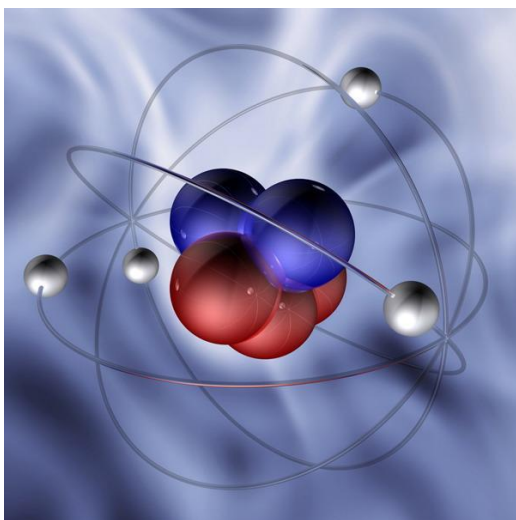


ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА.



Лекция 4

ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

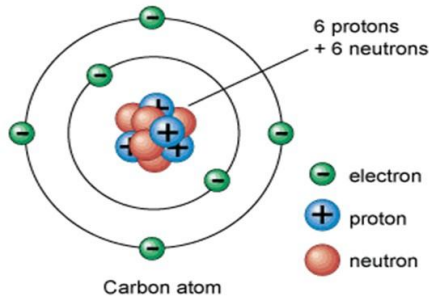
Часть II

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

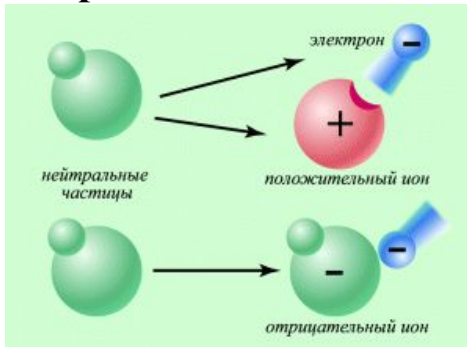
Любое тело состоит из *молекул*, молекулы — из *атомов*.

Атомы состоят из положительно заряженного **ядра** и окружающих его отрицательно заряженных **электронов**. Ядро состоит из **нейтронов** не имеющих заряда и положительно заряженных **протонов**. В обычном состоянии количество положительных и отрицательных зарядов в атоме одинаково, а атом в целом нейтрален.

Строение атома



Образование ионов



Причины электризации



При электризации одни вещества отдают электроны, а другие их присоединяют.

Это интересно:



Тело взрослого человека состоит из 14 триллионов клеток, которые, в свою очередь, состоят из 7,000,000,000,000,000,000,000,000 (7 октильонов) атомов.

Элементарный заряд

(заряд электрона)

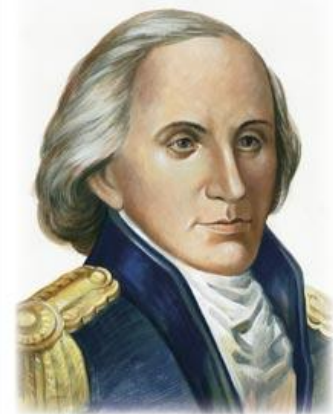
$$e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

В результате переходов электронов образуются **ионы** — атомы или группы атомов, в которых число электронов не равно числу протонов. Если ион содержит отрицательно заряженных частиц больше, чем положительно заряженных, то такой ион называют **отрицательным**. В противоположном случае ион называют **положительным**.

Закон Кулона

Наблюдения показывают:

- разноименные заряды притягиваются,
- одноименные заряды отталкиваются



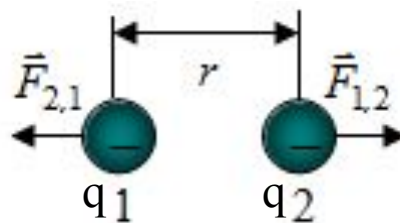
Кулон Шарль Огюстен
(1736-1806)

Закон Ш. Кулона: Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

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

, где

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

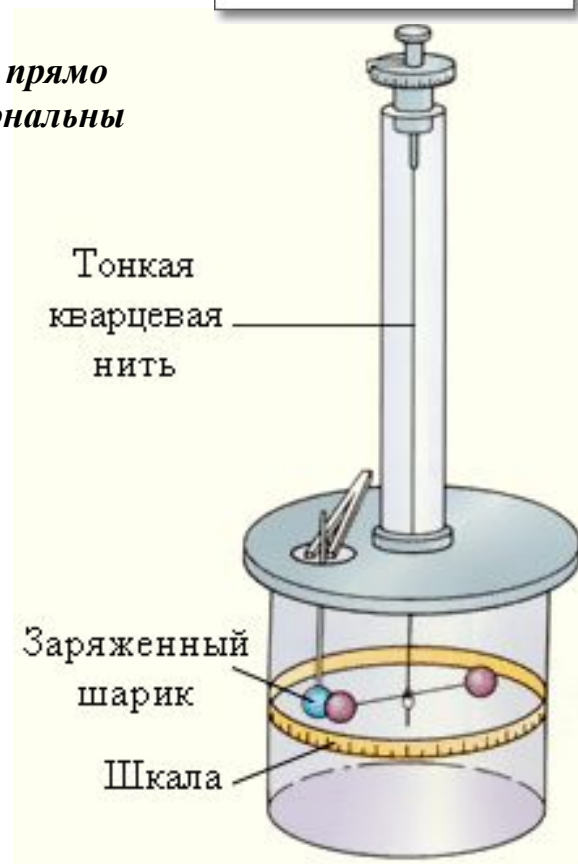


$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

- электрическая постоянная

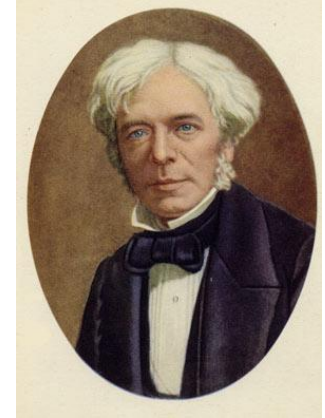
Чем обусловлено взаимодействие между зарядами ?

- *Концепция дальнего действия* - мгновенно заряды «чувствуют» друг друга через пустоту;
- *Концепция ближнего действия* - через «посредника» с конечной скоростью)?



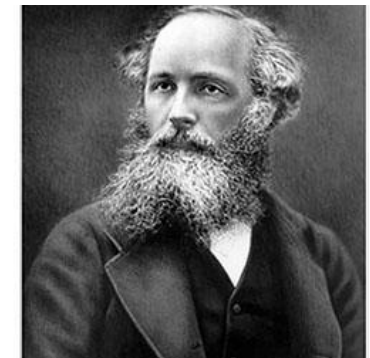
Опыт Шарля Огюстена Кулона

Майкл Фарадей предположил, что заряд создаёт в окружающем пространстве **электрическое поле** - особый вид материи, действующий на находящиеся в нём заряды.



Майкл Фарадей
(1791 - 1867)

Идеи Фарадея развил его ученик **Джеймс Кларк Максвелл**. Он предположил и теоретически доказал, что электромагнитные взаимодействия передаются в пространстве с конечной скоростью, равной **скорости света $c=300\ 000$ км/с**.



**Джеймс Кларк
Максвелл**
(1831 - 1879)

Электрическое поле:

- **материально** - существует независимо от нас и наших знаний о нем;
- **создается зарядами**;
- главное свойство - **действует на заряды** с силой.

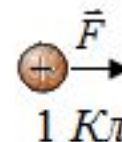
Напряженность электрического поля

сила поля, действующая на единичный положительный точечный заряд, помещенный в данную точку

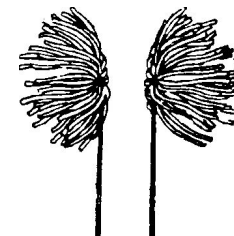
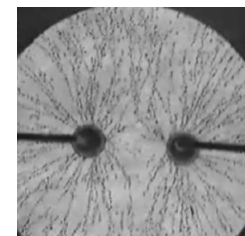
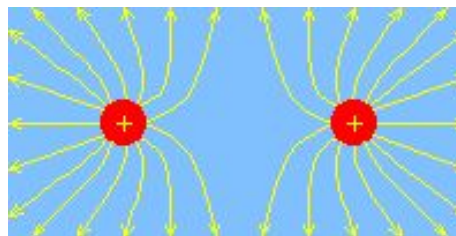
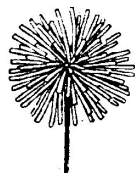
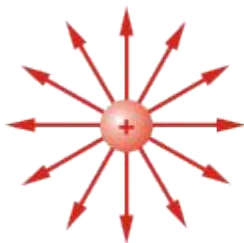
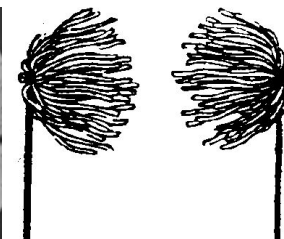
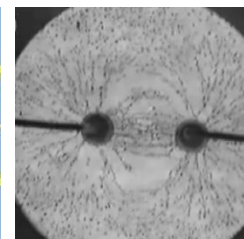
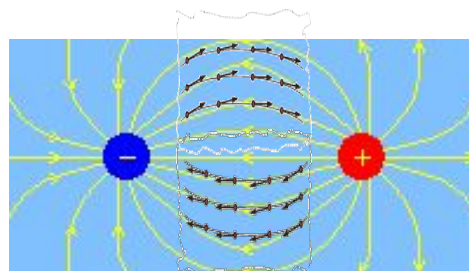
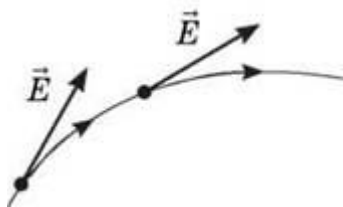
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$\left[\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right]$$

\vec{E} – напряженность электрического поля
 \vec{F} – сила, с которой поле действует на пробный положительный заряд
 q – величина этого заряда



Линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вектора напряженности называют **линией напряженности**



Потенциал электрического поля

потенциальная энергия, которой обладает единичный положительный точечный заряд в данной точке поля

$$\varphi = \frac{W_p}{q}$$

φ - потенциал электрического поля
 W_p - потенциальная энергия пробного положительного заряда
 q - величина этого заряда

Принято считать равной нулю потенциальную энергию бесконечно удаленного заряда

$$\varphi_{\infty} = 0$$

В потенциальном поле **работа поля** определяется:

$$A_{12} = W_1 - W_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2) \Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q}$$

Если $\varphi_2 = \varphi_{\infty}$, то $\varphi = \frac{A}{q}$

Потенциал электрического поля равен работе поля по перемещению единичного положительного точечного заряда изданной точки поля в бесконечность

Эквипотенциальная поверхность - местоположение точек равного потенциала

Работа поля по замкнутому контуру и вдоль эквипотенциальной поверхности равна нулю

$$U_{12} = \varphi_2 - \varphi_1 = -A_{12} - \text{напряжение}$$

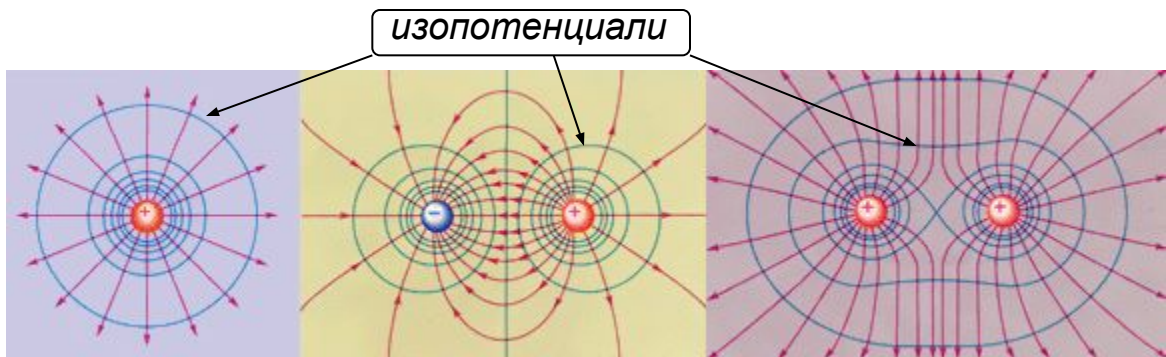
[U]=В - вольт

Напряженность электрического поля по модулю равна градиенту его потенциала

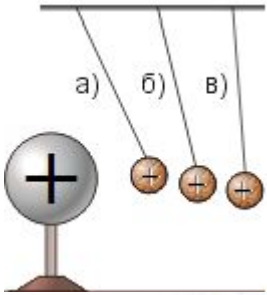
$$E = -\frac{d\varphi}{dr}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

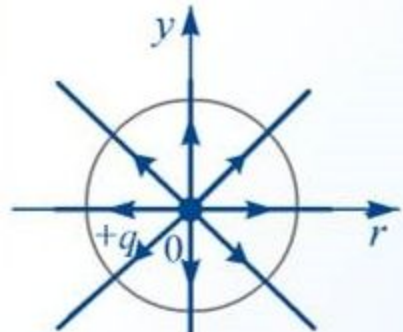
, где d - расстояние между точками 1 и 2



Электрическое поле уединенного заряда



Пусть
электрическое
поле создается
уединенным
зарядом

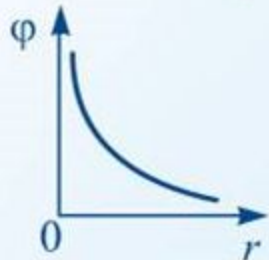
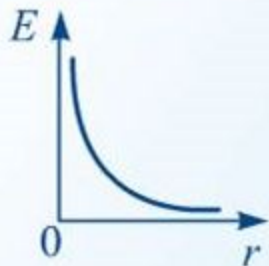


Напряженность

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

Потенциал

$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r}$$



Емкость

- свойство тела удерживать электрические заряды;

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

[C] = 1 Ф (фарад)

$$1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$$

C - величина заряда, способного изменить потенциал проводника на единицу.

КОНДЕНСАТОР

- устройство для накопления заряда

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

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



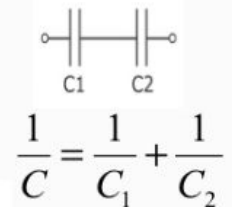
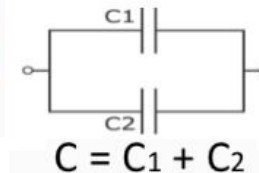
S - площадь пластин

ϵ - диэлектрическая проницаемость

d - расстояние между пластинами

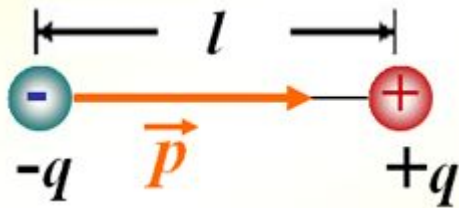
Энергия заряженного конденсатора

$$W_p = \frac{CU^2}{2}$$



Электрический диполь

– это система двух точечных зарядов $+q$ и $-q$, жестко связанных между собой и смещенных на расстояние l друг относительно друга.



\vec{l} - плечо диполя

\vec{p} - электрический (дипольный) момент

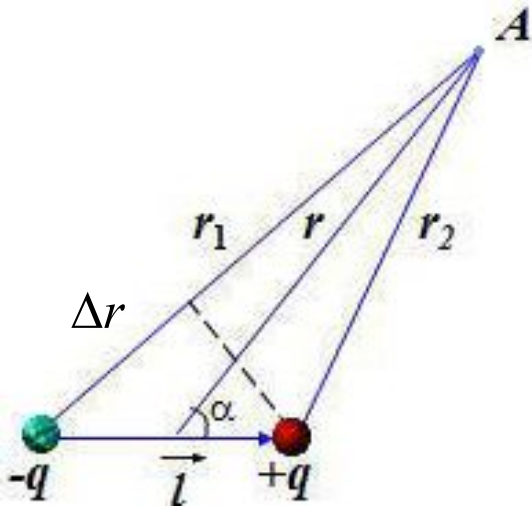
$$\vec{p} = ql$$

Потенциал поля диполя:

r - расстояние от диполя до точки А

l - плечо диполя

$l \ll r$



$$\varphi_{\text{дип}} = \varphi_+ + \varphi_- = -k \frac{q}{r_+} + k \frac{q}{r_-} = k \left(\frac{q}{r_+} - \frac{q}{r_-} \right) = kq \left(\frac{r_- - r_+}{r_+ r_-} \right) = kq \frac{\Delta r}{r^2}$$

$$\varphi_{\text{дип}} = k \frac{ql \cos \alpha}{r^2} = k \frac{p \cos \alpha}{r^2}$$

Электрический ток

– упорядоченное движение заряженных частиц.

Для существования электрического тока необходимы следующие условия:

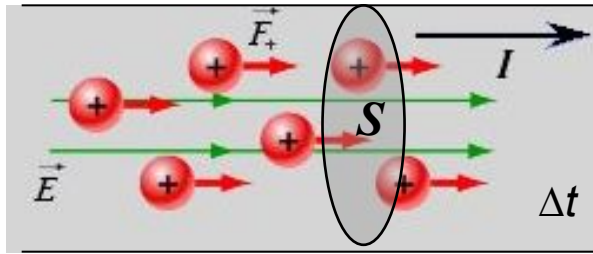
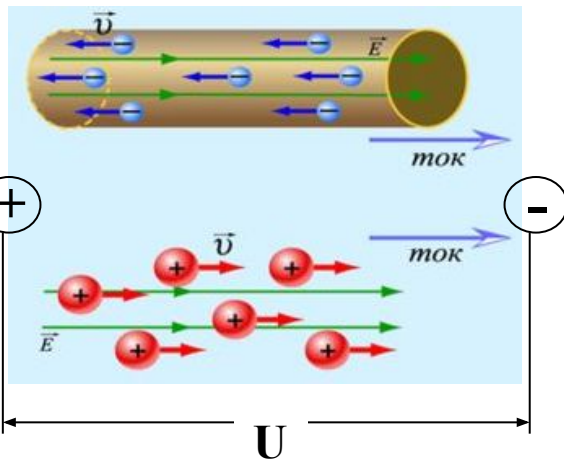
1. Наличие свободных электрических зарядов в проводнике;
2. Наличие внешнего электрического поля для проводника.

Сила тока I – это количество заряда q , перенесенное через поперечное сечение проводника в единицу времени.

$$I = \frac{q}{t} \quad [\text{A}] \text{-ампер}$$

Плотность тока:

$$j = \frac{q}{St} = \frac{I}{t} \quad \left[\frac{\text{A}}{\text{м}} \right]$$

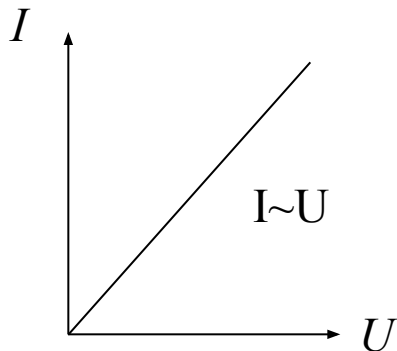
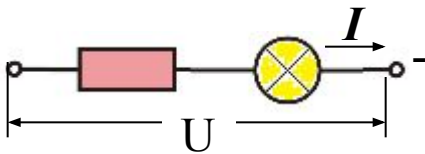


На участке электрической цепи сила тока прямо пропорциональна напряжению:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{- закон Ома}$$

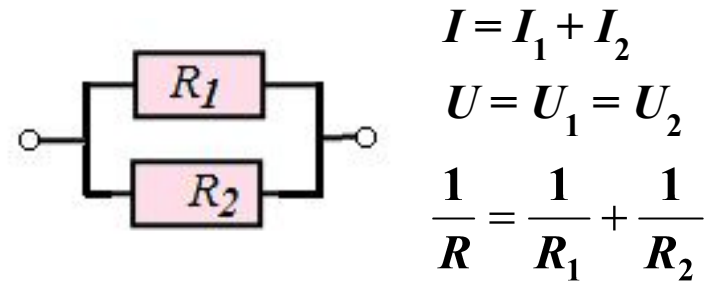
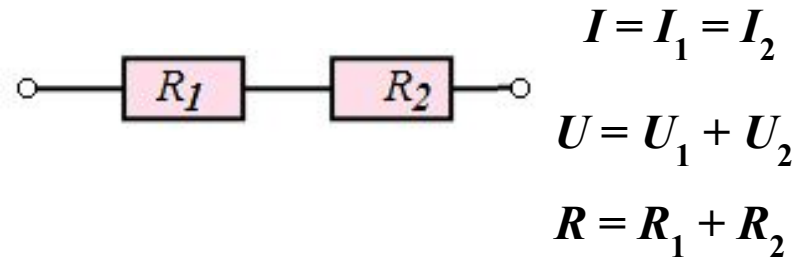
R [Ом] – сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad \text{где } \rho \text{ – удельное сопротивление}$$



Georgas OMAS
1787–1854

Последовательное и параллельное
соединение проводников



Работа электрического поля (тока): $A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ [Дж]-джоуль

Мощность тока: $P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ [Вт]-ватт

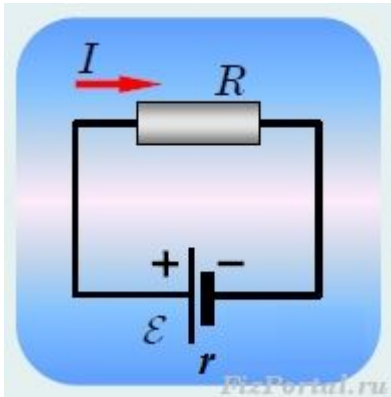
Работа сил электрического тока приводит к нагреванию проводника

Количество теплоты, выделяемое проводником с током:

$Q = A = I^2 R t$ - закон
Джоуля-Ленца

Для поддержания тока в цепи необходим источник тока. Характеристика источника тока его «электродвижущая сила» (ЭДС).

ЭДС – работа сторонних сил по перемещению положительного заряда



$\varepsilon = \frac{A_{cm}}{q}$ [В]

Закон Ома для полной цепи

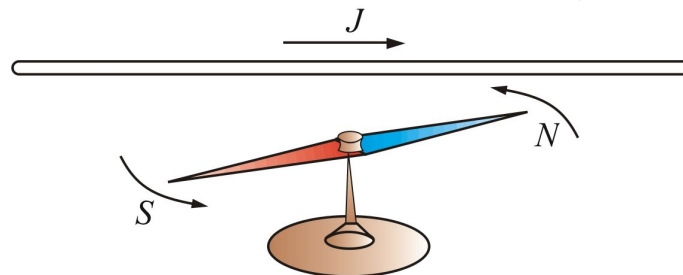
$I = \frac{E}{r + R}$

Магнитное поле

1. В природе существуют постоянные магниты
2. Магнитная стрелка поворачивается около проводника электрического тока
3. Проводники с током испытывают взаимное притяжение или отталкивание при пропускании через них электрического тока



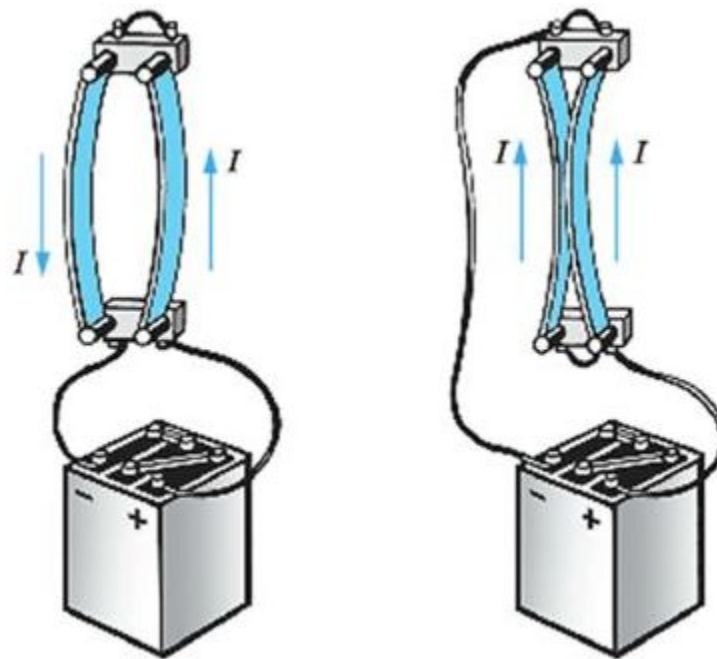
магнитный железняк (магнетит)



Опыт Эрстеда

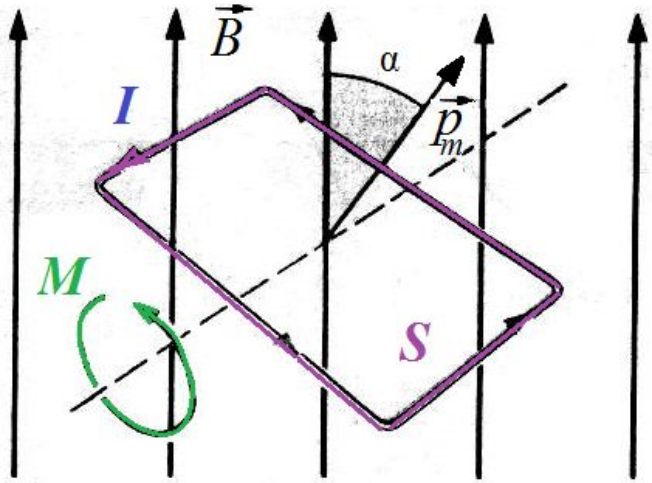
Причина возникновения магнитного взаимодействия заключается в наличии вокруг проводников с током **магнитного поля**.

Магнитное поле порождается движущимися электрическими зарядами, и оно действует только на движущиеся в нем заряды



Опыт Ампера

На небольшую рамку с током в магнитном поле действует пара сил, создающих вращающий момент M , который зависит от направления рамки в магнитном поле/х



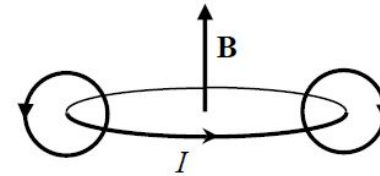
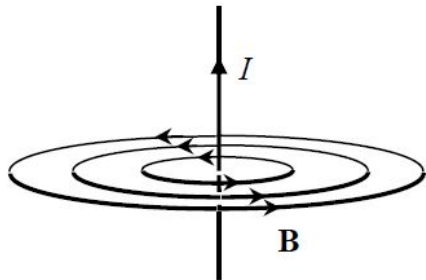
Отношение максимального момента сил M_{\max} , действующего на рамку с током со стороны магнитного поля, к произведению силы тока I в рамке на ее площадь S , называется магнитной индукцией:

$$B = \frac{M_{\max}}{p_m} = \frac{M_{\max}}{IS} \quad [\text{Тл}] - \text{тесла}$$

- *магнитная индукция*

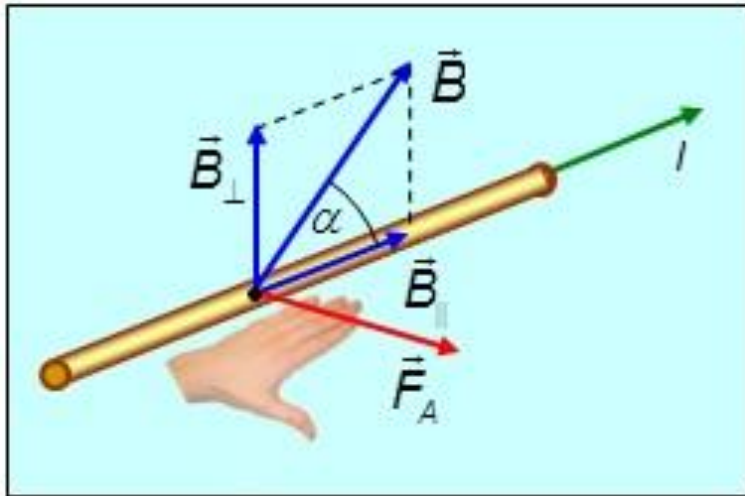
Величину $p_m = IS$ называют *магнитным моментом* рамки (контура) с током

Силовая линия магнитной индукции - это линия, в любой точке которой вектор магнитной индукции направлен по касательной.



Линии магнитной индукции прямого проводника с током и кругового витка с током

Сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током, называется **силой Ампера**.



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

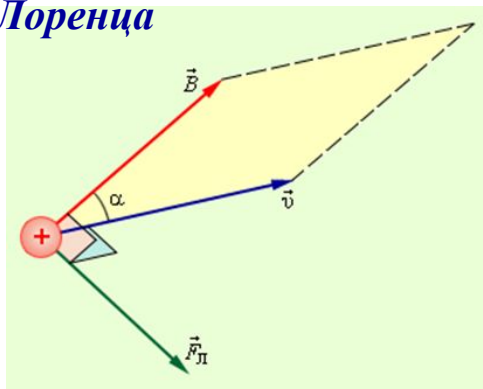
B – вектор магнитной индукции, I – сила тока,
 l – длина проводника, α – угол между I и B .

Направление силы Ампера определяется **правилом левой руки**:

четыре пальца левой руки располагаем по направлению тока так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, тогда большой палец укажет направление силы Ампера

Действие магнитного поля на проводник с током означает, что магнитное поле влияет на движущиеся электрические заряды.

Сила F , действующая на заряд q , движущийся со скоростью v в магнитном поле с индукцией B , называется **силой Лоренца**

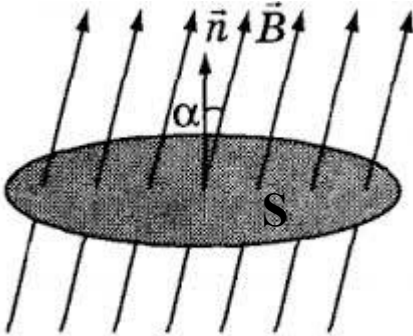


$$F_L = q v B \sin \alpha$$

Под **магнитным потоком** Φ через плоскую поверхность площадью S (в случае однородного поля) понимают

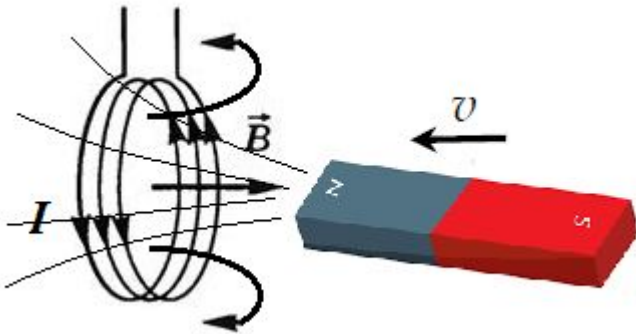
$$\Phi = B S \cos\alpha \quad [\text{Вб}] - \text{вебер},$$

где α - угол между вектором нормали \vec{n} к плоскости и вектором магнитной индукции \vec{B}



Явление возникновения тока в замкнутом проводнике при изменении магнитного потока, охватываемого этим контуром, называется **электромагнитной индукцией**.

При внесении постоянного магнита легкое алюминиевое кольцо отталкивается от него, а при удалении притягивается к магниту.



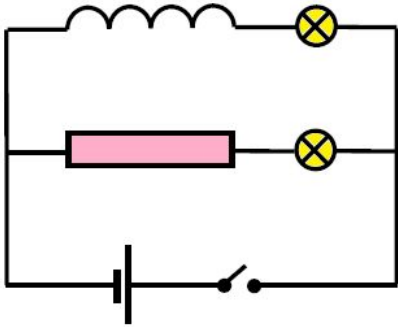
Правило Ленца: возникающий в контуре индукционный ток имеет такое направление, что созданный им магнитный поток, стремится компенсировать то изменение магнитного потока, которым он вызывается.

Согласно основному **закону электромагнитной индукции** (закон Фарадея-Максвелла) ЭДС индукции в замкнутом контуре пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

, где \mathcal{E}_i - электродвижущая сила индукции,
 Φ - поток через контур

Рассмотрим электрическую схему:



При замыкании цепи электрическая лампа, включенная последовательно с катушкой, загорается несколько позже, чем лампа, включенная последовательно с резистором. Такое поведение объясняется возникновением ЭДС самоиндукции. Явление возникновения ЭДС индукции в электрической цепи в результате изменения силы тока в этой цепи называется **самоиндукцией**.

Электродвижущая сила самоиндукции \mathcal{E}_s , возникающая в замкнутом контуре при изменении силы тока в нем, равна

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{dI}{dt}$$

, где L - индуктивность контура, [Гн] - генри

ЭДС **взаимной индукции** (т.е. ЭДС, индуцируемая изменением силы тока в соседнем контуре) определяется

$$\mathcal{E} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

, где L_{12} - взаимная индуктивность контуров.

Энергия W магнитного поля, создаваемого током в замкнутом контуре индуктивностью L :

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

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Оптика - раздел физики, изучающий свет, законы его распространения и взаимодействия с веществом.

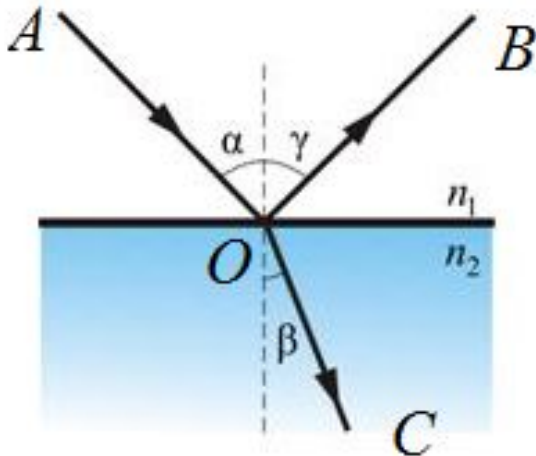
Свет - это электромагнитные волны, воспринимаемые глазом человека. Интервал длин световых волн от 400 нм до 760 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Скорость световых волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Геометрическая оптика изучает законы распространения света на основе представлений о световых лучах. **Световой луч** представляет собой линию, вдоль которой распространяется световая энергия. В однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Законы отражения и преломления

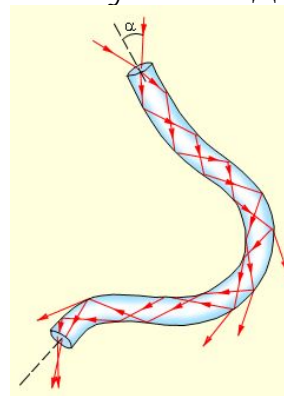
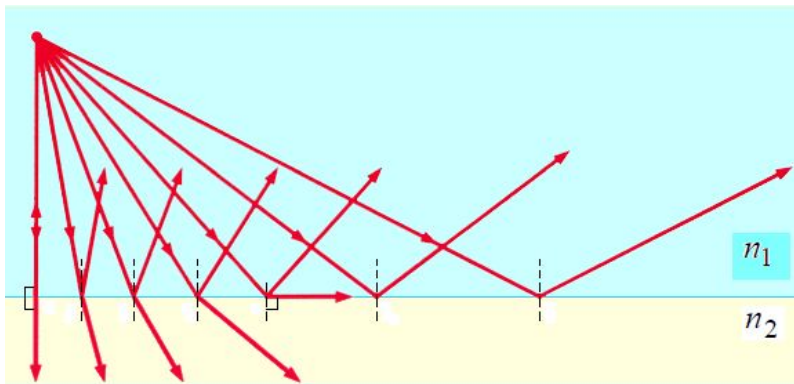
При падении луча AO на границу раздела сред его энергия может разделиться: часть отразится - «отраженный луч» OB , а часть пройдет в другую среду при этом изменит свое направление «преломленный луч» OC .



1. Лучи падающий, отраженный и преломленный лежат в одной плоскости
2. $\angle \alpha = \angle \gamma$
3. $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$, n_1, n_2 - абсолютные показатели сред

Явление полного отражения

При переходе света из оптически более плотной в оптически менее плотную среду ($n_1 > n_2$) угол преломления оказывается больше угла падения



Оптоволокно, эндоскоп

Предельный угол преломления

При переходе света из оптически менее плотной в оптически более плотную среду ($n_2 > n_1$), если угол падения равен 90° , то угол преломления достигает предельно максимальное значение.

Оптическая схема рефрактометра ИРФ-22: 1 — осветительное зеркало; 2 — вспомогательная откидная призма; 3 — основная измерительная призма; 4 — матированная грань откидной призмы; 5 — исследуемая жидкость; 6 — призмы Амичи компенсатора; 7 — объектив зрительной трубы; 8 — поворотная призма; 9 — окуляр зрительной трубы.

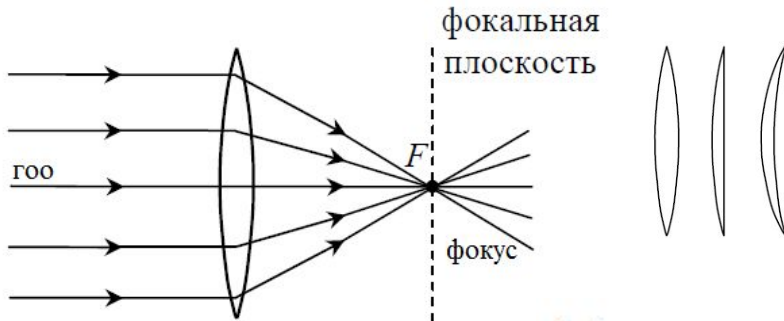


Линзы

Линза - это прозрачное тело, ограниченное двумя криволинейными поверхностями, и по показателю преломления отличающееся от окружающей среды.

Собирающие линзы,

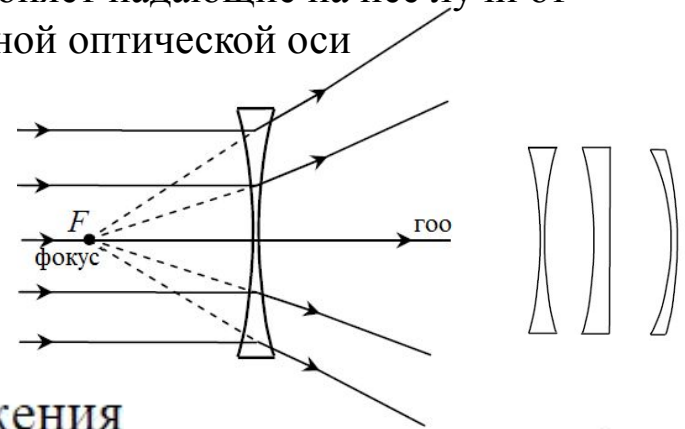
направляют падающие на них лучи к главной оптической оси



собирающая линза

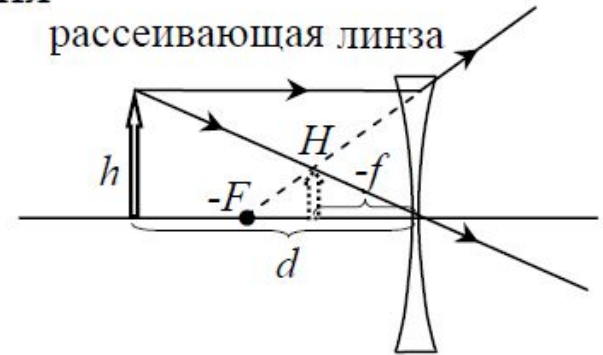
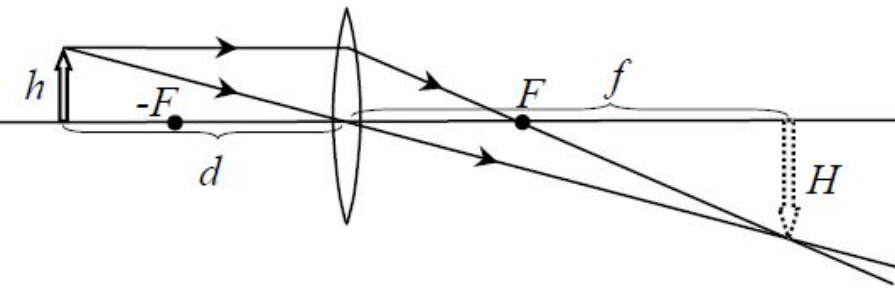
Рассеивающие линзы

отклоняет падающие на нее лучи от главной оптической оси



рассеивающая линза

Построение изображения



Если радиусы кривизны велики по сравнению с толщиной линзы, то такая **линза тонкая**

Формула тонкой линзы:

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

d - расстояние от предмета до линзы, f - расстояние от изображения до линзы, F - фокусное расстояние

$$D = \frac{1}{F} \quad [\text{дптр}] \quad \text{-диоптрия}$$

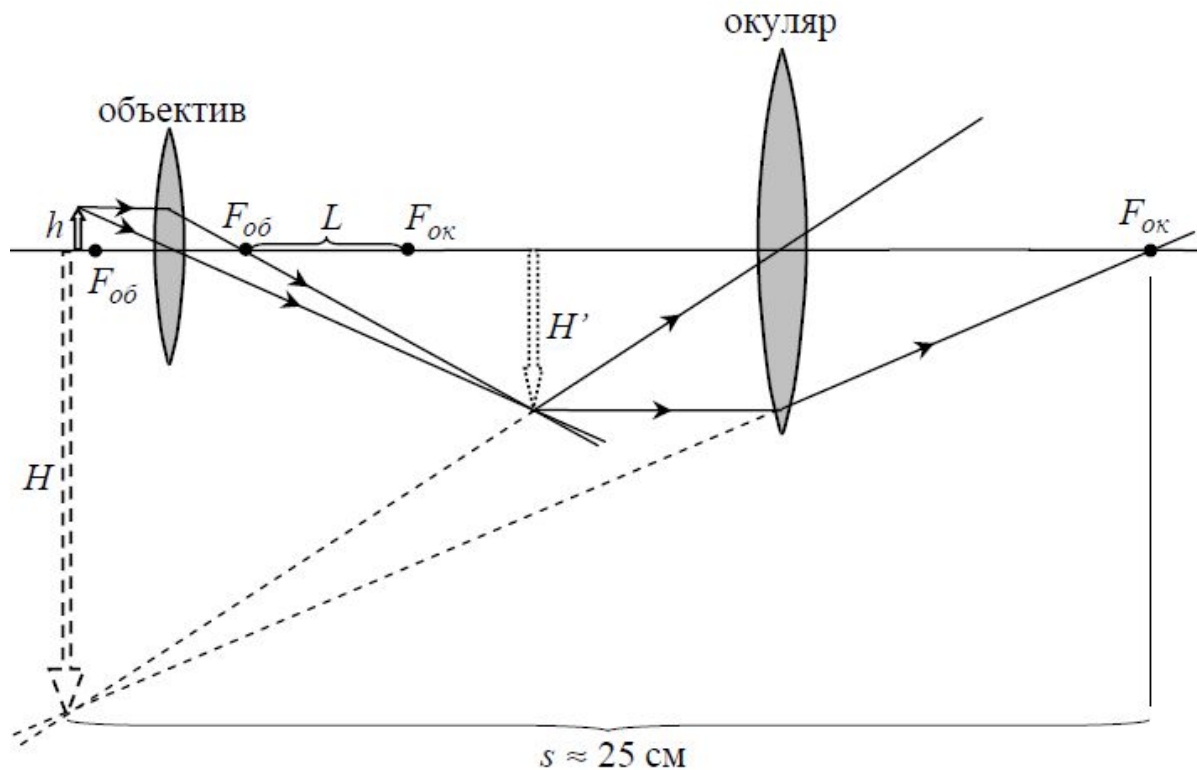
оптическая сила линзы

$$K = \frac{H}{h} \quad \text{- увеличение линзы}$$

Микроскоп

Микроскоп - это оптическое устройство для получения увеличенных изображений объектов

Оптическая система простейшего микроскопа состоит из *объектива* и *окуляра*, формирует действительное, увеличенное и перевернутое изображение предмета.



Общее увеличение микроскопа $K = K_{об} \cdot K_{ок}$. Поскольку длина тубуса микроскопа

$$L \gg F_{об} \text{ и } s \gg F_{ок}, \text{ то } K_{об} = \frac{H'}{h} = \frac{f}{d} \approx \frac{F_{об} + L}{F_{об}} \approx \frac{L}{F_{об}} \text{ и } K_{ок} = \frac{H}{H'} \approx \frac{s - F_{ок}}{F_{ок}} \approx \frac{s}{F_{ок}}.$$

Откуда

$$K \approx \frac{L \cdot s}{F_{об} \cdot F_{ок}}$$

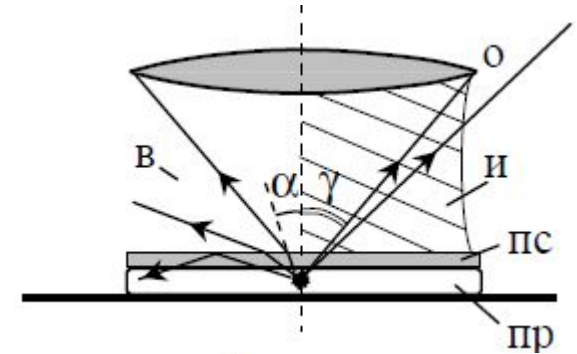
Специальные методы микроскопии

Под *разрешающей способностью* микроскопа понимается способность давать раздельное изображение двух близко расположенных точек исследуемого объекта.

Предел разрешения микроскопа - это наименьшее расстояние между точками, когда они воспринимаются отдельно

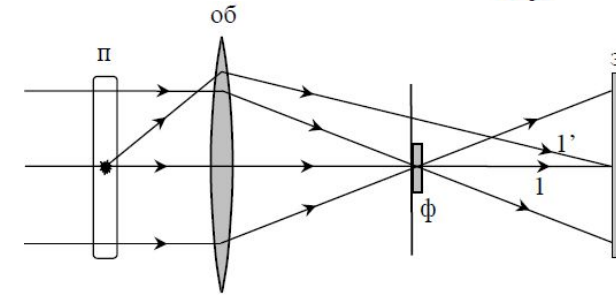
Иммерсионный метод

В пространство между покровным стеклом и объективом микроскопа заполняют жидкостью, показатель преломления которой близок показателю преломления стекла (например, глицерин $n = 1,45$ или монобромнафталин $n = 1,61$)



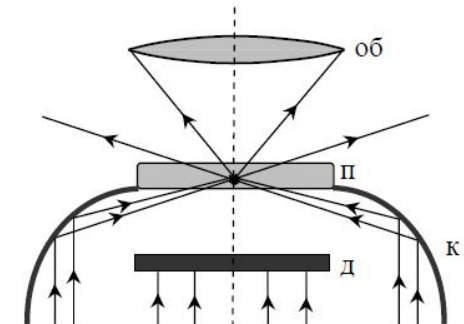
Фазово-контрастный метод

используется для наблюдения малоконтрастных включений в препарате. В окуляр наблюдают затемненное изображение малоконтрастных включений исследуемого объекта на светлом фоне



Метод темного поля

для наблюдения используется специальный конденсор. В результате на темном фоне будут наблюдаться слабоконтрастные компоненты исследуемого предмета



ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Интерференция волн



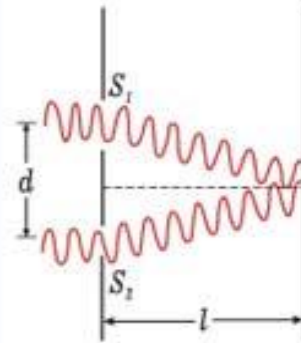
Томас Юнг



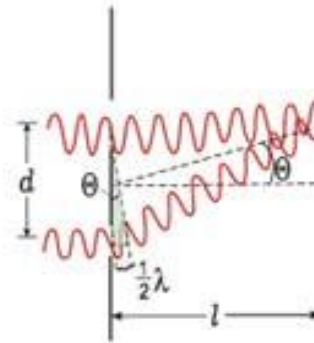
Интерференция волн на воде



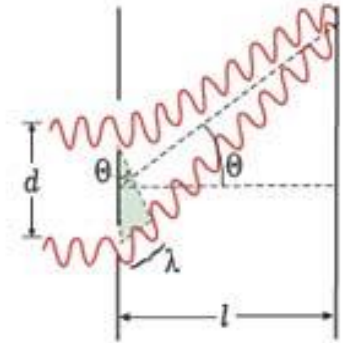
Интерференция света



Нулевой интерференционный максимум



Первый интерференционный минимум



Первый интерференционный максимум

Интерференция в тонких пленках



Интерференция света на пленке масла

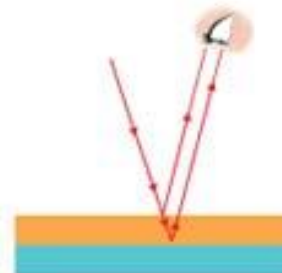
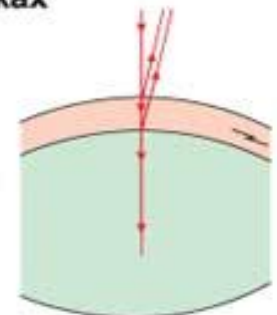


Схема хода лучей при интерференции в тонкой пленке



Просветление оптики

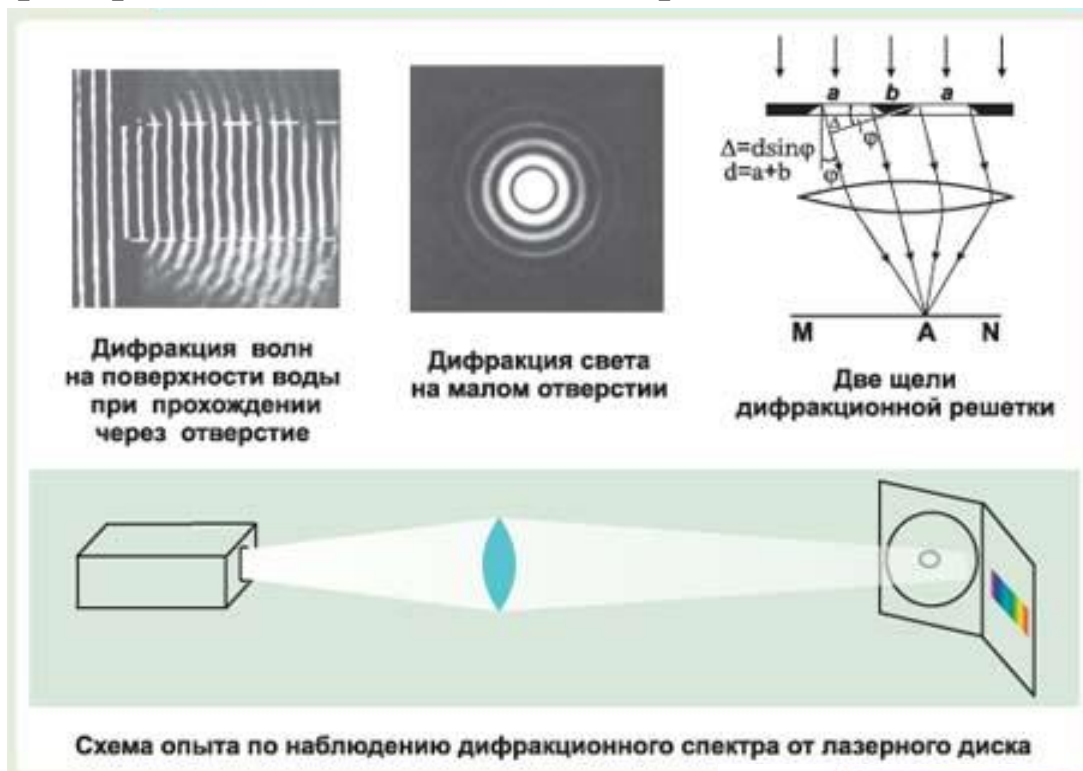


Дифракция волн

Дифракция - отклонение направления распространения волн от прямолинейного у границы преграды

(огибание волнами препятствий)

Условие: размеры препятствия должны быть сравнимы с длиной волны

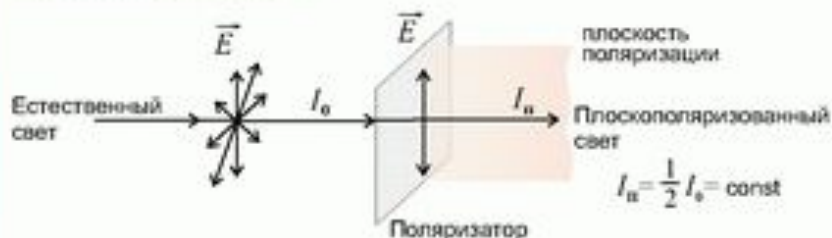


Поляризация света

Поляризация – это выделение колебаний поперечной волны строго одного направления (при помощи поляризатора)

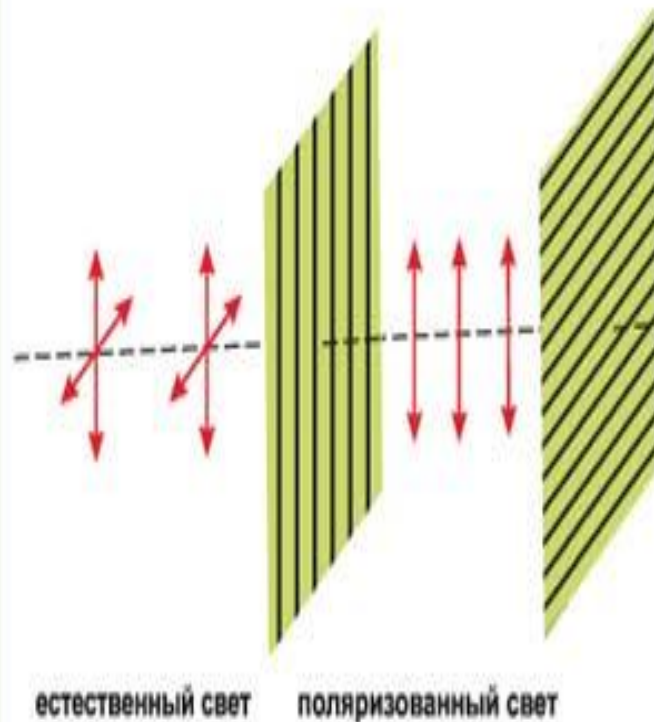


ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

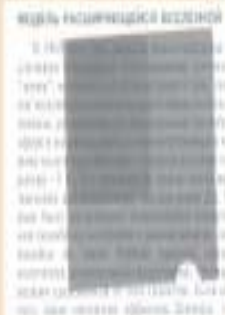


ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

СХЕМА ДЕЙСТВИЯ ПОЛЯРИЗАТОРА И АНАЛИЗАТОРА



ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА



параллельные поляроиды



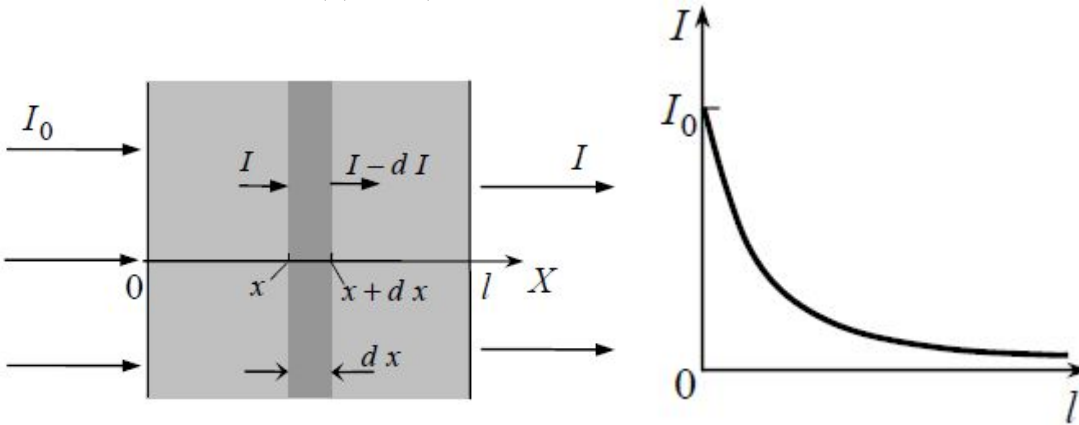
скрещенные поляроиды

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

Поглощение света

Поглощением света называется ослабление интенсивности света при прохождении через любое вещество вследствие превращения световой энергии в другие виды энергии (тепловую, фотохимическую и др.)

Закон поглощения Бугера (1729): в каждом слое одинаковой толщины поглощается одна и та же часть падающего светового потока



$$-\frac{dI}{I} = \alpha dx$$

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = -\alpha \int_0^l dx,$$

$$I = I_0 e^{-\alpha l}$$

В случае окрашенных растворов обычно пользуются молярной концентрацией

$$C = n/N_A \quad s \cdot n = s \cdot C N_A = \chi C, \text{ где } \chi = s \cdot N_A$$

$I = I_0 e^{-\chi C l}$ - закона Бугера-Ламберта-Бера для окрашенных растворов

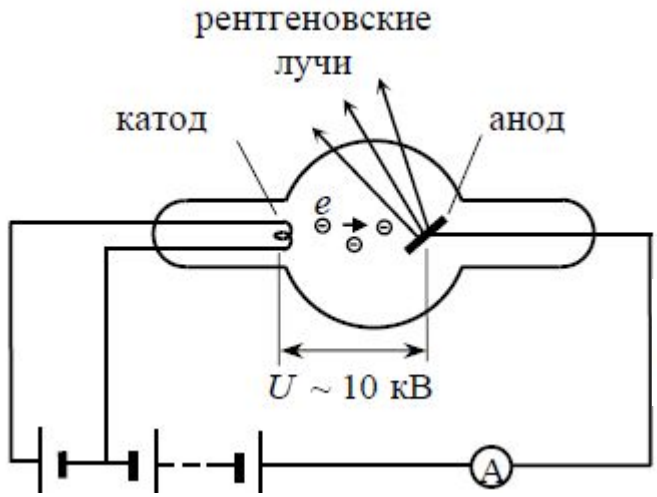
$$I = I_0 10^{-\epsilon C l}, \quad D = \lg \frac{1}{T} = \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon C l.$$

$$\frac{s \cdot N}{S} = \frac{s \cdot n dV}{S} = \frac{s \cdot n S dx}{S} = s \cdot n dx.$$

$$-\frac{dI}{I} = s \cdot n dx$$

$$I = I_0 e^{-s \cdot n l}$$

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

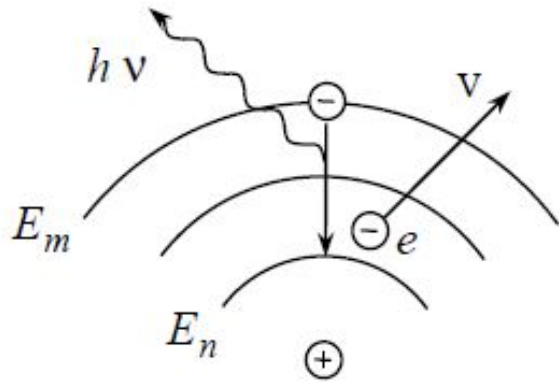


$$\lambda_{\min} = \frac{c}{\nu_{\max}} = \frac{hc}{eU} \quad \text{коротковолновая граница } \lambda_{\min}$$

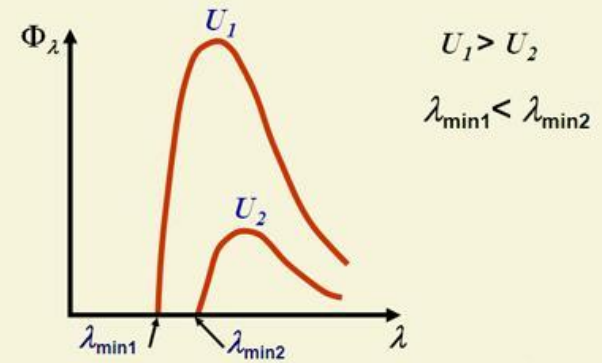
$$\lambda = \frac{hc}{E_m - E_n}$$

Закон Мозли

$$\sqrt{\nu} = K(Z-1)$$

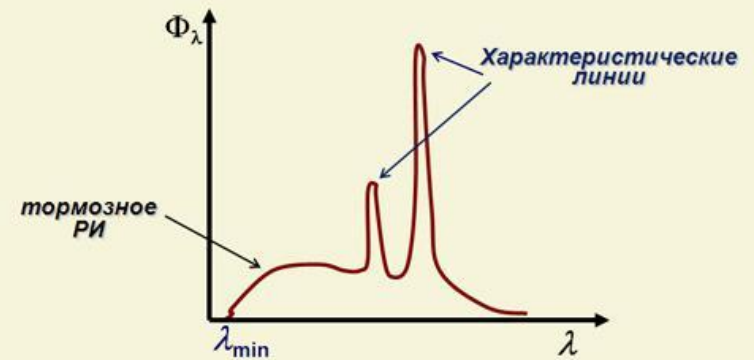


Зависимость спектрального состава тормозного РИ от напряжения в рентгеновской трубке



© ГОУ ВПО РГМУ Росздрава

Спектр характеристического рентгеновского излучения



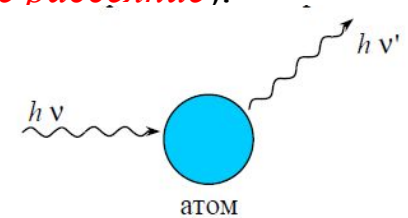
© ГОУ ВПО РГМУ Росздрава

Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

Физическое обоснование применения рентгеновских лучей в медицине

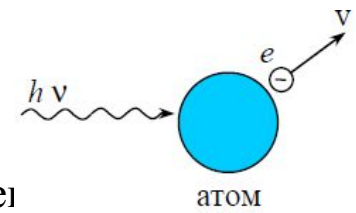
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом зависит от соотношения между энергией кванта излучения $\varepsilon = h\nu$ и энергией связи A электрона в атоме вещества:

1. Если энергии кванта рентгеновского излучения недостаточно для ионизации атомов вещества $\varepsilon < A$, то наблюдается лишь изменение направления распространения (рассеяние) квантов без изменения частоты: $\varepsilon = \varepsilon'$. Данное явление получило название *когерентное рассеяние*.

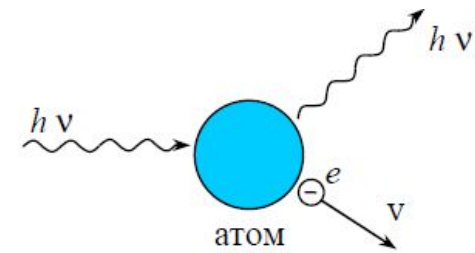


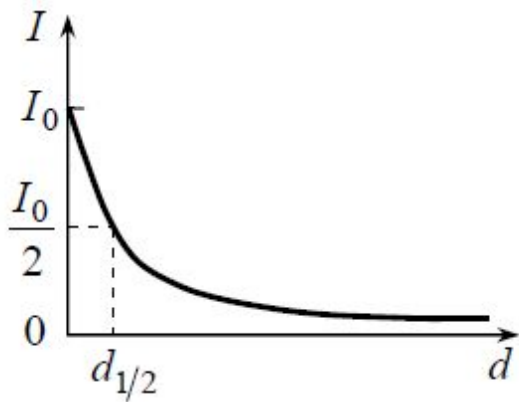
2. Если энергия кванта излучения сравнима с энергией ионизации $\varepsilon \sim A$, то явление *фотоэффекта*, при котором поглощение кванта сопровождается удалением электрона из атома и сообщением ему кинетической энергии:

$$\varepsilon = A + E_k.$$



3. При больших энергиях кванта излучения $\varepsilon \gg A$ может произойти неупругое взаимодействие (*эффект Комптона*). Данное явление представляет собой взаимодействие фотонов с относительно слабо связанными электронами внешних орбиталей атомов. Кроме электрона отдачи в этом процессе появляется вторичный рентгеновский фотон с меньшей энергией: $\varepsilon = E_k + \varepsilon'$





$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

закон *Бугера*

$$\frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu d_{1/2}}, \quad d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}.$$

$$\mu = \tau + \sigma$$

$$\mu_m = k \lambda^3 Z^3 \quad \text{массовый коэффициент ослабления}$$

Для одного и того же вещества ($Z = \text{const}$) $\mu_m \sim \lambda^3$

Мягкие ткани организма состоят в основном из элементов с атомным номером Z до 8 (Н, С, N, O), тогда как минеральное вещество костей имеет $Z = 15-20$ (Р и Са). Поэтому для отношения массовых коэффициентов ослабления получаем:

$$\frac{\mu_{m \kappa}}{\mu_{m M}} = \left(\frac{Z_{\kappa}}{Z_M} \right)^3 \approx 2^3 = 8.$$



- а) *рентгеноскопия* - наблюдение органов и тканей в проходящем рентгеновском излучении с помощью флуоресцирующего экрана;
- б) *рентгенография* - получение изображения внутренних органов, просвечиваемых рентгеновскими лучами, на фотопленке, покрытой чувствительной эмульсией;
- в) *радиовизиография* - просвечивание зубного ряда импульсным рентгеновским излучением (длительность импульса $\sim 0,05$ с) с получением его изображения при помощи небольшого датчика, помещаемого в полость рта;
- г) *рентгеновская томография* - получение послойного рентгеновского изображения внутренних органов человека или организма в целом.

Радиоактивность

Радиоактивностью называется самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер и элементарных частиц.

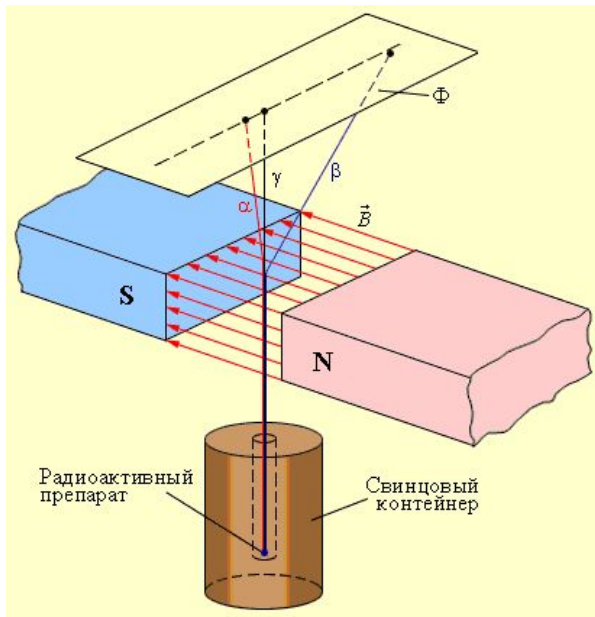


Схема опыта

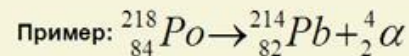
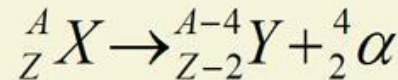
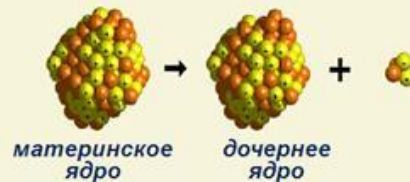
Радиоактивные атомы испускают **три вида** излучения:

альфа –излучение – поток ядер атома гелия ${}^4_2\text{He}$

бета-излучение - поток электронов

гамма- излучение- электромагнитного излучения с чрезвычайно малой длиной волны — менее $2 \cdot 10^{-10}$ м

Альфа-распад (α -распад)



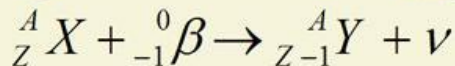
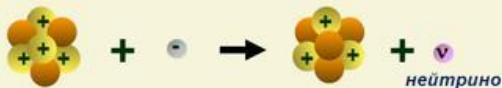
Альфа-распад

происходит с испусканием α -частиц

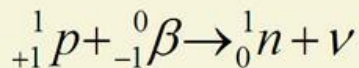
Бета-распад

происходит при превращении нейтрона в протон внутри ядра с испусканием электрона и нейтрино.

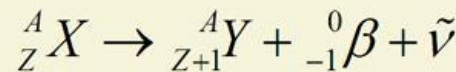
Электронный захват (e -захват)



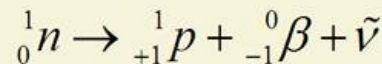
При захвате электрона в ядре протон превращается в нейтрон и испускается нейтрино:



Электронный распад (β^- -распад)

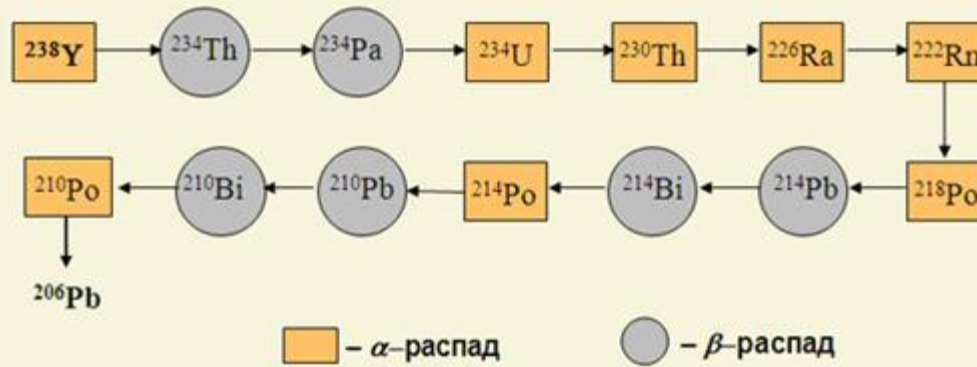


Пример: ${}^{40}_{19} \text{K} \rightarrow {}^{40}_{20} \text{Ca} + e^- + \bar{\nu}$;
Внутриядерное превращение нейтрона в протон и электрон:



Альфа и бета распады могут сопровождаться гамма излучением

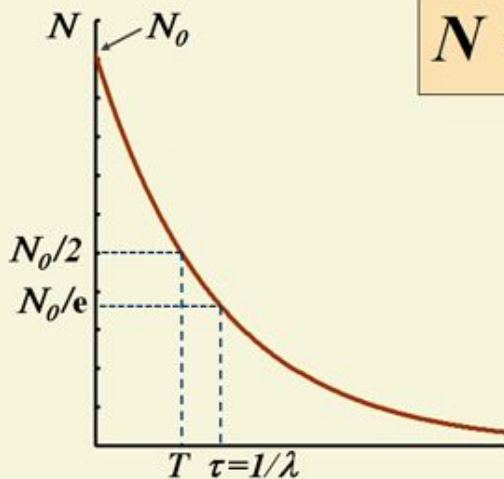
Уран-радиевый ряд



Элементы этого ряда являются основным источником внутреннего облучения человека. Например, ^{210}Pb и ^{210}Po поступают в организм вместе с пищей

Закон радиоактивного распада

позволяет оценить, сколько ядер данного образца распадается в течение заданного промежутка времени



$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

- N_0 - исходное число радиоактивных ядер
- N - число ядер, оставшихся к моменту времени t
- λ - постоянная распада
- T - период полураспада
- τ - среднее время жизни радионуклида

Период полураспада – время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Периоды полураспада для некоторых элементов

Изотоп (доля в природном элементе)		Период полураспада (T)
уран-238	(99,28%)	$4,50 \cdot 10^9$ лет
калий-40	(0,012%)	$1,3 \cdot 10^9$ лет
йод-131	нет	8 дней
йод-132	нет	2,26 часа
йод-125	нет	60 дней
торий-232	(100%)	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет
радон-222	(-)	3,8 дня
углерод-14	(-)	5570 лет

