 259. 500 кГц.
 260. 5 м.

261. 56 млн. км.
 265. 160 кГц.
 266. 20 мДж; 160 мА.
 267. 50 мкКл; 2 мс; 100 мГн.
 268. 2 мс; 680 нФ; 94 В.
 269. 120 мкДж; 40 мкДж.
 272. 100 — 200 м.
 273. 88 пФ.
 274. 51 мкГн.
 275. 21 км/с.
 276. 2500; 30.
 278. Кут падіння повинен дорівнювати 35° .
 279. Зросте на 30° .
 280. 53° .
 281. 1,35; 73° .
 282. 53° .
 283. а) 10 м; б) 14 м.
 286. 24° ; 42° .
 287. 1,4.
 290. 91 см.
 291. 12 см.
 292. 3 см.
 293. 6,9 см.
 294. 1 см.
 299. 49° .
 300. Відіб'ється.
 304. Максимум.
 305. $3^\circ 09'$.
 306. 10 мкм.
 307. Світло.
 310. 230 Мм/с; 190 Мм/с.
 313. $2 \cdot 10^6$.
 314. 220 Мм/с.
 315. 0,3 мкм або кратне значенню цього числа.
 316. 5 мкм.
 317. 600 нм.
 323. $5^\circ 10'$.
 324. 57 мм.
 331. $3,8 \cdot 10^{-19}$ Дж; 2,3 еВ.
 332. $4 \cdot 10^{-19}$ Дж.
 333. $1,1 \cdot 10^{15}$ Гц.
 334. 300 нм.
 336. $2,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; $5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
 337. $1,2 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с; 550 нм.
 338. 25 пм; $8,9 \cdot 10^{-32}$ кг.
 339. 0,12 еВ; $6,6 \cdot 10^{-29}$ кг·м/с.
 342. На білу в 2 рази більший.
 346. 2,2 еВ; $8,6 \cdot 10^5$ м/с.
 347. 0,324 мкм.
 348. 820 км/с.
 349. 11 В.
 350. 2,2 еВ.
 352. 1,87 В.
 353. 15 мм.
 354. $1,2 \cdot 10^6$.
 355. 1,6 Мм/с.
 356. $2,4 \cdot 10^{18}$ Гц.
 357. $2,4 \cdot 10^4$ К.
 358. $1,1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.
 359. 2/3.
 360. 330 км.
 363. 2,53 еВ.
 364. 656 нм; червоним.
 365. 435 нм.
 366. 3.
 372. $8 \cdot 10^{-15}$ Дж.
 373. 30 кВ.
 379. -0,84 еВ.
 380. 490 нм.
 381. 3,4 еВ.
 382. 86 нм.
 383. 630 нм.
 384. 3м. у 8 разів.
 397. 0,042 а.о.м.; 39 МеВ.
 399. 8 год.
 400. 60 років.
 401. $1,1 \cdot 10^{17}$.
 402. 55,4 року.
 403. ${}^3_2\text{He}$, ${}^{24}_{11}\text{Na}$, ${}^{25}_{12}\text{Mg}$, ${}^{55}_{26}\text{Fe}$.
 404. -2,8 МеВ; поглинається.
 405. 2,8 МеВ.
 406. 15 МеВ.
 410. Z і A не змінюються, маса зменшується на масу — кванта.
 411. Z і A зменшуються на 1; Z не змінюється, A зменшується на 1; Z зменшується на 1, A не змінюється.
 412. 1,93 а.о.м.; 7,55 МеВ.
 413. 1,08 а.о.м.; 8,52 МеВ.
 414. 5- і 3-розпади.
 415. ${}^{215}_{84}\text{Po}$.
 416. ${}^{234}_{92}\text{U}$.
 418. 88%.
 419. $1,95 \cdot 10^{17}$.
 420. 23%.
 423. 17,5 МеВ.
 424. -1,04 МеВ; поглинається.
 425. -3,14; поглинається.
 426. 2,2 МеВ.
 427. 2,4 нм.