

Мій перший кишеньковий довідник з фізики НУШ: все, що потрібно знати

Фізика – наука про найбільш загальні та найбільш прості властивості світу.

Physis – природа.

Фізичне тіло – певна частина простору, зайнята речовиною.

Матерія – усе що нас оточує.

Речовина – матерія, яку можна сприйняти за допомогою наших органів чуття.

Фізичні явища – зміни в навколишньому світі, тобто в природі, які можна описати за допомогою фізичних законів.

| Фізичні явища | Приклади |
|-----------------|---|
| Механічні | Політ ракети, падіння каменя, обертання Землі навколо Сонця |
| Оптичні | Міраж, отримання зображення за допомогою лінзи, утворення сонячного зайчика |
| Теплові | Танення снігу, нагрівання їжі, згоряння палива в циліндрі двигуна |
| Звукові | Гуркіт грому, луна, пташиний спів |
| Електромагнітні | Розряд блискавки, електрична дуга, радіозв'язок |

Методи вивчення природи

Фізичне дослідження – це цілеспрямоване вивчення того чи іншого явища засобами фізики.

Спостереження – це сприймання природи з метою одержання первинних даних для подальшого аналізу.

Експеримент – це дослідження фізичного явища в умовах, що перебувають під контролем вченого, з метою глибшого вивчення цього явища.

Фізична величина – це загальна характеристика багатьох матеріальних об'єктів або явищ, яка може набувати індивідуального значення для кожного з них.

Виміряти фізичну величину – означає порівняти її з однорідною величиною, прийнятою за одиницю.

Ціна поділки – це значення найменшої поділки шкали вимірювального приладу:

$$A_0 = \frac{A_2 - A_1}{n}$$

$$A = A_0 \times N$$

Абсолютна похибка вимірювання - $\Delta A = \Delta_{\text{Біо}}A + \Delta_{\text{Вим}}A$.

$$\text{Абсолютна похибка відліку} - \Delta_{\text{Біо}}A = \frac{A_0}{2}$$

$$\text{Абсолютна похибка виміру} - \Delta_{\text{Вим}}A = \frac{A_0}{2}$$

Відносна похибка вимірювання фізичної величини - $\varepsilon = \frac{\Delta A}{A} \times 100\%$

Значення фізичної величини - $A_z = A \pm \Delta A$

Основні одиниці Міжнародної системи СІ:

метр
секунда
кілограм
ампер
моль
кандела
кельвін

Префікси, які застосовуються для утворення кратних та частинних одиниць

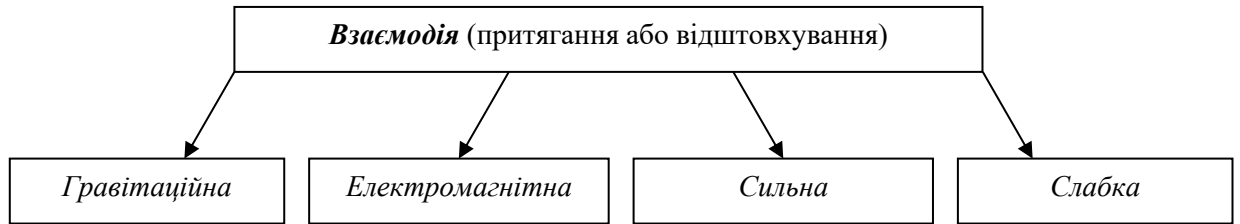
| Префікс | Значення в перекладі з грецької або латинської мови | Символ | Множник | |
|---------|---|--------|-------------------|------------------|
| | | | Чисельне значення | Потенційна форма |
| тера | чудовисько | Т | 1 000 000 000 000 | 10^{12} |
| гіга | гігантський | Г | 1 000 000 000 | 10^9 |
| мега | великий | М | 1 000 000 | 10^6 |
| кіло | тисяча | к | 1000 | 10^3 |
| гекто | сто | г | 100 | 10^2 |
| дека | десять | да | 10 | 10^1 |
| деци | десять | д | 0,1 | 10^{-1} |
| санти | сто | с | 0,01 | 10^{-2} |
| мілі | тисяча | м | 0,001 | 10^{-3} |
| мікро | малий | мк | 0,000001 | 10^{-6} |
| нано | карлик | н | 0,000000001 | 10^{-9} |

| Величина | Формула утворення коефіцієнта | Коефіцієнт в експотенційній формі | Коефіцієнт в звичайній формі |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| квадратний кілометр (км ²) | $(10^3 \text{ м})^2$ | 10^6 м^2 | 1 000 000 м ² |
| квадратний дециметр (дц ²) | $(10^{-1} \text{ м})^2$ | 10^{-2} м^2 | 0,01 м ² |
| квадратний сантиметр (см ²) | $(10^{-2} \text{ м})^2$ | 10^{-4} м^2 | 0,0001 м ² |
| квадратний міліметр (мм ²) | $(10^{-3} \text{ м})^2$ | 10^{-6} м^2 | 0,000001 м ² |

| Величина | Формула утворення коефіцієнта | Коефіцієнт в експотенційній формі | Коефіцієнт в звичайній формі |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| кубічний кілометр (км ³) | $(10^3 \text{ м})^3$ | 10^9 м^3 | 1 000 000 000 м ³ |
| кубічний дециметр (дц ³) | $(10^{-1} \text{ м})^3$ | 10^{-3} м^3 | 0,001 м ³ |
| кубічний сантиметр (см ³) | $(10^{-2} \text{ м})^3$ | 10^{-6} м^3 | 0,000001 м ³ |
| кубічний міліметр (мм ³) | $(10^{-3} \text{ м})^3$ | 10^{-9} м^3 | 0,000000001 м ³ |

| | | |
|------------|-------------|----------------------|
| 1 тона | 1000 кг | 10^3 кг |
| 1 центнер | 100 кг | 10^2 кг |
| 1 грам | 0,001 кг | 10^{-3} кг |
| 1 міліграм | 0,000001 кг | 10^{-6} кг |

| | |
|-----------|-------------------|
| 1 хвилина | 60 секунд |
| 1 година | 60 хвилин |
| 1 година | 3600 секунд |
| 1 доба | 24 години |
| 1 доба | 1440 хвилин |
| 1 доба | 86 400 секунд |
| 1 рік | 365 діб |
| 1 рік | 8760 годин |
| 1 рік | 525 600 хвилин |
| 1 рік | 31 536 000 секунд |



Гравітаційна взаємодія – взаємне притягання матеріальних об’єктів.

Закон всесвітнього тяжіння:

$$F = G \frac{Mm}{R^2}, \text{ де } M, m - \text{маси тіл, } R - \text{відстань між тілами } (0, \infty),$$

$$\text{гравітаційна стала } G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Електромагнітна взаємодія – електрична і магнітна взаємодія.

Електрична взаємодія – взаємодія між зарядженими (наелектризованими) тілами.

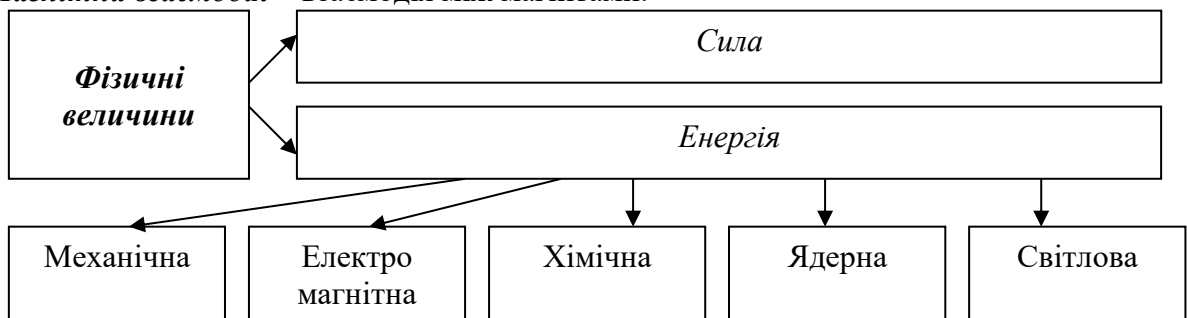
Закон Кулона:

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

де q_1, q_2 – величина електричних зарядів, R – відстань між зарядами $(0, \infty)$,

стала величина $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Н} \times \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

Магнітна взаємодія – взаємодія між магнітами.

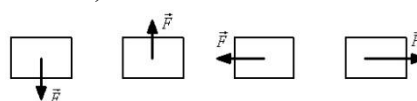


Сила – фізична величина, за допомогою якої кількісно визначають взаємодію тіл.

Сила має: величину – $[F] = \text{Н}$ (ньютон),

напрямок – \vec{F} ,

точку прикладання



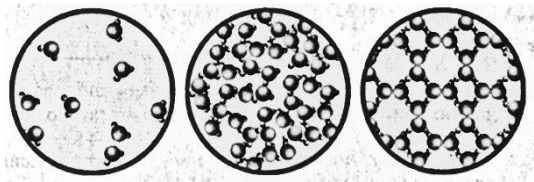
Енергія – фізична величина, що характеризує здатність тіла виконувати роботу.

Енергія має величину $[W] = \text{Дж}$ (джоуль)

Будова речовини

I. Речовина складається з молекул, між якими є проміжки (речовина ділиться).

1. Молекула – найменша частинка речовини, яка зберігає її властивості. Молекули складаються з атомів. Молекули однієї й тієї ж речовини в різних агрегатних станах однакові.



Кристалічні тіла – атоми (молекули) розташовані впорядковано та утворюють кристалічні решітки.

Аморфні тіла – атоми (молекули) розташовані хаотично.

2. Атоми складаються з ядра та електронної оболонки.
3. Ядро складається з протонів та нейтронів.

Електрон ${}^0_{-1}e$, заряд $e = -1,6 \times 10^{-19}$ Кл = $-1e$, маса $m = 9,1 \times 10^{-31}$ кг.

Протон ${}^1_{+1}p$, заряд $q = +1,6 \times 10^{-19}$ Кл = $+1e$, маса $m = 1,6726 \times 10^{-27}$ кг.

Нейтрон 1_0n , заряд $q = 0$, маса $m = 1,6749 \times 10^{-27}$ кг.

II. Молекули хаотично рухаються (дифузія, броунівський рух).

1. Дифузія – змішування двох або декількох речовин.
2. Броунівський рух – хаотичний рух частинок, зважених в рідині або газі.

III. Молекули взаємодіють (притягуються або відштовхуються).

| Стан речовини | Властивості | Відстань між молекулами | Взаємодія молекул | Рух молекул | Зміна агрегатного стану |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|--|
| Газоподібний | Не зберігає форму та об'єм | Дорівнює декільком розмірам молекул | Слабка | Поступально-хаотичний | <p>Пароутворення Конденсація Плавлення Кристалізація Сублімація Ресублімація</p> |
| Рідкий | Не зберігає форму, зберігає об'єм | Дорівнює приблизно розмірам молекул | Сильна | Коливально-хаотичний | |
| Твердий | Зберігає форму та об'єм | Дорівнює розмірам молекул | Дуже сильна | Коливальний | |

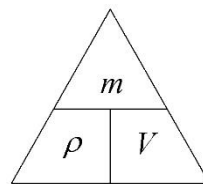
Густина речовини.

Густина речовини – фізична величина, що характеризує певну речовину та чисельно дорівнює масі речовини в одиничному об'ємі.

$$\text{густина речовини} = \frac{\text{маса тіла}}{\text{об'єм тіла}}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$



$$m = m_1 + m_2 \quad V = V_1 + V_2$$

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{1000\text{г}}{1000000\text{см}^3} = 0,001 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{0,001\text{кг}}{0,000001\text{м}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$$

Таблиця густий деяких речовин у твердому стані

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|---------------|----------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Осмій | 22 500 | 22,5 | Мармур | 2700 | 2,7 |
| Іридій | 22 400 | 22,4 | Граніт | 2600 | 2,6 |
| Платина | 21 500 | 21,5 | Скло | 2500 | 2,5 |
| Золото | 19 300 | 19,3 | Порцеляна | 2300 | 2,3 |
| Свинець | 11 300 | 11,3 | Бетон | 2200 | 2,2 |
| Срібло | 10 500 | 10,5 | Оргскло | 1200 | 1,2 |
| Мідь | 8900 | 9,9 | Капрон | 1140 | ІД |
| Латунь | 8500 | 8,5 | Поліетилен | 940 | 0,9 |
| Сталь, залізо | 7800 | 7,8 | Парафін | 900 | 0,9 |
| Олово | 7300 | 7,3 | Лід | 900 | 0,9 |
| Цинк | 7100 | 7,1 | Дуб сухий | 800 | 0,8 |
| Чавун | 7000 | 7,0 | Сосна суха | 440 | 0,4 |
| Алюміній | 2700 | 2,7 | Пробка | 240 | 0,2 |

Таблиця густин деяких речовин у рідкому стані

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|---|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| Ртуть | 13600 | 13,60 | Бензол | 880 | 0,88 |
| Рідке олово (за $t = 409 \text{ }^\circ\text{C}$) | 6830 | 6,83 | Рідке повітря (за $t = -194 \text{ }^\circ\text{C}$) | 860 | 0,86 |
| Сульфатна кислота | 1800 | 1,80 | Нафта | 800 | 0,80 |
| Мед | 1420 | 1,42 | Гас | 800 | 0,80 |
| Вода морська | 1030 | 1,03 | Спирт | 800 | 0,80 |
| Вода чиста | 1000 | 1,00 | Ацетон | 790 | 0,79 |
| Олія | 900 | 0,90 | Ефір | 710 | 0,71 |
| Машинне мастило | 900 | 0,90 | Бензин | 710 | 0,71 |

**Таблиця густин деяких речовин у газоподібному стані
(за температури 0 °С та тиску 760 мм рт. ст.)**

| Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ | Речовина | ρ , кг/м ³ | ρ , г/см ³ |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Хлор | 3,210 | 0,00321 | Азот | 1,250 | 0,00125 |
| Вуглекислий газ | 1,980 | 0,00198 | Чадний газ | 1,250 | 0,00125 |
| Кисень | 1,430 | 0,00143 | Гелій | 0,180 | 0,00018 |
| Повітря | 1,290 | 0,00129 | Водень | 0,090 | 0,00009 |

Теплове розширення тіл.

Теплове розширення тіл:

1. під час нагрівання збільшуються розміри проміжків між молекулами – розміри тіл збільшуються;
2. під час охолодження зменшуються розміри проміжків між молекулами – розміри тіл зменшуються.

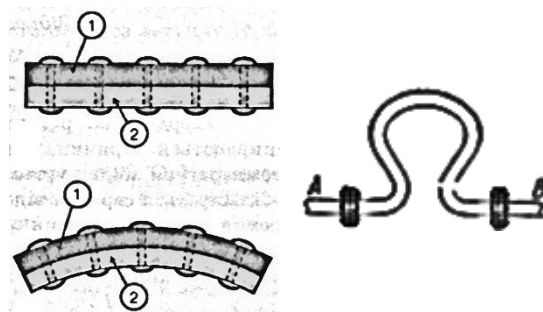
$l = l_0(1 + \alpha t^0)$ - лінійне розширення тіл.

l_0 - довжина тіла за температури 0°С;

α - температурний коефіцієнт лінійного розширення;

t^0 - температура тіла за шкалою Цельсія в °С;

l - довжина тіла за даної температури.



Температурний коефіцієнт лінійного розширення - фізична величина, що характеризує теплове розширення матеріалу, та чисельно дорівнює відношенню зміни довжини тіла внаслідок його нагрівання на 1°С до початкової довжини.

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 t^0}$$

$$\Delta l = l - l_0$$

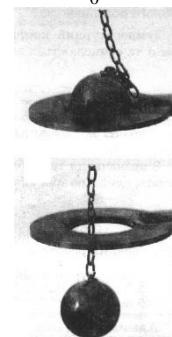
$V = V_0(1 + \beta t^0)$ - об'ємне розширення тіл.

V_0 - об'єм тіла за температури 0°С;

β - температурний коефіцієнт об'ємного розширення;

t^0 - температура тіла за шкалою Цельсія в °С;

V - об'єм тіла за даної температури.



Температурний коефіцієнт об'ємного розширення - фізична величина, що характеризує теплове розширення матеріалу, та чисельно дорівнює відношенню зміни об'єму тіла внаслідок його нагрівання на 1°С до початкового об'єму.

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0 t^0}$$

$$\Delta V = V - V_0$$

$$\beta \approx 3\alpha$$

Температурний коефіцієнт лінійного розширення деяких твердих тіл

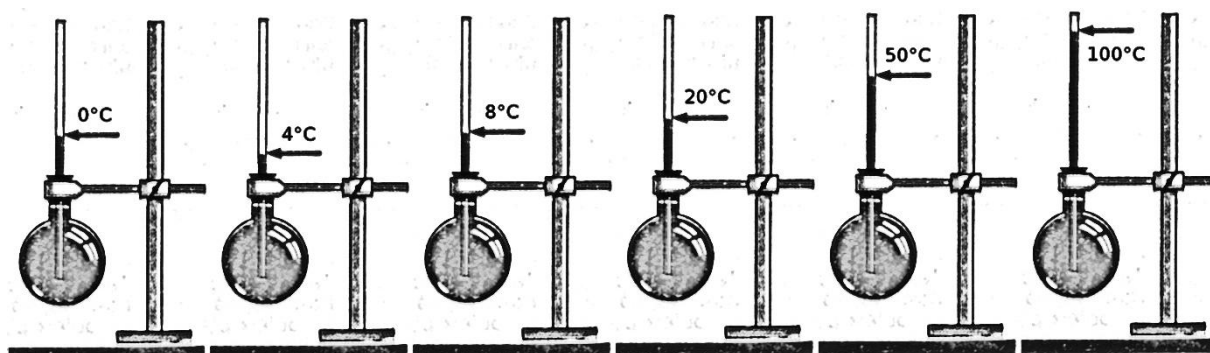
| Речовина | α , 1/°С | α , 1/°С | Речовина | α , 1/°С | α , 1/°С |
|--------------------------|----------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------|
| Алюміній, дюралюміній | $2,4 \times 10^{-5}$ | 0,000024 | Нікель | $1,28 \times 10^{-5}$ | 0,0000128 |
| Бетон, цемент | $1,4 \times 10^{-5}$ | 0,000014 | Олово | $2,7 \times 10^{-5}$ | 0,000027 |
| Бронза | $1,8 \times 10^{-5}$ | 0,000018 | Платина | 9×10^{-6} | 0,000009 |
| Вольфрам | 4×10^{-6} | 0,000004 | Платиніт | 9×10^{-6} | 0,000009 |

| | | | | | |
|---------------|----------------------|-----------|---------|----------------------|----------|
| Залізо, сталь | $1,2 \times 10^{-5}$ | 0,000012 | Свинець | $2,9 \times 10^{-5}$ | 0,000029 |
| Золото | $1,4 \times 10^{-5}$ | 0,000014 | Скло | 9×10^{-6} | 0,000009 |
| Інвар | 6×10^{-7} | 0,0000006 | Срібло | $1,9 \times 10^{-5}$ | 0,000019 |
| Латунь | $1,9 \times 10^{-5}$ | 0,000019 | Цинк | $2,9 \times 10^{-5}$ | 0,000029 |
| Мідь | $1,7 \times 10^{-5}$ | 0,000017 | Чавун | $1,0 \times 10^{-5}$ | 0,00001 |
| | | | Ебоніт | $7,0 \times 10^{-5}$ | 0,00007 |

Температурний коефіцієнт об'ємного розширення деяких рідин

| Рідина | $\alpha, 1/^\circ\text{C}$ | $\alpha, 1/^\circ\text{C}$ | Рідина | $\alpha, 1/^\circ\text{C}$ | $\alpha, 1/^\circ\text{C}$ |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ацетон | $1,2 \times 10^{-3}$ | 0,0012 | Гас | $1,0 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| Бензин | $1,0 \times 10^{-3}$ | 0,001 | Глицерін | $5,0 \times 10^{-4}$ | 0,0005 |
| Вода при 5-10 °C | $5,3 \times 10^{-5}$ | 0,000053 | Ефір етиловий | $1,6 \times 10^{-3}$ | 0,0016 |
| 10-20 °C | $1,5 \times 10^{-4}$ | 0,00015 | Нафта | $1,0 \times 10^{-3}$ | 0,001 |
| 20-40 °C | $3,02 \times 10^{-4}$ | 0,000302 | Олія трансформаторна | 6×10^{-4} | 0,0006 |
| 40-60 °C | $4,58 \times 10^{-4}$ | 0,000458 | Ртуть | $1,8 \times 10^{-4}$ | 0,00018 |
| 60-80 °C | $5,87 \times 10^{-4}$ | 0,000587 | Сірчана кислота | $5,7 \times 10^{-4}$ | 0,00057 |
| 80-100 °C | $7,02 \times 10^{-4}$ | 0,000702 | Спирт етиловий | $1,1 \times 10^{-3}$ | 0,0011 |

Особливості теплового розширення води.



За температури 4°C вода має найменший об'єм та найбільшу густину.

Світло – електромагнітні хвилі, які сприймає око людини.

Джерело світла – фізичне тіло, атоми та молекули якого випромінюють світло.

Джерела світла: природні (Сонце, зорі, деякі світні об'єкти з-поміж тварин та рослин), штучні (створені людиною).

Джерела світла бувають тепловими (мають високу власну температуру) та люмінесцентні (не потребують високої власної температури).

Точкові джерела світла – їх розмір є відносно невеликим в порівнянні з відстанню від нього до приймача світла.

Протяжні джерела світла – в протилежному разі.

Фотометрія – розділ оптики, у якому розглядаються енергетичні характеристики світла в процесах його випромінювання, поширення та взаємодії із середовищем.

Світловий потік – це фізична величина, яка чисельно дорівнює кількості оцінюваної за зоровим відчуттям енергії, що падає на поверхню за одиницю часу.

$$\Phi = \frac{W}{t} \quad [\Phi] = \text{лм (люмен)}, \text{ від латинського } lumen - \text{ світло.}$$

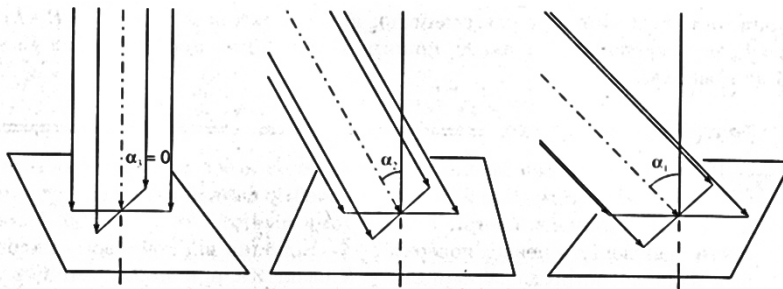
Сила світла – фізична величина, що характеризує світіння джерела світла в певному напрямку.

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad [I] = \text{кд (кандела)}, \text{ від латинського } candela - \text{ свічка.}$$

Освітленість – фізична величина, яка чисельно дорівнює світловому потоку, що падає на одиницю освітеної поверхні.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad [E] = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ лк (люкс)}, \text{ від латинського } lux - \text{ світло.}$$

Закони освітленості.



Освітленість поверхні залежить від:

- сили світла джерела;
- відстані до поверхні, що освітлюється;
- кута падіння світла на поверхню;
- кількості джерел світла.

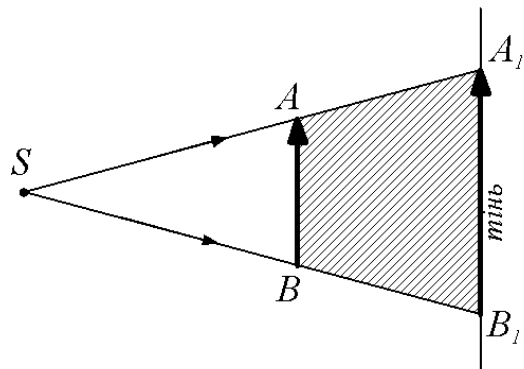
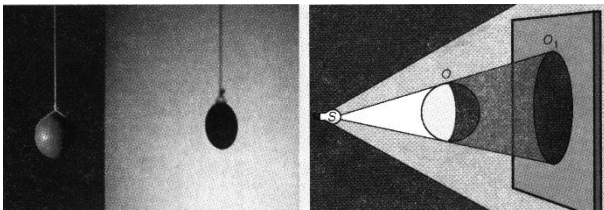
$$E = \frac{I}{R^2} \quad E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha \quad E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

Закон прямолінійного поширення світла.

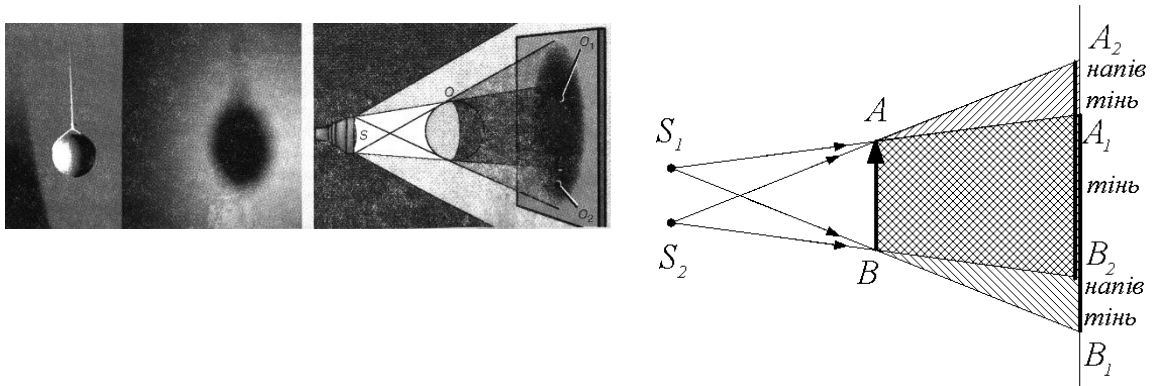
В прозорому однорідному середовищі світло поширюється прямолінійно.

Світловий промінь – це лінія, вздовж якої поширюється світлова енергія.

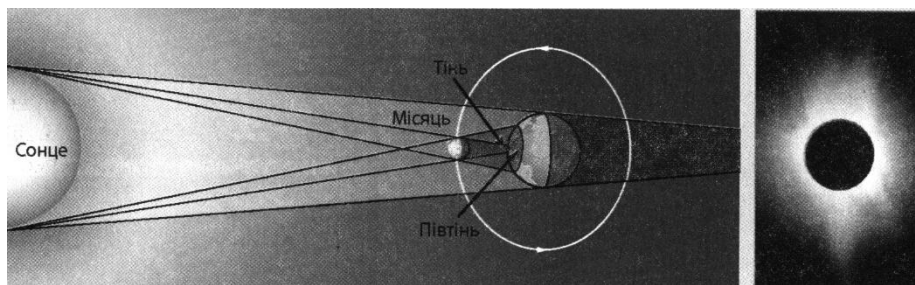
Утворення тіні.



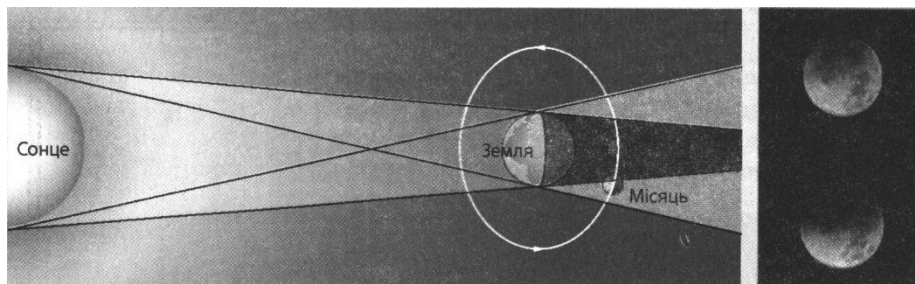
Утворення напівтіні.



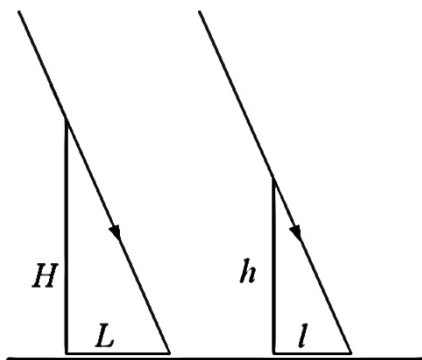
Сонячне затемнення



Місячне затемнення

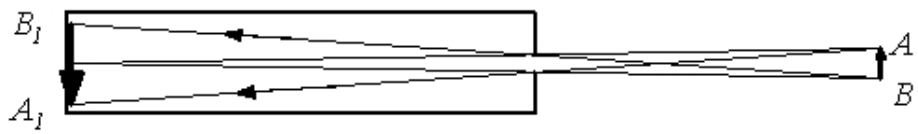


Біля поверхні Землі сонячні промені поширюються паралельно.



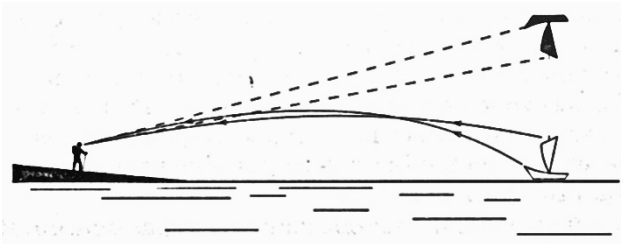
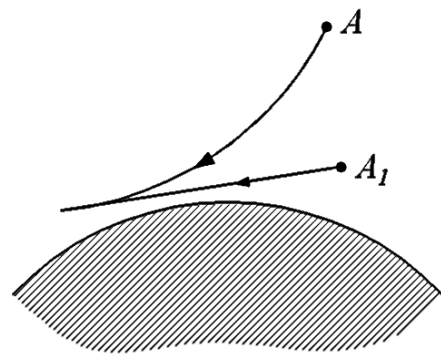
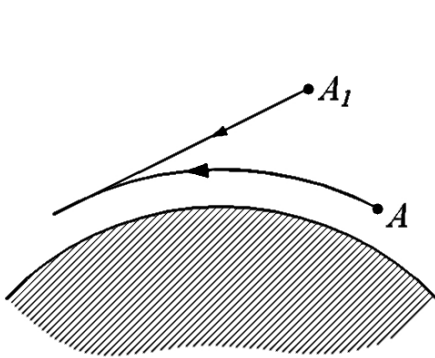
$$\frac{H}{h} = \frac{L}{l}$$

Камера обскури.



Верхній міраж

Нижній міраж

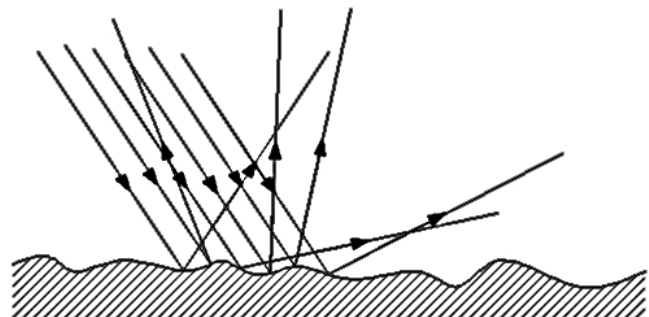
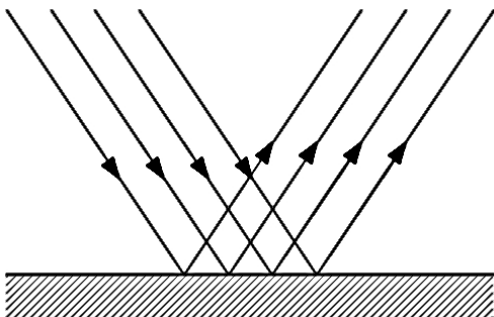


Відбивання світла

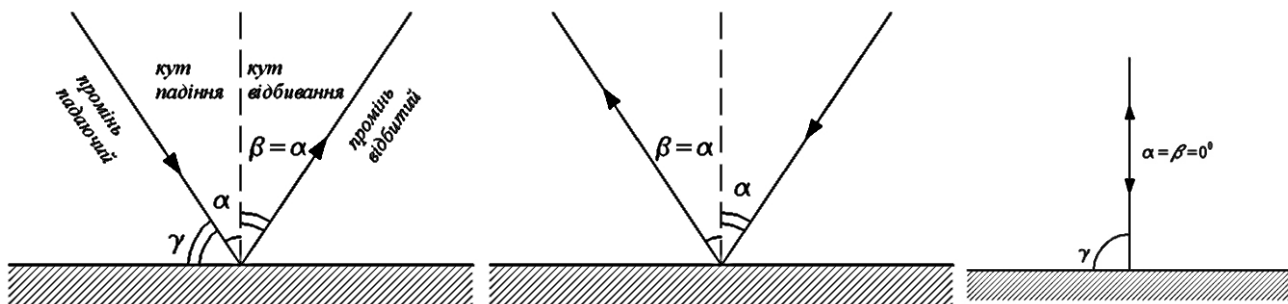
Відбивання світла – явище зміни напрямку поширення світла в однорідному середовищі.

Дзеркальне відбивання

Дифузне (розсіяне) відбивання



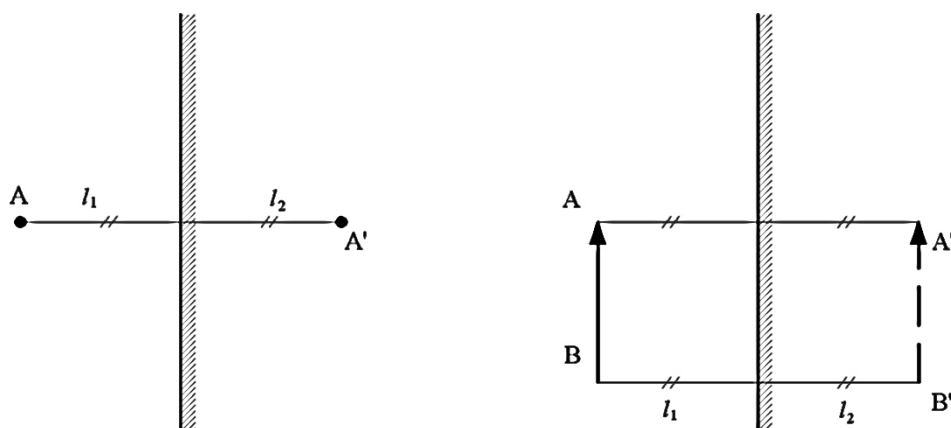
Закони відбивання



Перший закон: промінь падаючий, промінь відбитий та перпендикуляр до поверхні відбивання, поставлений з точки падіння променя, знаходяться в одній площині.

Другий закон: кут відбивання світла дорівнює куту падіння.

Зображення предмета в плоскому дзеркалі



Зображення в плоскому дзеркалі уявне, рівне, пряме, симетричне.

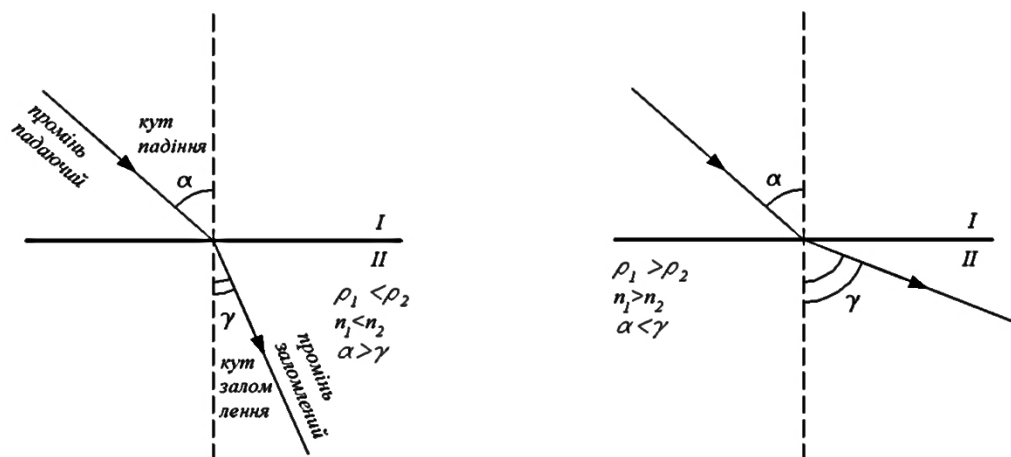
$$l_1 = l_2$$

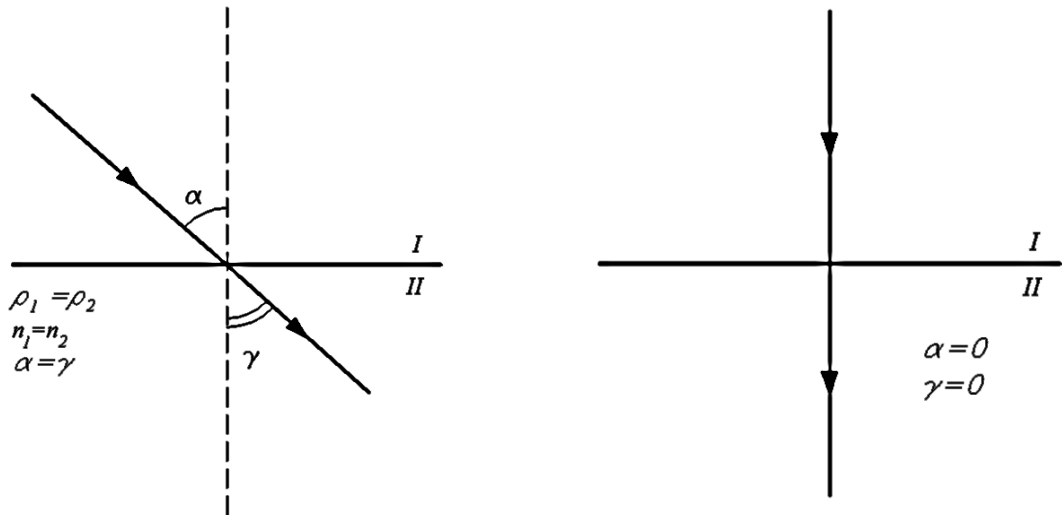
$N = \frac{360^\circ}{\varphi} - 1$, де N - кількість зображень в системі дзеркал,

φ - кут, який утворюють дзеркала.

Заломлення світла

Заломлення світла – зміна напрямку поширення світла під час переходу з одного середовища в інше.





Закони заломлення світла.

Перший закон: промінь падаючий, промінь заломлений та перпендикуляр до поверхні відбивання, поставлений з точки падіння променя, знаходяться в одній площині.

Другий закон: відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення є величина стала для даних двох середовищ, яка називається показником заломлення.

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}, \text{ для малих кутів } n \approx \frac{\alpha}{\gamma} \quad n = \frac{n_2}{n_1}$$

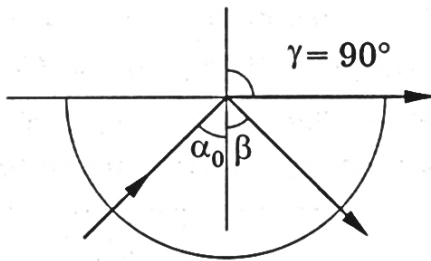
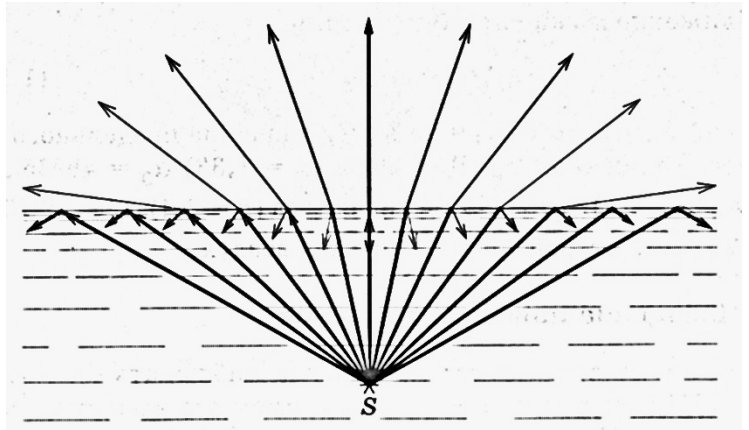
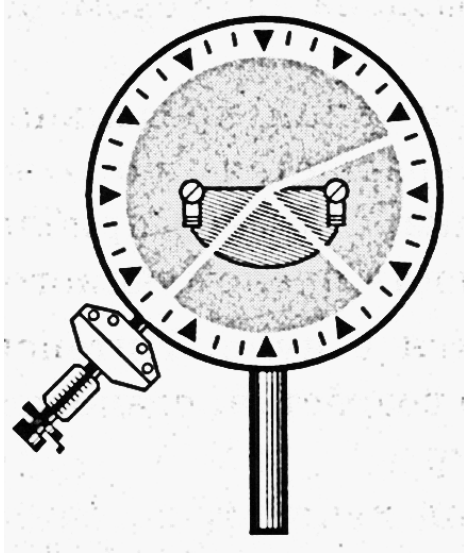
$n = \frac{c}{v}$, де c - швидкість світла в повітрі (вакуумі), v - швидкість світла в іншому середовищі. $c = 300000 \text{ км/с} = 3 \times 10^8 \text{ м/с}$

$n = \frac{v_1}{v_2}$, де v_1 - швидкість світла в I середовищі, v_2 - швидкість світла в II середовищі.

Показник заломлення деяких речовин

| Речовина | n | Речовина | n |
|--------------|------|--------------------|--------|
| Алмаз | 2,42 | Повітря | 1,0003 |
| Анілін | 1,59 | Рубін | 1,76 |
| Ацетон | 1,36 | Сірководень | 1,63 |
| Бензол | 1,50 | Скипидар | 1,51 |
| Вода | 1,33 | Спирт метиловий | 1,33 |
| Глицерин | 1,47 | Спирт етиловий | 1,36 |
| Кам'яна сіль | 1,54 | Скло (легкий крон) | 1,50 |
| Кварц | 1,54 | Скло (флінт) | 1,8 |
| Лід | 1,31 | Янтар (бурштин) | 1,55 |

Повне відбивання світла



α_0 - граничний кут падіння.

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1},$$

n_1 - показник заломлення середовища, з якого світло виходить,

n_2 - показник заломлення середовища, з якого світло входить,

$$n_1 > n_2$$

$$\alpha_0 = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Лінзи

Лінза – оптично прозоре тіло, обмежене двома сферичними поверхнями.

Формула лінзи: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

F – фокусна відстань – відстань від оптичного центра лінзи до фокусу;

d – відстань від оптичного центра лінзи до предмета;

f – відстань від оптичного центра лінзи до зображення.

Правило знаків: (+) – дійсна величина;

(-) – уявна величина.

Оптична сила лінзи: $D = \frac{1}{F}$, $[D] = \frac{1}{\text{м}} = \text{дптр (діоптрія)}$

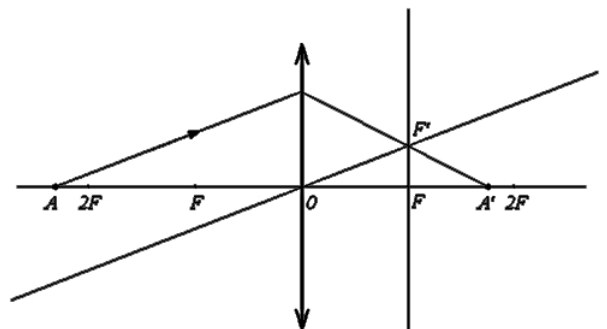
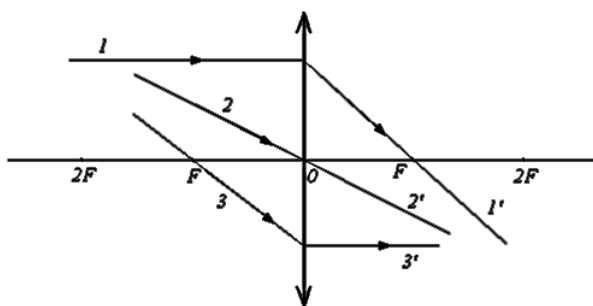
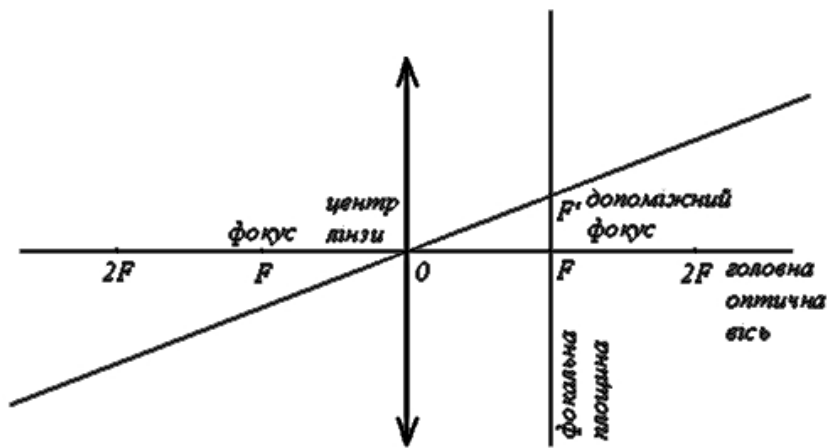
$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

Збільшення лінзи: $\Gamma = \frac{f}{d}$, $\Gamma = \frac{H}{h}$.

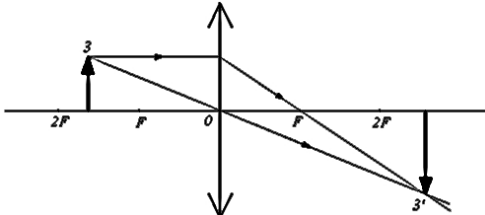
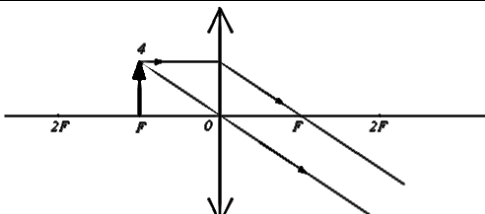
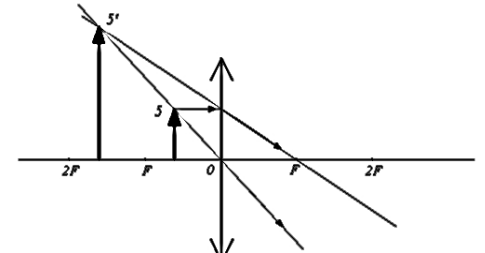
H - висота зображення;

h - висота предмета.

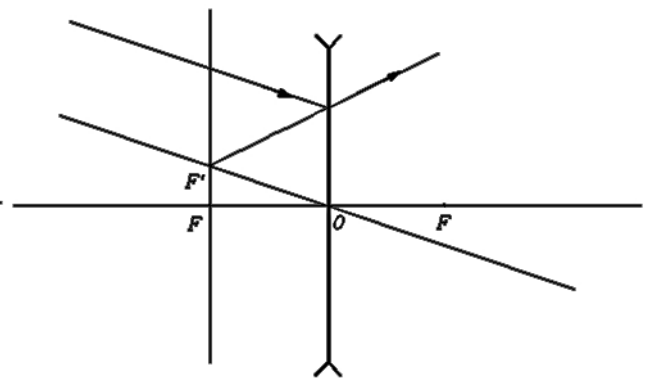
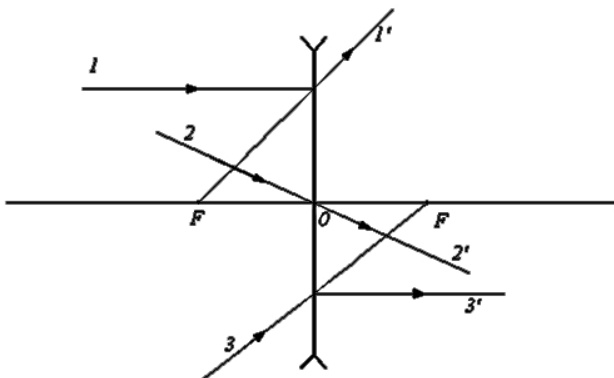
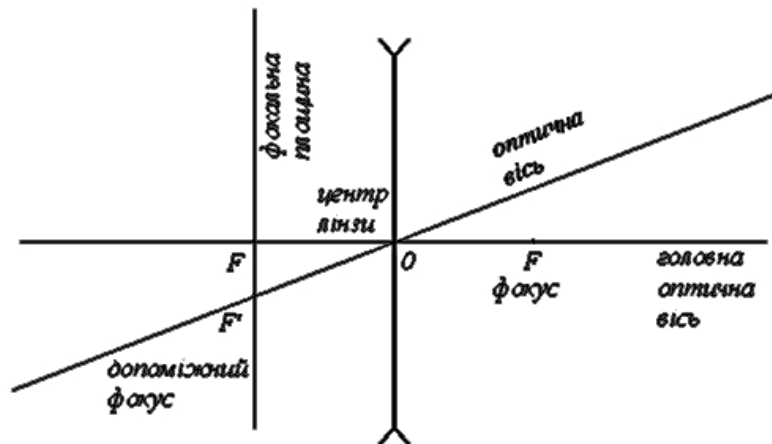
Збиральна (опукла) лінза

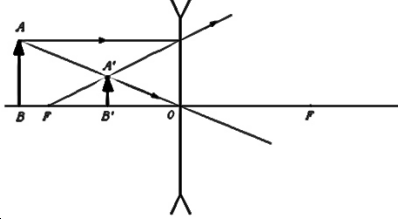


| Відстань між предметом та лінзою | Зображення | Вид зображення |
|---|------------|-----------------------------|
| $d > 2F$ $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ | | Дійсне, зменшене, обернене. |
| $d = 2F$ $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ | | Дійсне, рівне, обернене. |

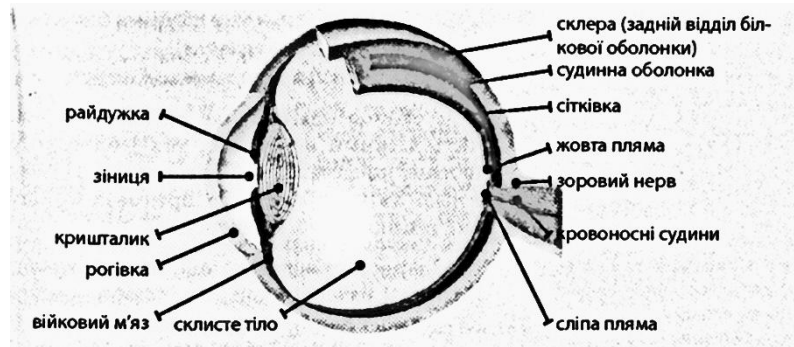
| | | |
|---|--|--|
| $F < d < 2F$ $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ |  | Дійсне, збільшене, обернене. |
| $d = F$ $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ |  | Уявне, збільшене, пряме, $f = \infty$. |
| $d < F$ $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ |  | Уявне, збільшене, пряме. |

Розсіювальна (увігнута) лінза



| Відстань між предметом та лінзою | Зображення | Вид зображення |
|---|--|-------------------------|
| $d > 0$ $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ |  | Уявне, зменшене, пряме. |

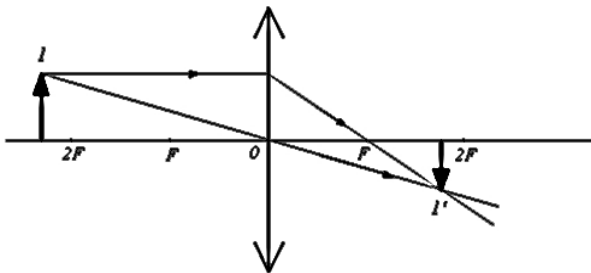
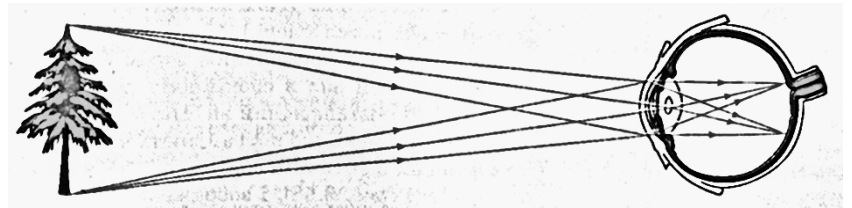
Око як оптична система



Лінза ока: рогівка, простір між рогівкою та кришталіком, кришталік, склисте тіло

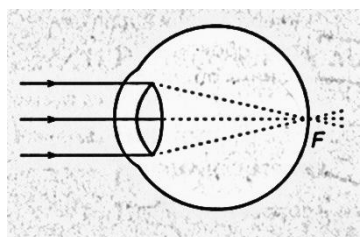
$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

$$F \approx 2 \dots 2,5 \text{ см}$$

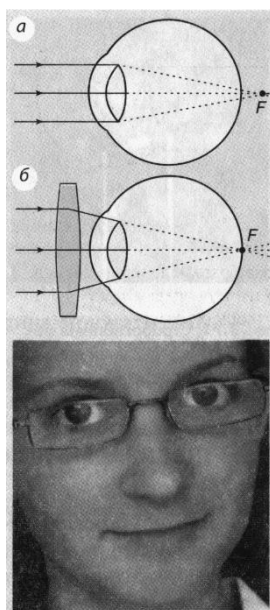


Зображення дійсне, зменшене, обернене.

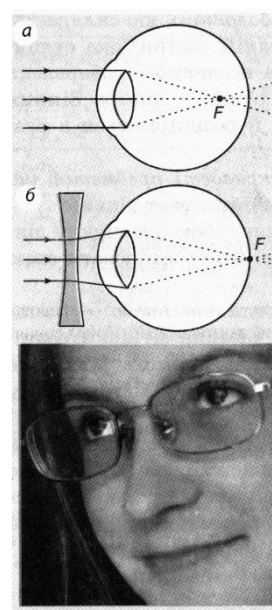
Дефекти зору



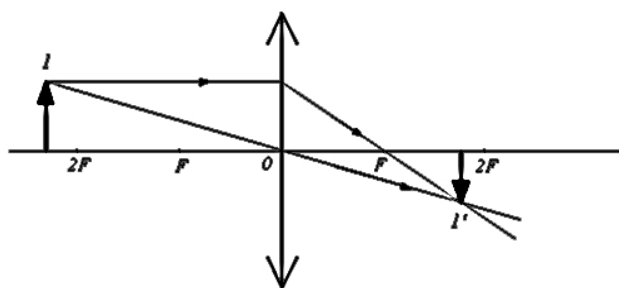
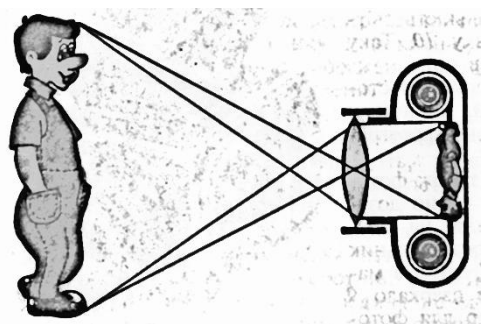
Далекозорість



Короткозорість

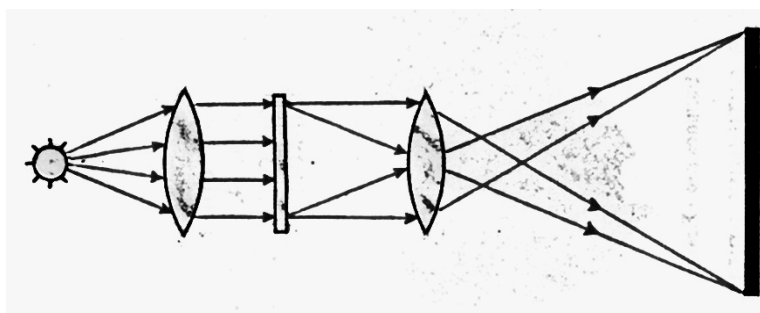
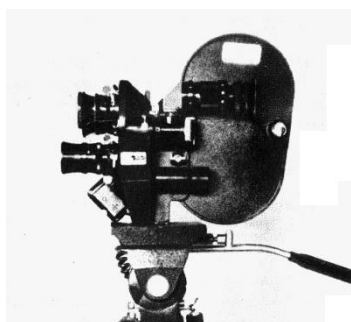


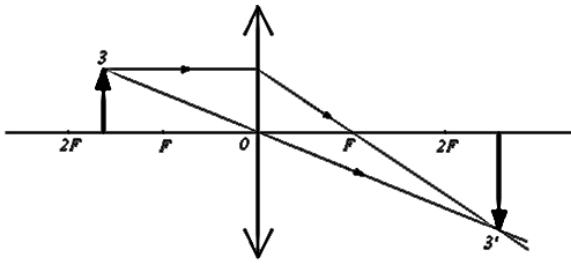
Фотоапарат



Зображення дійсне, зменшене, обернене.

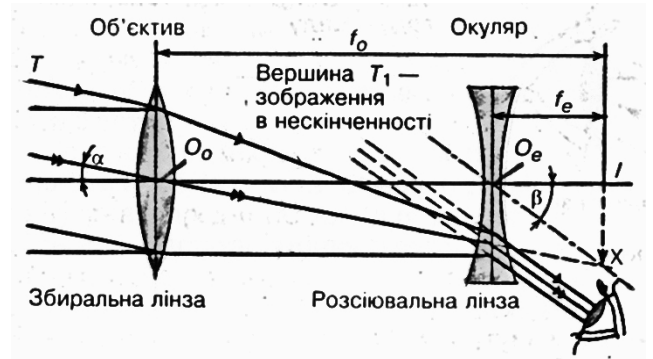
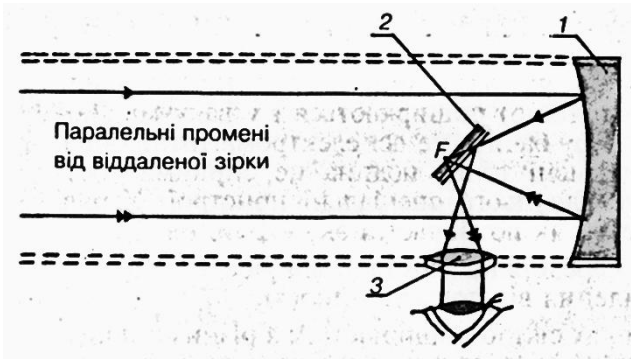
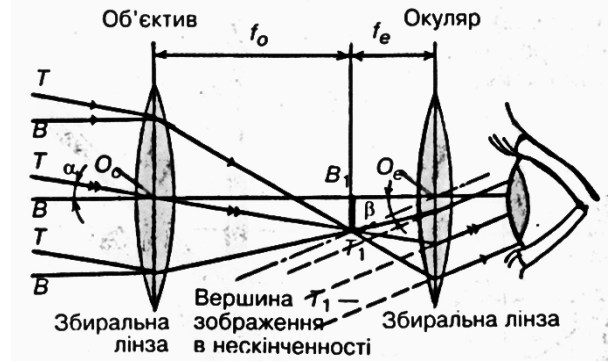
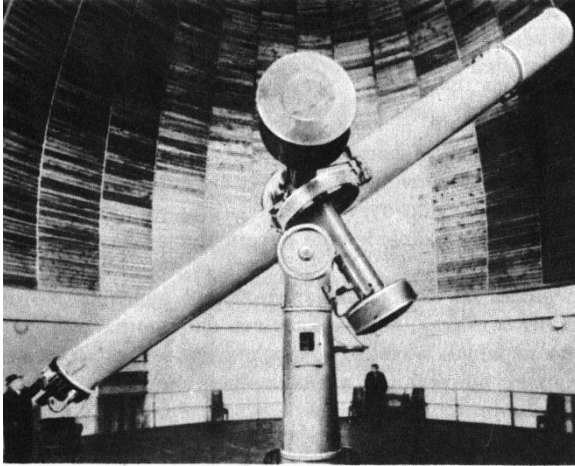
Проекційний апарат



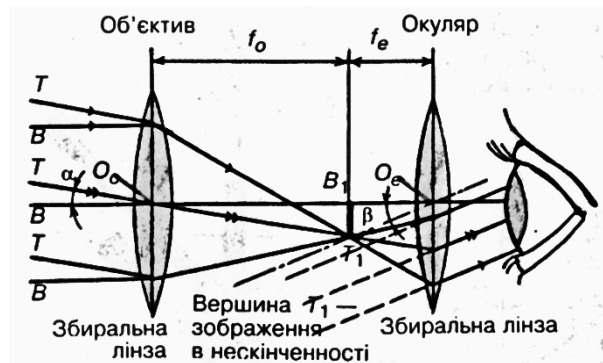
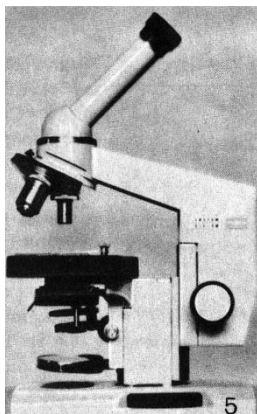


Зображення дійсне, збільшене, обернене.

Телескоп

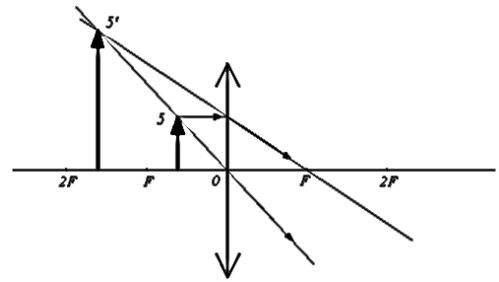


Мікроскоп



Луна

За одиницю со
акого проводни
В сила тока рае



Зображення уявне, збільшене, пряме.

Додаткові дані

| | |
|---|--|
| <p>Довжина кола $l = \pi D = 2\pi R$ ($\pi \approx 3,14$)</p> <p>Площа круга $S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2$</p> | |
| <p>Периметр прямокутника $l = 2(a+b)$</p> <p>Площа прямокутника $S = ab$</p> | |
| <p>Площа поверхні кулі $S = 4\pi R^2$</p> <p>Об'єм кулі $V = \frac{4}{3}\pi R^3$</p> | |
| <p>Об'єм прямокутного паралелепіпеда $V = abc$</p> | |
| <p>Об'єм циліндра $V = \pi R^2 h$</p> | |

Для додаткових записів