
КОРОТКИЙ ФІЗИЧНИЙ ДОВІДНИК

Додаток до видання:

Фізика.

Комплексне видання

МЕХАНІКА

1. ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ

- **Миттєва швидкість руху:**

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

де $\Delta \vec{s}$ — переміщення тіла за малий інтервал часу Δt .

- **Прямолінійний рівномірний рух:**

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

де \vec{s} — переміщення тіла за час t ;

\vec{v} — швидкість руху тіла.

- **Проекція переміщення на вісь Ox :**

$$s_x = v_x t,$$

де v_x — проекція швидкості руху на вісь Ox .

- **Координата тіла:**

$$x = x_0 + v_x t,$$

де x_0 — початкова координата тіла.

- **Середня швидкість нерівномірного руху:**

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{\vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots},$$

де \vec{s} — загальне переміщення тіла за час t , яке складається з переміщень $\vec{s}_1, \vec{s}_2, \dots$, що відбувалися за інтервали часу t_1, t_2, \dots .

- **Середня шляхова швидкість:**

$$v = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots},$$

де l — загальний шлях, пройдений тілом за час t ;

$l_1, l_2 \dots$ — довжини окремих ділянок траєкторії, які тіло проходило за інтервали часу $t_1, t_2 \dots$.

► **Закон додавання швидкостей:**

$$\vec{v}_{\text{тіло-НСВ}} = \vec{v}_{\text{тіло-РСВ}} + \vec{v}_{\text{РСВ-НСВ}},$$

де НСВ — нерухома система відліку; РСВ — рухома система відліку.

► **Прискорення:**

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t},$$

де $\Delta \vec{v}$ — зміна швидкості руху тіла за малий інтервал часу Δt .

► **Прямолінійний рівноприскорений рух:**

$$v_x = v_{0x} + a_x t,$$

де v_x, v_{0x}, a_x — проекції на вісь Ox відповідно швидкості руху тіла, його початкової швидкості та прискорення.

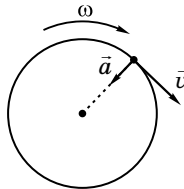
$$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x},$$

де s_x — проекція переміщення тіла на вісь Ox .

$$x = x_0 + s_x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2},$$

де x, x_0 — відповідно координата тіла та початкова координата тіла.

► **Рівномірний рух по колу радіусом:**



Кутова швидкість руху:

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

де $\Delta\varphi$ — кут повороту радіуса за малий інтервал часу Δt .

Лінійна швидкість руху:

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

де T — період;

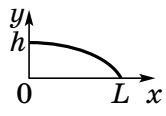
$$n = \frac{1}{T} \text{ — обертова частота.}$$

Доцентрове прискорення:

$$a = \omega v = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

► **Рух тіла, яке кинули горизонтально:**

$$v_x = v_0, \quad v_y = -gt, \quad L = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

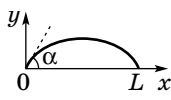


де v_0 — модуль початкової швидкості руху;

g — прискорення вільного падіння;

L — горизонтальна дальність польоту тіла.

► **Рух тіла, яке кинули під кутом до горизонту:**



$$v_x = v_{0x}, \quad v_y = v_{0y} - gt, \quad L = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g},$$

де α — кут, який утворює початкова швидкість руху із горизонтальною площиною;

v_0 — модуль початкової швидкості руху;

L — дальність польоту тіла.

2. ОСНОВИ ДИНАМІКИ

► Рівнодійна \vec{F} сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$, прикладених до матеріальної точки: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$.

► Перший закон Ньютона:

$$\vec{v} = \overline{\text{const}} \text{ за умови } F = 0$$

(за відсутності зовнішніх сил або за умови їх взаємної компенсації тіло перебуває в спокої або рухається за інерцією прямолінійно рівномірно).

► Другий закон Ньютона:

$$\text{прискорення тіла } \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

де \vec{F} — рівнодійна прикладених до тіла сил; m — маса тіла.

► Третій закон Ньютона:

$$\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$$

(під час взаємодії двох тіл виникають сили, рівні за модулем і напрямлені вздовж однієї прямої в протилежних напрямках).

► Сила тяжіння:

$$\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g},$$

де \vec{g} — прискорення вільного падіння.

► Закон всесвітнього тяжіння:

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

де F — сила гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок масами m_1 і m_2 ;

G — гравітаційна стала;

r — відстань між матеріальними точками.

► **Перша космічна швидкість:**

$$v_I = \sqrt{G \frac{M}{R}},$$

де M, R — відповідно маса та радіус планети.

► **Вага тіла, яке рухається з прискоренням:**

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}),$$

де \vec{a} — прискорення руху тіла.

Якщо \vec{a} напрямлене вгору (\uparrow): $P = m(g + a)$.

Якщо \vec{a} напрямлене вниз (\downarrow): $P = m(g - a)$.

► **Закон Гука:**

$$F_x = -kx,$$

де \vec{F} — сила пружності;

k — жорсткість пружини або стержня;

x — видовження пружини або стержня ($x = l - l_0$, де l, l_0 — відповідно довжини деформованого та недеформованого тіл).

► **Сила тертя ковзання:**

$$F_{\text{тер}} = \mu N,$$

де μ — коефіцієнт тертя; \vec{N} — сила нормального тиску.

► **Сила тертя спокою:**

$$F_{\text{тер}} \leq \mu N.$$

► **Умови рівноваги тіла, на яке діють кілька сил:**

1) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0;$

2) $M_1 + M_2 + \dots = 0,$

де $M = \pm Fl$ — момент сили; l — плече сили.

Знак «+» відповідає моменту сили, яка намагається обертати тіло проти ходу годинникової стрілки; знак «-» відповідає моменту сили, яка намагається обертати тіло за ходом годинникової стрілки.

3. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЦІ

- ▶ Імпульс тіла:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

- ▶ Імпульс сили:

$$\vec{F}t,$$

де t — час дії сили.

- ▶ Другий закон Ньютона в імпульсній формі:

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}.$$

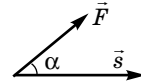
- ▶ Закон збереження імпульсу:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \overline{\text{const}}$$

(загальний імпульс замкненої системи тіл залишається незмінним).

- ▶ Механічна робота:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos\alpha,$$



де α — кут між напрямком сили \vec{F} і напрямком переміщення \vec{s} .

- ▶ Кінетична енергія тіла (енергія тіла, яке рухається зі швидкістю \vec{v}):

$$W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}.$$

- ▶ Теорема про кінетичну енергію:

$$A = \Delta W_{\text{к}}$$

(загальна робота сил, які діють на тіло, дорівнює зміні кінетичної енергії тіла).

- ▶ Потенціальна енергія тіла в полі тяжіння:

$$W_{\text{п}} = mgh,$$

де h — висота тіла над вибраним нульовим рівнем.

► **Потенціальна енергія пружно деформованого тіла:**

$$W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2},$$

де k — жорсткість тіла (пружини або стержня);

$x = l - l_0$ — деформація тіла (l , l_0 — довжини відповідно деформованого та недеформованого тіл).

► **Робота сили тяжіння або пружності:**

$$A = -\Delta W_{\text{п}}.$$

► **Механічна енергія:**

$$W = W_{\text{к}} + W_{\text{п}}.$$

► **Закон збереження механічної енергії:**

$$W = W_{\text{к}} + W_{\text{п}} = \text{const}$$

(у замкненій системі тіл, що взаємодіють тільки силами тяжіння та пружності, механічна енергія не змінюється).

► **Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізму:**

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{вик}}} \cdot 100 \%,$$

де $A_{\text{кор}}$ і $A_{\text{вик}}$ — відповідно корисна та виконана роботи.

► **Пружне зіткнення тіл:**

$$W_{\text{к1}} + W_{\text{к2}} + \dots = \text{const}$$

(внутрішній стан тіл не змінюється, кінетична енергія не переходить в інші форми).

► **Непружне зіткнення тіл:**

$$W_{\text{к (почат)}} = W_{\text{к (кінц)}} + Q,$$

де Q — енергія, яка перейшла в інші форми (зазвичай це кількість теплоти, що виділяється внаслідок зіткнення тіл).

► **Абсолютно neprужне зіткнення тіл:** кінцеві швидкості руху тіл однакові.

4. ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІКИ РІДИН І ГАЗІВ

▶ Тиск на поверхню:

$$p = \frac{F}{S},$$

де \vec{F} — сила, що діє по нормалі до поверхні;
 S — площа поверхні.

▶ Тиск стовпа рідини:

$$p = \rho gh,$$

де ρ — густина рідини;
 h — висота стовпа рідини.

▶ Для ідеальної гідравлічної машини:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1},$$

де F_1, F_2 — модулі сил, що діють на поршні;
 S_1, S_2 — площі відповідних поршнів.

▶ Сила Архімеда в рідині:

$$F_{\text{арх}} = \rho gV,$$

де ρ — густина рідини;
 V — об'єм зануреної частини тіла (об'єм витісненої рідини).

▶ Сила Архімеда в газі:

$$F_{\text{арх}} = \rho gV,$$

де ρ — густина газу;
 V — об'єм тіла.

▶ Умова плавання тіла в рідині або газі:

$$F_{\text{арх}} = mg.$$

▶ Для суцільного тіла густиною ρ у рідині густиною $\rho_{\text{рід}}$:

$\rho < \rho_{\text{рід}}$ — тіло плаває на поверхні рідини;

$\rho = \rho_{\text{рід}}$ — тіло плаває всередині рідини, повністю занурившись;

$\rho > \rho_{\text{рід}}$ — тіло тоне.

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

1. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ

► Молярна маса:

$$M = m_0 N_A,$$

де m_0 — маса молекули; N_A — стала Авогадро.

► Відносна молекулярна маса:

$$M_r = \frac{m_0}{m_0(\text{C})},$$

12

де m_0 — маса молекули;

$m_0(\text{C})$ — маса атома Карбону.

► Кількість речовини:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M},$$

де N — кількість молекул.

► Маса речовини:

$$m = m_0 N = \nu M.$$

► Концентрація молекул:

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

де V — об'єм речовини.

► Густина речовини:

$$\rho = \frac{m}{V} = n m_0,$$

де n — концентрація молекул.

► **Основне рівняння МКТ ідеального газу:**

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \overline{W}_k,$$

де p — тиск газу;

\overline{W}_k — середня кінетична енергія поступального руху молекул.

► **Зв'язок \overline{W}_k з абсолютною температурою T :**

$$\overline{W}_k = \frac{3}{2} kT,$$

де k — стала Больцмана.

► **Середня квадратична швидкість молекул:**

$$\overline{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}},$$

де $R = kN_A$ — універсальна газова стала.

► **Тиск ідеального газу:**

$$p = nkT,$$

де n — концентрація молекул;

k — стала Больцмана;

T — абсолютна температура.

► **Рівняння стану ідеального газу:**

Рівняння Клапейрона:

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

(за незмінної кількості газу),

де p — тиск газу;

V — об'єм газу;

T — абсолютна температура газу.

Рівняння Менделєєва — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

де m і M — відповідно маса та молярна маса газу;

R — універсальна газова стала.

► **Газові закони** (виконуються для ізопроцесів):

Закон Бойля — Маріотта:

$$pV = \text{const}, \text{ якщо } T = \text{const} \text{ (ізотермічний процес).}$$

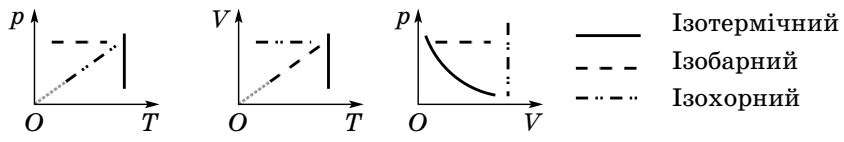
Закон Гей-Люссака:

$$\frac{V}{T} = \text{const}, \text{ якщо } p = \text{const} \text{ (ізобарний процес).}$$

Закон Шарля:

$$\frac{p}{T} = \text{const}, \text{ якщо } V = \text{const} \text{ (ізохорний процес).}$$

► **Схематичні графіки ізопроцесів:**



2. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

► **Внутрішня енергія одноатомного ідеального газу:**

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} RT,$$

де m і M — відповідно маса та молярна маса газу;

R — універсальна газова стала;

T — абсолютна температура газу.

► **Кількість теплоти:**

$$Q = cm\Delta t, \quad Q = \pm\lambda m, \quad Q = \pm Lm, \quad Q = qm,$$

де c — питома теплоємність;

m — маса речовини;

Δt — зміна температури;

λ — питома теплота плавлення;

L — питома теплота пароутворення;

q — питома теплота згоряння.

Знак «+» вибирають, коли $Q > 0$ (зокрема, при плавленні та пароутворенні), знак «-» вибирають, коли $Q < 0$ (зокрема, при кристалізації та конденсації).

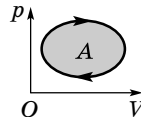
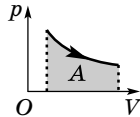
► **Робота газу при ізобарному процесі:**

$$A = p\Delta V \text{ (робота зовнішніх сил } A' = -A \text{),}$$

де p — тиск газу; ΔV — зміна об'єму газу.

► **Графічне визначення роботи газу**

(тільки за графіком у координатах p, V):



► **Перший закон термодинаміки:**

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

де ΔU — зміна внутрішньої енергії тіла;

Q — отримана тілом кількість теплоти;

A' — робота зовнішніх сил;

A — робота тіла (газу).

► **Рівняння теплового балансу:**

$$Q_1 + Q_2 + \dots = 0,$$

де $Q_1, Q_2 \dots$ — кількості теплоти, отримані частинами 1, 2... замкненої системи під час теплопередачі.

► **ККД теплової машини:**

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} \cdot 100 \%,$$

де $Q_{\text{нагр}}$ — кількість теплоти, віддана нагрівником;

$Q_{\text{хол}}$ — кількість теплоти, отримана холодильником.

► **ККД ідеальної теплової машини:**

$$\eta_{\max} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} \cdot 100\%,$$

де $T_{\text{нагр}}$ і $T_{\text{хол}}$ — абсолютна температура відповідно нагрівника та холодильника.

3. ВЛАСТИВОСТІ ПАРИ, РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ

► **Відносна вологість повітря:**

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\% = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%,$$

де p_n і ρ_n — відповідно тиск і густина насиченої водяної пари за даної температури;

p і ρ — відповідно тиск і густина водяної пари в повітрі.

► **Поверхнева енергія:**

$$W_{\text{п}} = \sigma S,$$

де σ — поверхневий натяг рідини;

S — площа поверхні рідини.

► **Сила поверхневого натягу рідини:**

$$F_{\text{пн}} = \sigma l,$$

де l — довжина межі поверхні рідини.

► **Висота підймання рідини в капілярі:**

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

де ρ — густина рідини; r — радіус капіляра.

► Відносне видовження (стержня або пружини):

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

де $\Delta l = l - l_0$ — видовження тіла;

l_0, l — довжини відповідно недеформованого та деформованого тіл.

► Механічна напруга:

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

де \vec{F} — сила, яка діє уздовж осі стержня;

S — площа поперечного перерізу стержня.

► Закон Гука:

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

де E — модуль пружності (модуль Юнга);

ε — відносне видовження тіла.

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

1. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОСТАТИКИ

► Закон збереження електричного заряду:

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

(електричний заряд замкнутої системи тіл є незмінним).

► Закон Кулона (для точкових зарядів q_1 і q_2 у вакуумі):

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\varepsilon_0 r^2},$$

де F — модуль сили кулонівської взаємодії;

r — відстань між точковими зарядами;

ε_0 — електрична стала.

► **Напруженість електричного поля:**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пр}}},$$

де \vec{F} — сила, з якою поле діє на пробний заряд $q_{\text{пр}}$.

► **Принцип суперпозиції полів:**

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots,$$

де \vec{E} — напруженість електричного поля, створеного системою точкових зарядів;

$\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$ — напруженості електричних полів, створених у даній точці точковими зарядами q_1, q_2, \dots .

► **Потенціал електричного поля:**

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q_{\text{пр}}},$$

де $W_{\text{п}}$ — потенціальна енергія пробного заряду $q_{\text{пр}}$ у даній точці поля.

► **Різниця потенціалів:**

$$U = \varphi_1 - \varphi_2,$$

де φ_1, φ_2 — потенціали електричного поля відповідно в точці 1 і точці 2.

► **Робота електричного поля:**

$$A = qU,$$

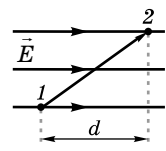
де q — електричний заряд, який рухається в електричному полі;

U — різниця потенціалів між початковою та кінцевою точками траєкторії руху електричного заряду.

► **Зв'язок між різницею потенціалів і напруженістю однорідного поля:**

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = Ed,$$

де d — проекція переміщення заряду на напрямок силових ліній поля (див. рисунок).



▶ **Напруженість поля точкового заряду q у вакуумі:**

$$E = k \frac{|q|}{r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

▶ **Напруженість поля точкового заряду q в діелектрику:**

$$E = k \frac{|q|}{\epsilon r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2},$$

де ϵ — діелектрична проникність діелектрика.

▶ **Електроємність конденсатора:**

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

де q — заряд конденсатора (модуль заряду однієї його обкладки);

U — різниця потенціалів між обкладками.

▶ **Електроємність плоского конденсатора:**

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

де ϵ — діелектрична проникність діелектрика всередині конденсатора;

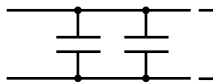
S — площа однієї з обкладок;

d — відстань між обкладками.

▶ **Енергія зарядженого конденсатора:**

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

▶ **З'єднання конденсаторів (C — загальна електроємність):**



Паралельне з'єднання

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$



Послідовне з'єднання

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

2. ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

► **Сила струму:**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

де Δq — електричний заряд, який проходить через поперечний переріз провідника за інтервал часу Δt .

► **Опір провідника:**

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

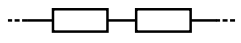
де ρ — питомий опір;
 l — довжина провідника;
 S — площа поперечного перерізу провідника.

► **Закон Ома для ділянки кола:**

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

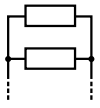
де I — сила струму в провіднику;
 R — електричний опір провідника;
 U — різниця потенціалів (напруга) на кінцях провідника.

► **Послідовне з'єднання провідників:**



$$I = I_1 = I_2 = \dots; \quad U = U_1 + U_2 + \dots; \quad R = R_1 + R_2 + \dots$$

► **Паралельне з'єднання провідників:**



$$U = U_1 = U_2 = \dots; \quad I = I_1 + I_2 + \dots; \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Для паралельного з'єднання двох провідників:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

► **Робота електричного струму:**

$$A = UIt,$$

де I — сила струму в ділянці кола;

U — напруга на ділянці кола;

t — час протікання струму.

► **Закон Джоуля — Ленца:**

$$Q = I^2 R t,$$

де Q — кількість теплоти, що виділяється в провіднику опором R за сили струму I протягом часу t .

► **Потужність струму:**

$$P = \frac{A}{t} = UI.$$

► **Потужність струму для ділянки кола без сторонніх сил:**

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

► **Електрорушійна сила (ЕРС):**

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

де $A_{\text{ст}}$ — робота сторонніх сил при переміщенні по ділянці кола заряду q .

► **Закон Ома для повного кола:**

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

де \mathcal{E} і r — відповідно ЕРС і внутрішній опір джерела струму;

R — опір зовнішнього кола.

Наслідок із закону Ома для повного кола:

$$U = \mathcal{E} - Ir.$$

3. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

► Сила струму:

$$I = |q_0| n v S,$$

де q_0 — заряд вільної зарядженої частинки,

n — концентрація таких частинок;

v — середня швидкість упорядкованого руху таких частинок;

S — площа поперечного перерізу провідника.

► Залежність опору провідника від температури:

$$R = R_0 (1 + \alpha t),$$

де R_0 — опір провідника за температури $0\text{ }^\circ\text{C}$;

α — температурний коефіцієнт опору.

► Перший закон електролізу:

$$m = kq = kIt,$$

де m — маса речовини, що виділилася при електролізі;

k — електрохімічний еквівалент речовини;

$q = It$ — заряд, що пройшов через електроліт.

► Другий закон електролізу:

$$k = \frac{1}{eN_A} \cdot \frac{M}{n},$$

де k — електрохімічний еквівалент речовини;

e — елементарний електричний заряд;

N_A — стала Авогадро;

M — молярна маса речовини;

n — модуль заряду йона в елементарних електричних зарядах (валентність речовини).

- Умова йонізації електронним ударом:

$$W_k \geq A_{\text{й}},$$

де W_k — кінетична енергія електрона;
 $A_{\text{й}}$ — робота йонізації.

4. МАГНІТНЕ ПОЛЕ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ

- Сила Ампера, яка діє на провідник зі струмом з боку магнітного поля:

$$F_A = BIl \sin \alpha,$$

де \vec{B} — магнітна індукція поля;

I — сила струму;

l — довжина провідника;

α — кут між магнітною індукцією поля та напрямком струму.

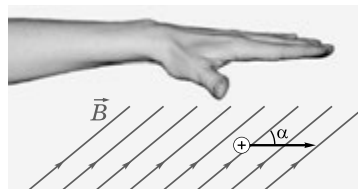
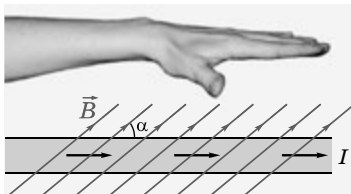
- Сила Лоренца, яка діє на рухоми заряджену частинку з боку магнітного поля:

$$F_{\text{Л}} = |q| v B \sin \alpha,$$

де q — заряд частинки; \vec{v} — швидкість руху частинки;

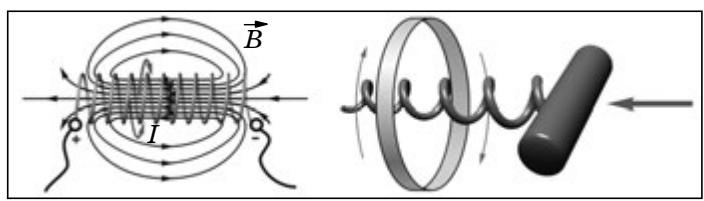
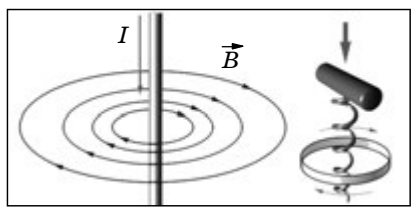
α — кут між магнітною індукцією та напрямком руху частинки.

- Правило лівої руки (дозволяє визначити напрямок сили Ампера або сили Лоренца):



Відігнутий великий палець лівої руки показує напрямок сили (для негативно зарядженої частинки напрямок сили буде протилежним).

- ▶ **Правило свердлика** (встановлює зв'язок між напрямками струму та магнітного поля цього струму):



- ▶ **Магнітна проникність речовини:**

$$\mu = \frac{B}{B_0},$$

де B_0 і B — магнітна індукція поля, яке створюється тим самим струмом відповідно у вакуумі та в речовині.

- ▶ **Магнітний потік через замкнений контур:**

$$\Phi = BS \cos \alpha = B_n S,$$

де B_n — проекція магнітної індукції \vec{B} на вектор \vec{n} нормалі до площини контуру;

S — площа контуру;

α — кут між напрямками \vec{B} і \vec{n} .

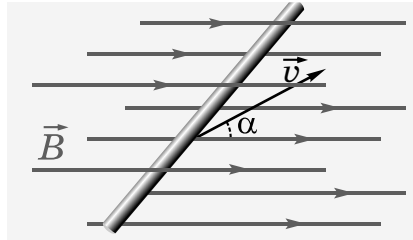
- ▶ **Закон електромагнітної індукції:**

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

де \mathcal{E}_i — ЕРС індукції в контурі;

$\Delta\Phi$ — зміна магнітного потоку через цей контур за інтервал часу Δt .

- ▶ ЕРС індукції в провіднику довжиною l , який рухається зі швидкістю v в магнітному полі:



$$\mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha,$$

де \vec{B} — індукція магнітного поля;

α — кут між напрямком руху провідника та індукцією магнітного поля.

- ▶ Індуктивність замкненого контуру:

$$L = \frac{\Phi}{I},$$

де Φ — магнітний потік через замкнений контур, зумовлений протіканням у контурі струму, якщо сила струму дорівнює I .

- ▶ ЕРС самоіндукції:

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

де $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ — швидкість зміни сили струму.

- ▶ Енергія магнітного поля струму:

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ. ОПТИКА

1. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

- Рівняння гармонічних коливань:

$$x = x_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0),$$

де x — зміщення тіла при коливаннях;

x_{\max} — амплітуда коливань;

ω — циклічна частота коливань;

t — час;

φ_0 — початкова фаза коливань.

- Для гармонічних коливань (і тільки для них):

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

де a_x — проекція прискорення тіла на вісь Ox .

- Період гармонічних коливань:

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

де ω — циклічна частота коливань.

- Частота коливань:

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

- Циклічна частота гармонічних коливань:

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

- Максимальна швидкість руху при гармонічних коливаннях:

$$v_{\max} = \omega^2 x_{\max}.$$

► Для математичного маятника:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

де l — довжина маятника.

► Для пружинного маятника:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

де m — маса вантажу;

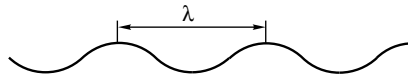
k — жорсткість пружини.

► Довжина хвилі:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu},$$

де v — швидкість хвилі;

T і ν — відповідно період і частота хвилі.



2. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

► Формула Томсона для коливального контуру:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \left(\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \right),$$

де T і ω — відповідно період і циклічна частота вільних коливань у коливальному контурі;

L — індуктивність котушки;

C — електроємність конденсатора.

- ▶ Зв'язок між амплітудними значеннями напруги U_M та сили струму I_M в ідеальному контурі:

$$\frac{CU_M^2}{2} = \frac{LI_M^2}{2},$$

звідки $\frac{U_M}{I_M} = \sqrt{\frac{L}{C}}$.

- ▶ Діючі значення сили струму та напруги:

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_M}{\sqrt{2}}.$$

- ▶ Коефіцієнт трансформації трансформатора:

$$K = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{U_1}{U_2},$$

де $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ — діюче значення ЕРС у відповідній обмотці;
 N_1, N_2 — кількість витків у відповідній обмотці;
 U_1, U_2 — діюче значення напруги у відповідній обмотці.

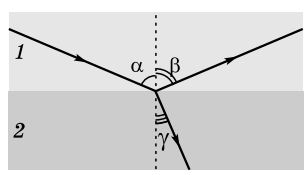
- ▶ Довжина електромагнітної хвилі у вакуумі:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu},$$

де c — швидкість електромагнітних хвиль (швидкість світла) у вакуумі;
 T і ν — відповідно період і частота хвилі.

3. ОПТИКА

- ▶ Відбивання та заломлення світла



Падаючий, відбитий і заломлений промені лежать у площині, перпендикулярній до межі двох середовищ.

$$\alpha = \beta, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2-1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

де α — кут падіння, β — кут відбивання, γ — кут заломлення променя;

n_{2-1} — показник заломлення середовища 2 відносно середовища 1;

$n_1 = \frac{c}{v_1}$ і $n_2 = \frac{c}{v_2}$ — абсолютні показники заломлення двох середовищ;

v_1 і v_2 — швидкість поширення світла в першому та другому середовищах відповідно.

► **Граничний кут повного відбивання на межі з вакуумом:**

$$\sin \alpha_{\text{гран}} = \frac{1}{n}.$$

► **Оптична сила лінзи:**

$$D = \frac{1}{F},$$

де F — фокусна відстань лінзи;

збиральна лінза \updownarrow : $D > 0, F > 0$;

розсіювальна лінза \times : $D < 0, F < 0$.

► **Формула тонкої лінзи:**

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D,$$

де d — відстань між лінзою та предметом;

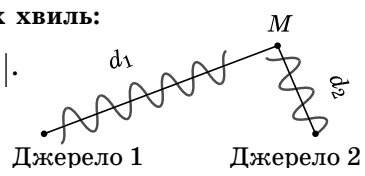
$|f|$ — відстань між лінзою та зображенням; для уявного зображення $f < 0$.

► **Лінійне збільшення тонкої лінзи:**

$$\Gamma = \left| \frac{f}{d} \right|.$$

► Різниця ходу когерентних світлових хвиль:

$$\Delta d = |d_1 - d_2|.$$



► Умова інтерференційних максимумів:

$$\Delta d = k\lambda,$$

де λ — довжина хвилі; $k = 0, 1, 2, \dots$.

► Умова інтерференційних мінімумів:

$$\Delta d = \frac{(2k + 1)\lambda}{2},$$

де λ — довжина хвилі; $k = 0, 1, 2, \dots$.

► Формула дифракційної ґратки:

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

де d — період дифракційної ґратки;

φ — кут відхилення світла;

$k = 0, 1, 2, \dots$ — порядок максимуму;

λ — довжина хвилі світла.

КВАНТОВА ФІЗИКА. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

1. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ. СВІТЛОВІ КВАНТИ

► Релятивістський закон додавання швидкостей:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}},$$

де c — швидкість світла у вакуумі; швидкості \vec{v}_1 і \vec{v}_2 напрямлені в один бік.

► Релятивістське скорочення довжини в напрямку руху:

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

де l_0 — довжина тіла у власній системі відліку;

l — довжина тіла в системі відліку, відносно якої воно рухається зі швидкістю v .

► Релятивістська зміна ходу часу:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

де t_0 — тривалість події у власній системі відліку;

t — тривалість тієї самої події в «нерухомій» системі відліку.

► Енергія спокою тіла:

$$W_0 = mc^2,$$

де m — маса тіла.

► Енергія тіла, яке рухається зі швидкістю v :

$$W = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

► Кінетична енергія тіла, яке рухається зі швидкістю v :

$$W_{\text{к}} = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2 \text{ (за малої швидкості руху } W_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}\text{)}.$$

► Імпульс тіла, яке рухається:

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

► **Енергія фотона:**

$$W = h\nu,$$

де h — стала Планка;
 ν — частота електромагнітного випромінювання.

► **Імпульс фотона:**

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{W}{c},$$

де λ — довжина хвилі випромінювання;
 W — енергія фотона.

► **Рівняння Ейнштейна для фотоэффекту:**

$$h\nu = A + W_k,$$

де $A = h\nu_{\min}$ — робота виходу;

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} \text{ — червона межа фотоэффекту;}$$

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{затрим}} \text{ — максимальна кінетична енергія фотоелектронів;}$$

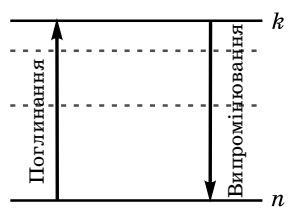
$U_{\text{затрим}}$ — затримуюча напруга.

2. АТОМ І АТОМНЕ ЯДРО

► **Частота випромінювання, яке відповідає переходу між станами атома:**

$$\nu_{kn} = \frac{W_k - W_n}{h},$$

де W_k, W_n — енергії початкового та кінцевого станів атома;
 h — стала Планка.



► **Закон радіоактивного розпаду:**

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

де N і N_0 — відповідно кінцева та початкова кількості атомів;
 T — період піврозпаду.

► **Дефект мас ядра:**

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{ядра}} = Zm_p + Nm_n + Zm_e - M_{\text{атома}},$$

де Z і N — кількість відповідно протонів і нейтронів у ядрі,
 m_p , m_n і m_e — маса протона, нейтрона, електрона відповідно.

► **Енергія зв'язку ядра:**

$$W_{\text{зв}} = \Delta m \cdot c^2,$$

де Δm — дефект мас ядра.

► **Питома енергія зв'язку:**

$$f = \frac{W_{\text{зв}}}{A},$$

де $A = Z + N$ — масове число ядра (загальна кількість нуклонів у ядрі).

► **Енергетичний вихід ядерної реакції:**

$$\Delta W = (M_{\text{до реакції}} - M_{\text{після реакції}})c^2.$$

Якщо $\Delta W > 0$, то в ядерній реакції енергія виділяється, якщо $\Delta W < 0$, то енергія поглинається.

ЗМІСТ

МЕХАНІКА

1. Основи кінематики 2
2. Основи динаміки 5
3. Закони збереження в механіці 7
4. Елементи механіки рідин і газів 9

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

1. Основи молекулярно-кінетичної теорії 10
2. Основи термодинаміки 12
3. Властивості пари, рідин і твердих тіл 14

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

1. Основи електростатики 15
2. Закони постійного струму 18
3. Електричний струм у різних середовищах 20
4. Магнітне поле, електромагнітна індукція 21

КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ. ОПТИКА

1. Механічні коливання і хвилі 24
2. Електромагнітні коливання і хвилі 25
3. Оптика 26

КВАНТОВА ФІЗИКА.

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ

1. Елементи теорії відносності. Світлові кванти 28
2. Атом і атомне ядро 30