

Лекция 3.

Магнитное поле: практическое применение. Строение атома.

Т.Б. Шапаева

Кафедра магнетизма физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

Магнитное поле: практическое применение.

1. Компас
2. Соленоид
3. Электрический счетчик,
4. Электрический генератор
5. Ветряная энергетика
6. Полярное сияние
7. Большой адронный коллайдер.

Компас



Модель китайского компаса периода династии Хань (206 до н.э. – 220 до н.э.)



Причины отклонений показаний компаса от точного направления меридиана.

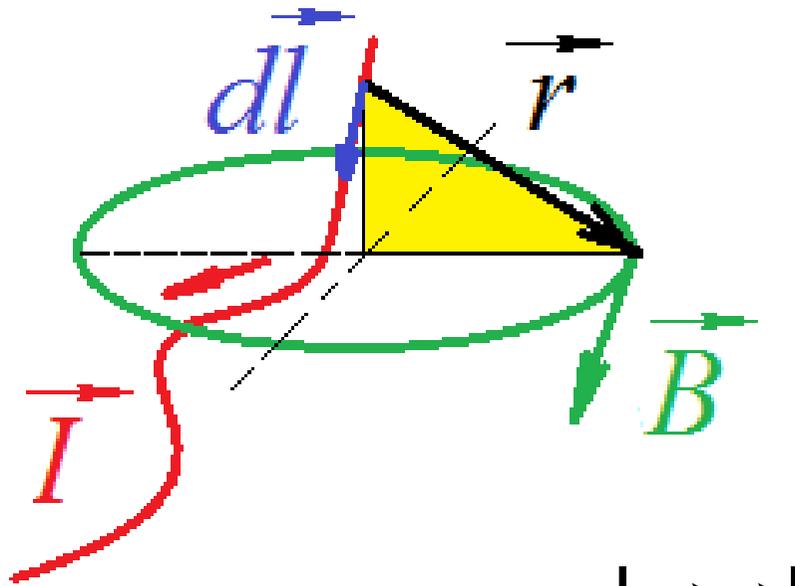
1. Положения магнитного и географического полюсов Земли не совпадают.
2. В местах расположения крупных залежей железных руд возникают местные отклонения в показаниях компаса (Курская магнитная аномалия)
3. Близость других магнитов и ЛЭП.



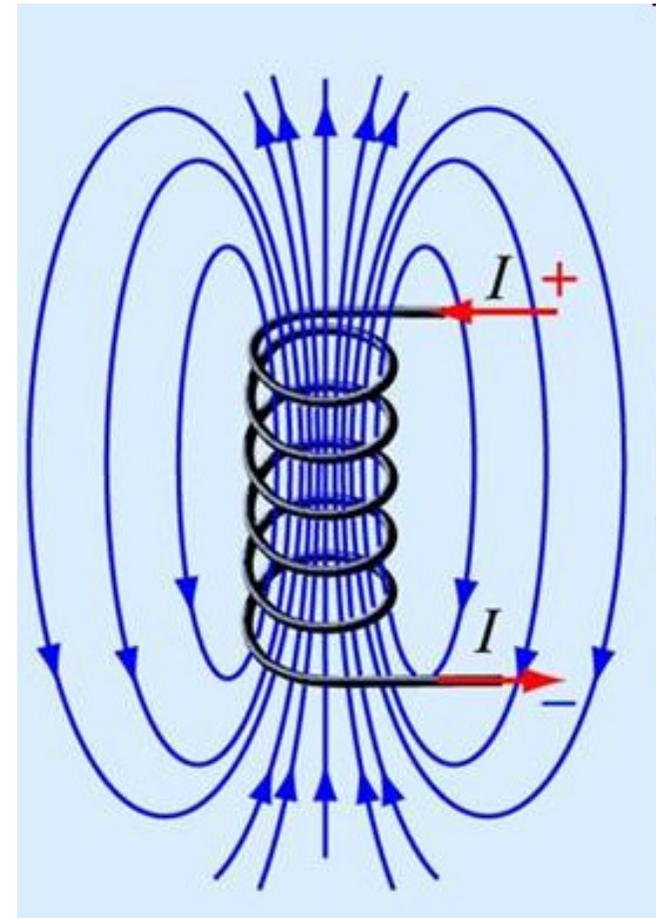
Цифровой компас

Соленоид

Закон Био-Савара-Лапласа



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \int_l \frac{I [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$$



Счетчик электроэнергии.



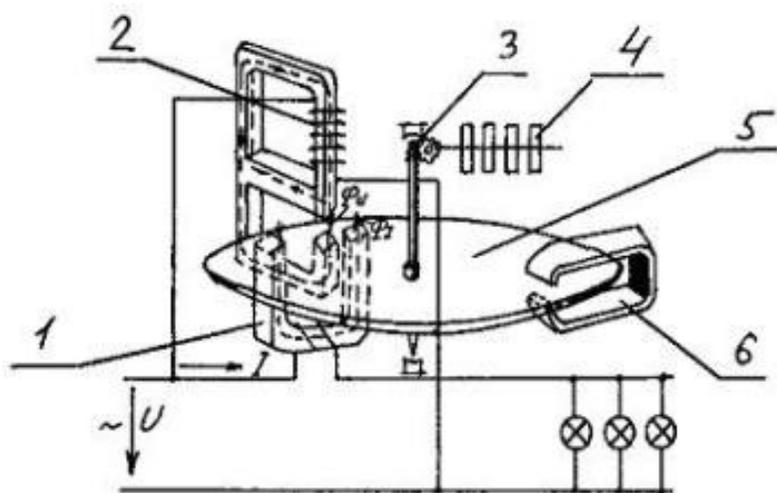
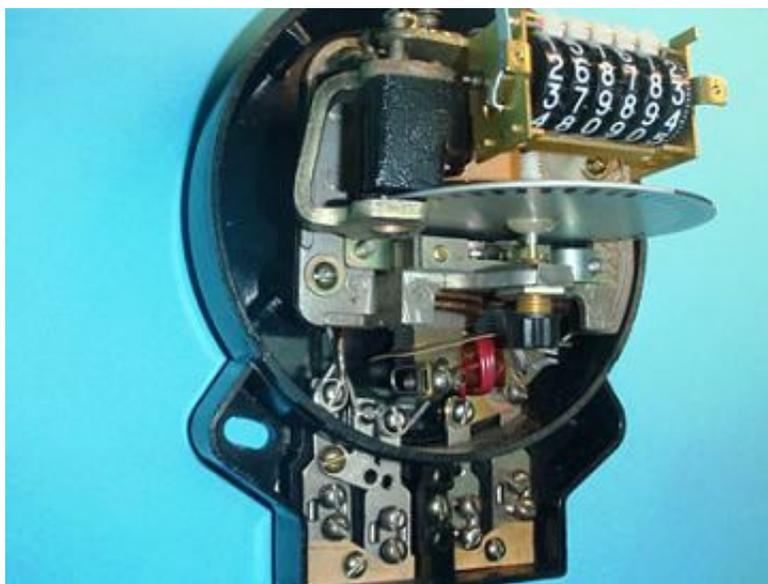


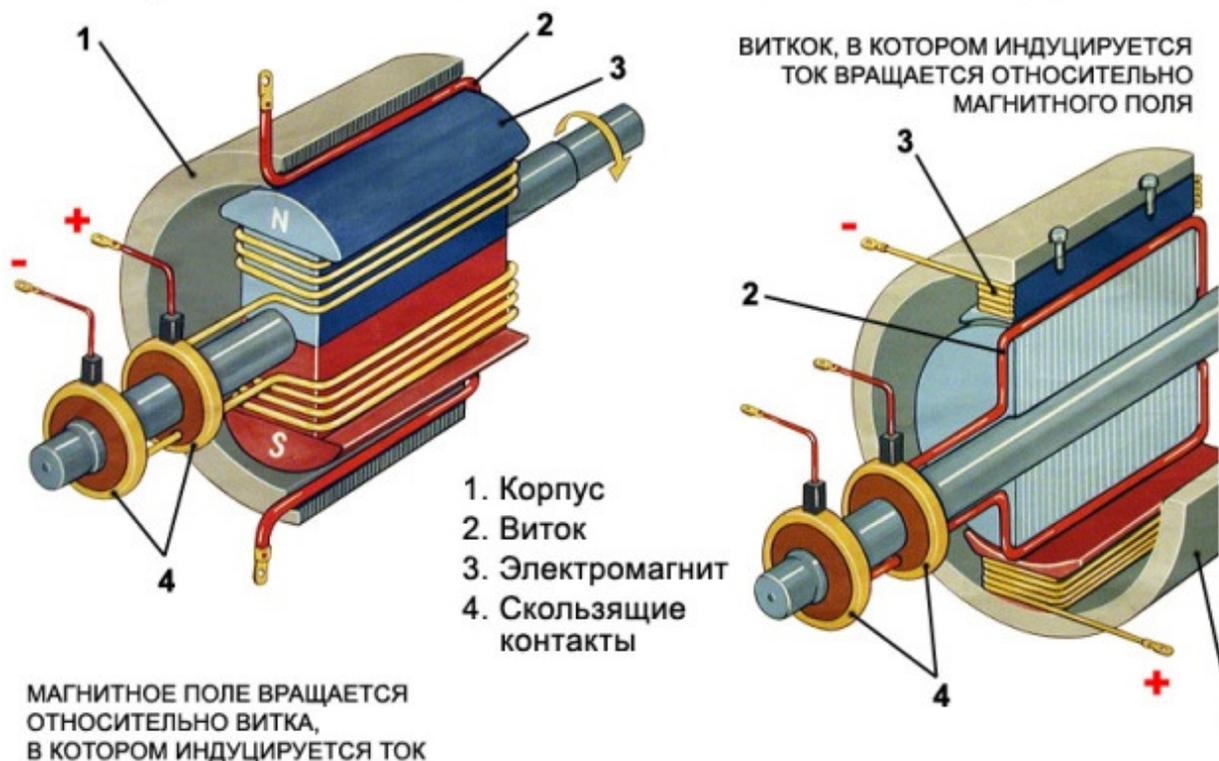
Схема устройства счетчика электрической энергии:

1 - обмотка тока,
2 - обмотка напряжения,
3 - червячный
механизм,
4 - счетный механизм,
5 - алюминиевый диск,
6 - магнит для
притормаживания
диска.

Электрический генератор

- Электромагнитная индукция была обнаружена независимо друг от друга **Майклом Фарадеем и Джозефом Генри в 1831 году**, однако Фарадей первым опубликовал результаты своих исследований
- Первый генератор электрического тока, основанный на явлении электромагнитной индукции, был построен в 1832 г. парижскими техниками братьями Пиксин.

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА



ИНДУКЦИОННЫЙ ТОК ВОЗНИКАЕТ В ТЕХ СТОРОНАХ ВИТКА, КОТОРЫЕ ПЕРЕСЕКАЮТСЯ МАГНИТНЫМИ ЛИНИЯМИ

Классификация электрохимических генераторов

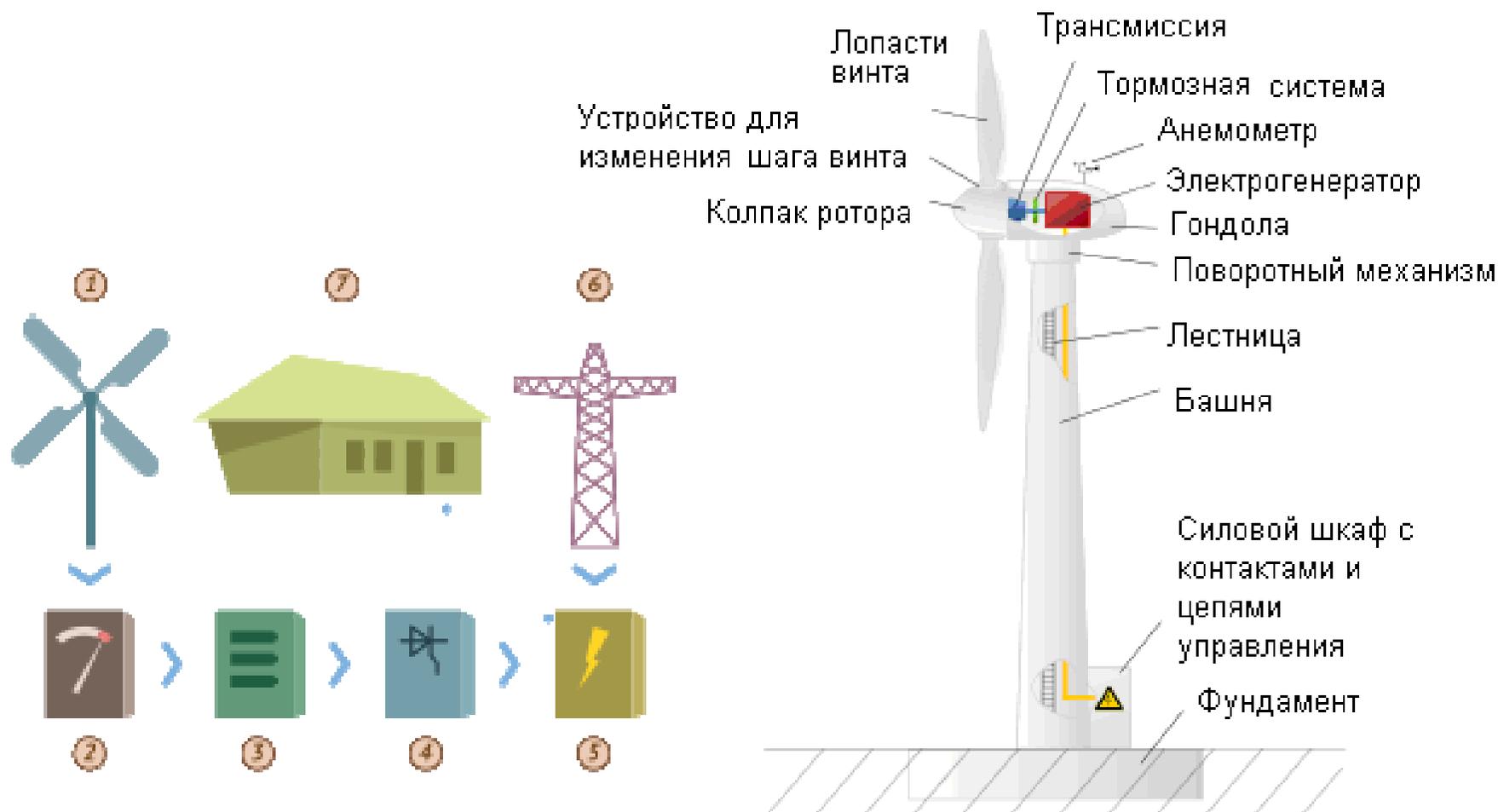
По типу первичного
двигателя:

- Турбогенератор;
- Гидрогенератор;
- Дизель-генератор;
- Ветрогенератор.

Ветряная энергетика



Ветрогенератор



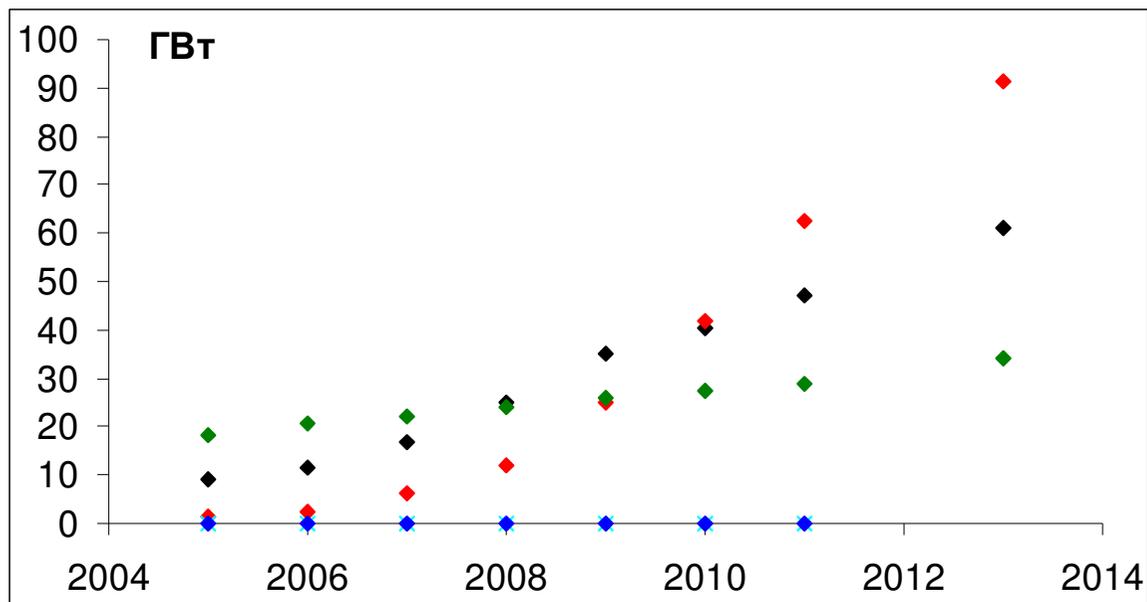
Первая ветроэлектростанция была построена в 1890 году в Дании, а к 1908-му году насчитывалось уже 72 станции мощностью от 5 до 25 кВт.

Ветряная энергетика

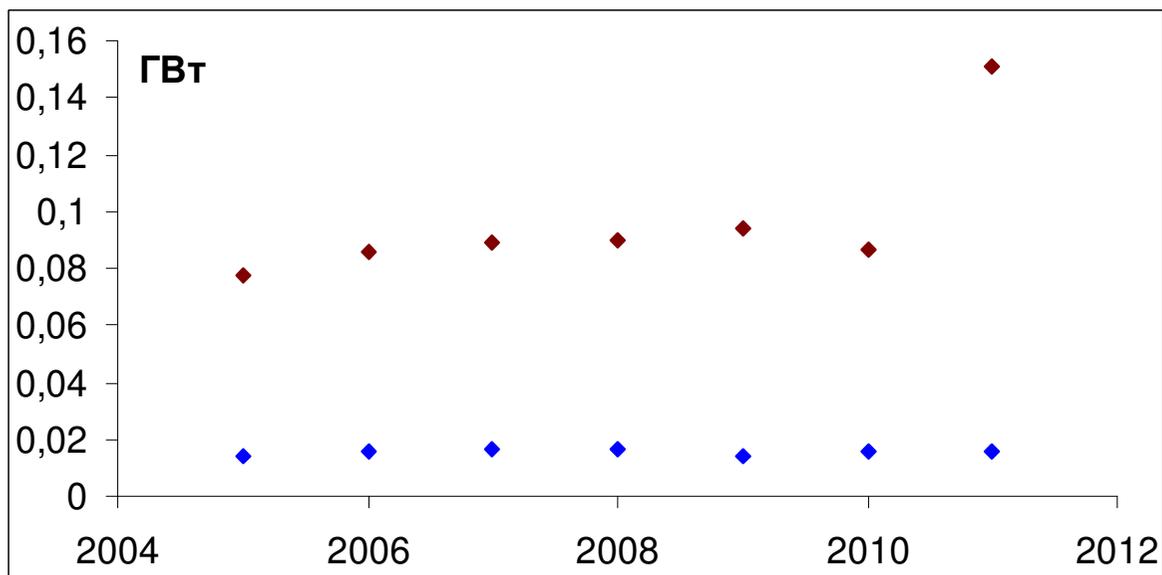
В 2010 году в Европе было сконцентрировано 44 % установленных ветряных электростанций, в Азии — 31 %, в Северной Америке — 22 %.

- В 2011 году ветряные электростанции Германии произвели 8 % от всей произведённой в Германии электроэнергии.
- В 2011 году 28 % электроэнергии в Дании вырабатывалось из энергии ветра.
- В 2009 году в Китае ветряные электростанции вырабатывали около 1,3 % суммарной выработки электроэнергии в стране. В КНР с 2006 года действует закон о возобновляемых источниках энергии.
- Португалия и Испания в некоторые дни 2007 года из энергии ветра выработали около 20 % электроэнергии.
- 22 марта 2008 года в Испании из энергии ветра было выработано 40,8 % всей электроэнергии страны.

Развитие ветряной энергетики в мире



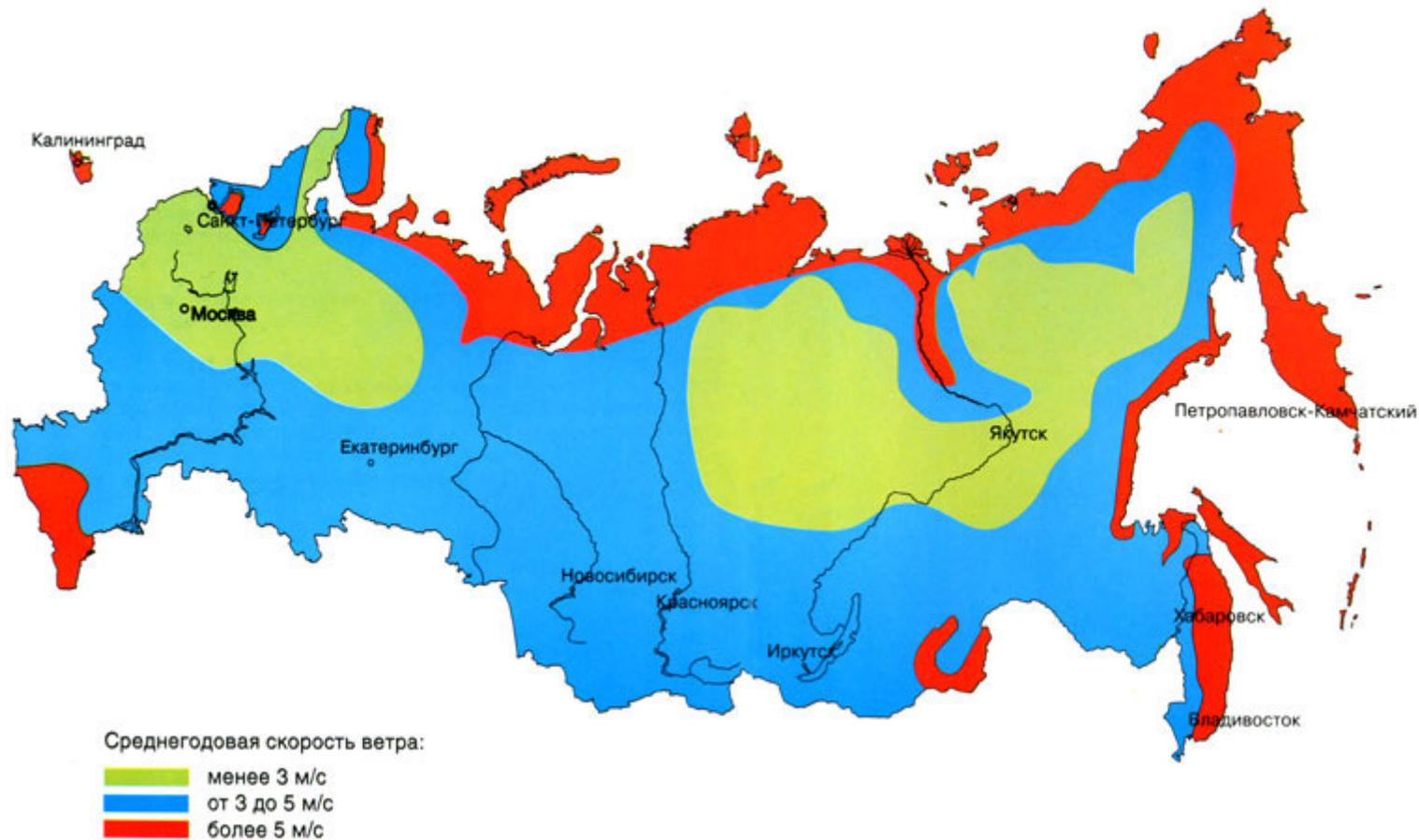
Суммарные установленные мощности, вырабатываемые в год, в США, Китае, Германии и России 2005—2013 г.



Суммарные установленные мощности, вырабатываемые в год, в Украине и России 2005—2011 г.

ЭНЕРГОРЕСУРСЫ РОССИИ

Ветровая энергия



Около 30 % экономического потенциала ветроэнергетики сосредоточено на Дальнем Востоке, 14 % — в Северном экономическом районе, около 16 % — в Западной и Восточной Сибири.

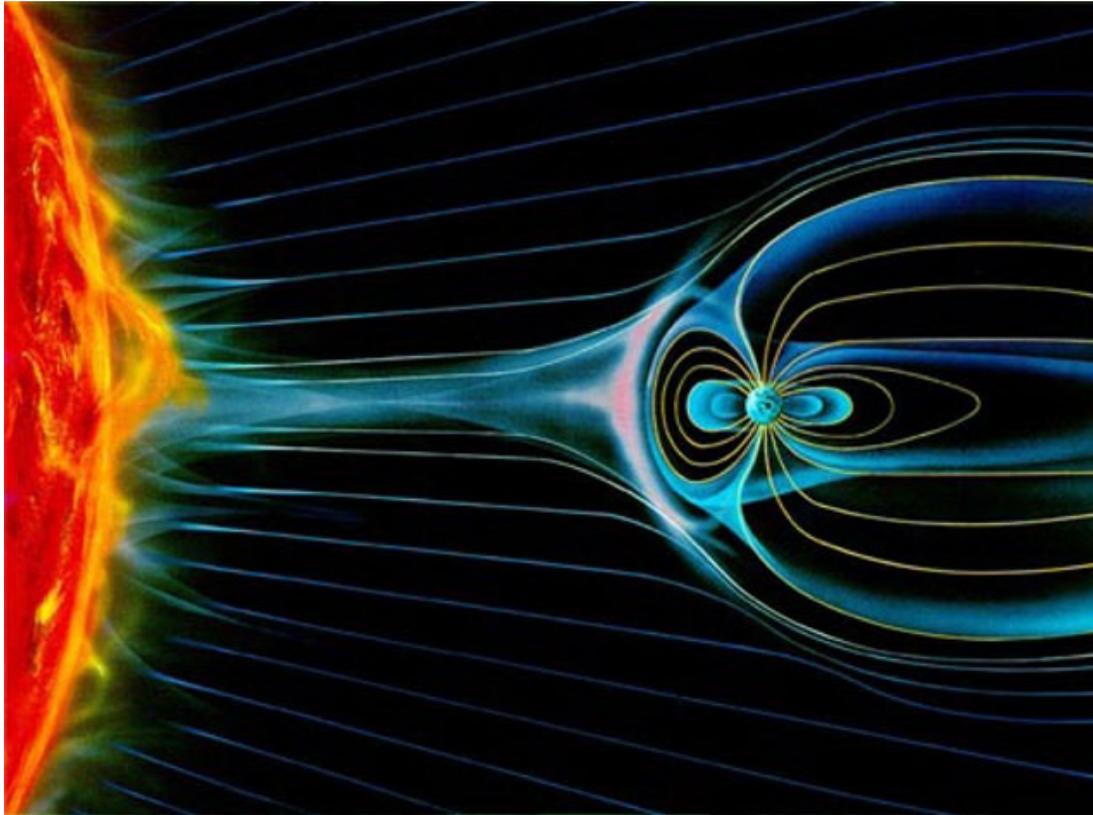
Развитие ветряной энергетики в России

- ✓ Самая крупная ветроэлектростанция России (5,1 МВт) - посёлок Куликово Калининградской области.
- ✓ На Чукотке действует Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт.
- ✓ В Республике Башкортостан действует ВЭС Тюпкильды мощностью 2,2 МВт.
- ✓ На острове Беринга Командорских островов действует ВЭС мощностью 1,2 МВт.
- ✓ В Калмыкии в 20 км от Элисты размещена площадка Калмыцкой ВЭС на 2006 год на площадке установлена одна установка «Радуга» мощностью 1 МВт.

Существуют проекты:

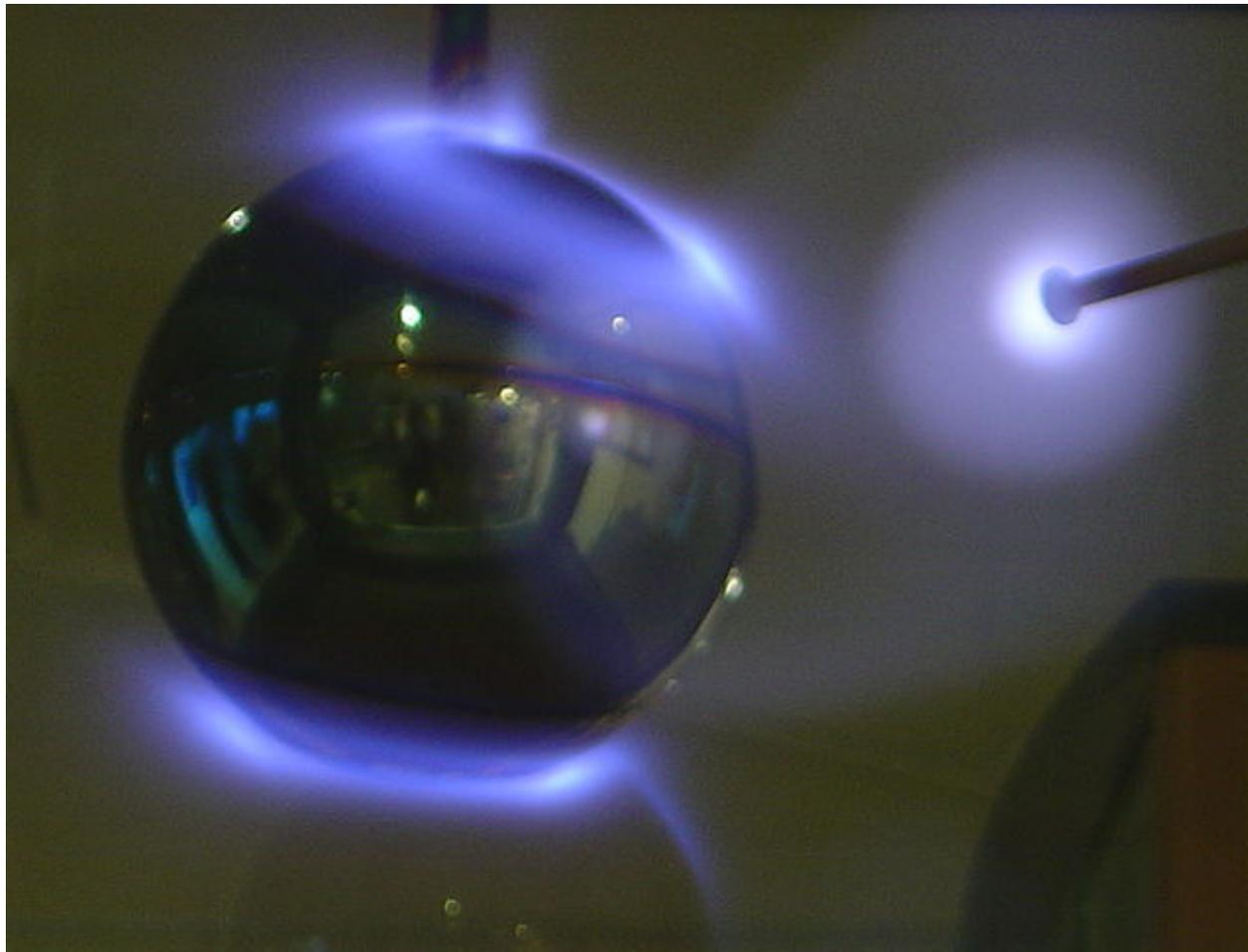
- Ленинградской ВЭС 75 МВт,
- Ейской ВЭС 72 МВт,
- Калининградской морской ВЭС 50 МВт,
- Морской ВЭС 30 МВт Карелия,
- Приморской ВЭС 30 МВт,
- Магаданской ВЭС 30 МВт,
- Чуйской ВЭС 24 МВт (Республика Алтай),
- Усть-Камчатской ВДЭС 16 МВт,
- Новиковской ВДЭС 10 МВт (Республика Коми),
- Дагестанской ВЭС 6 МВт,
- Анапской ВЭС 5 МВт,
- Новороссийской ВЭС 5 МВт и
- Валаамской ВЭС 4 МВт.

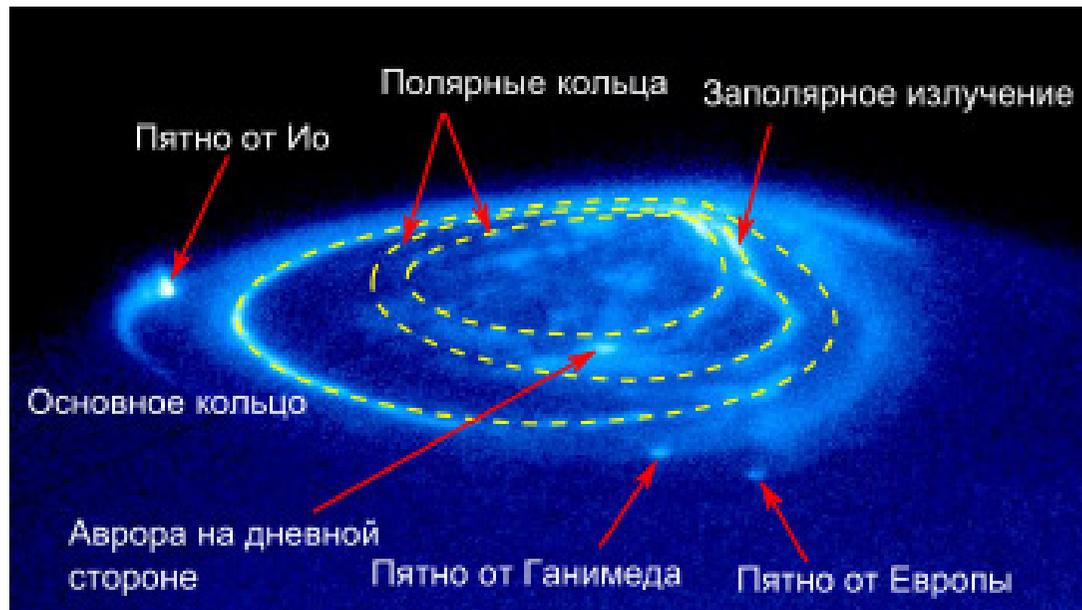
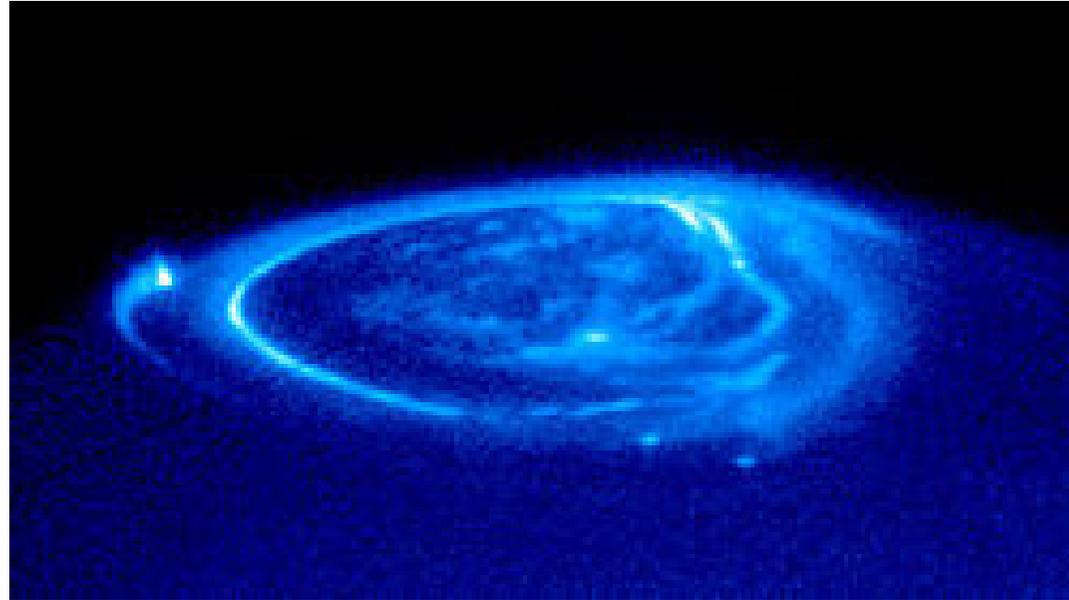
Полярное сияние



Солнечный ветер — поток ионизированных частиц, истекающий из солнечной короны со скоростью 300—1200 км/с.

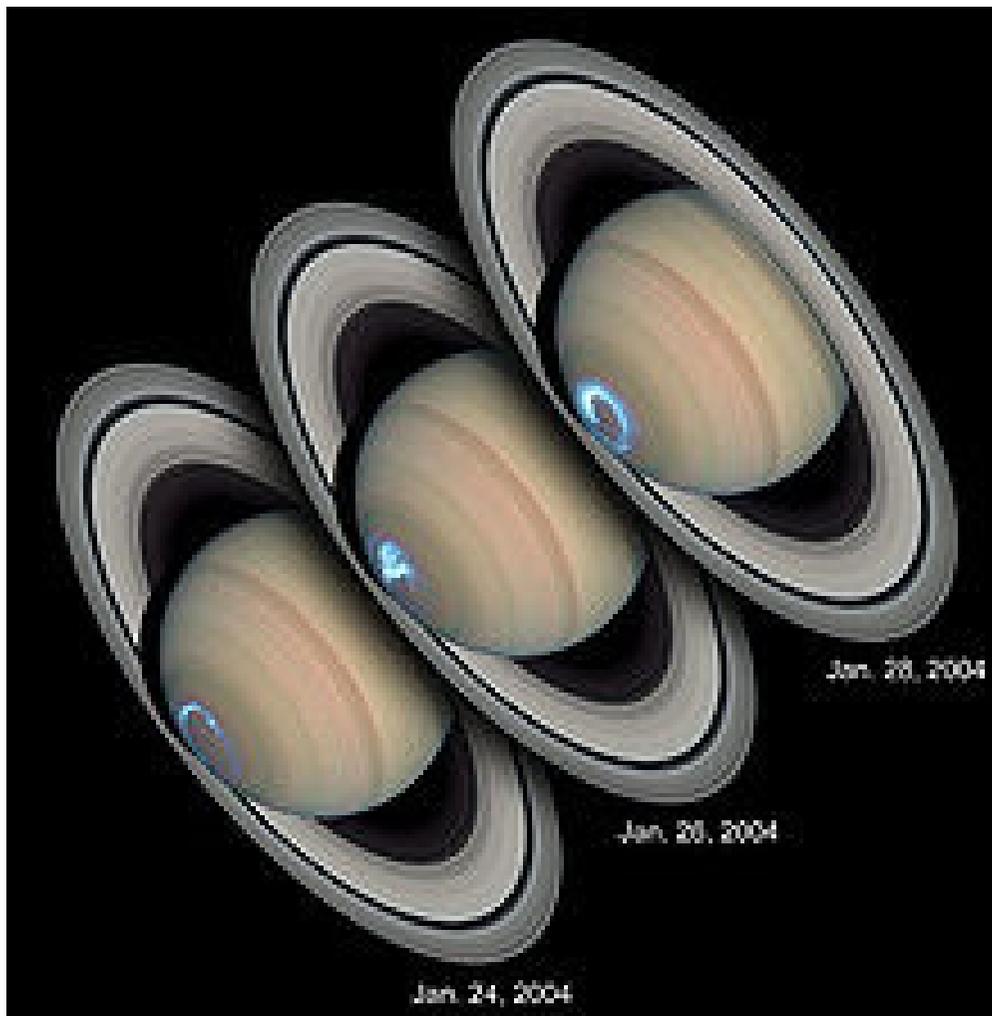
Полярное сияние — лабораторная модель





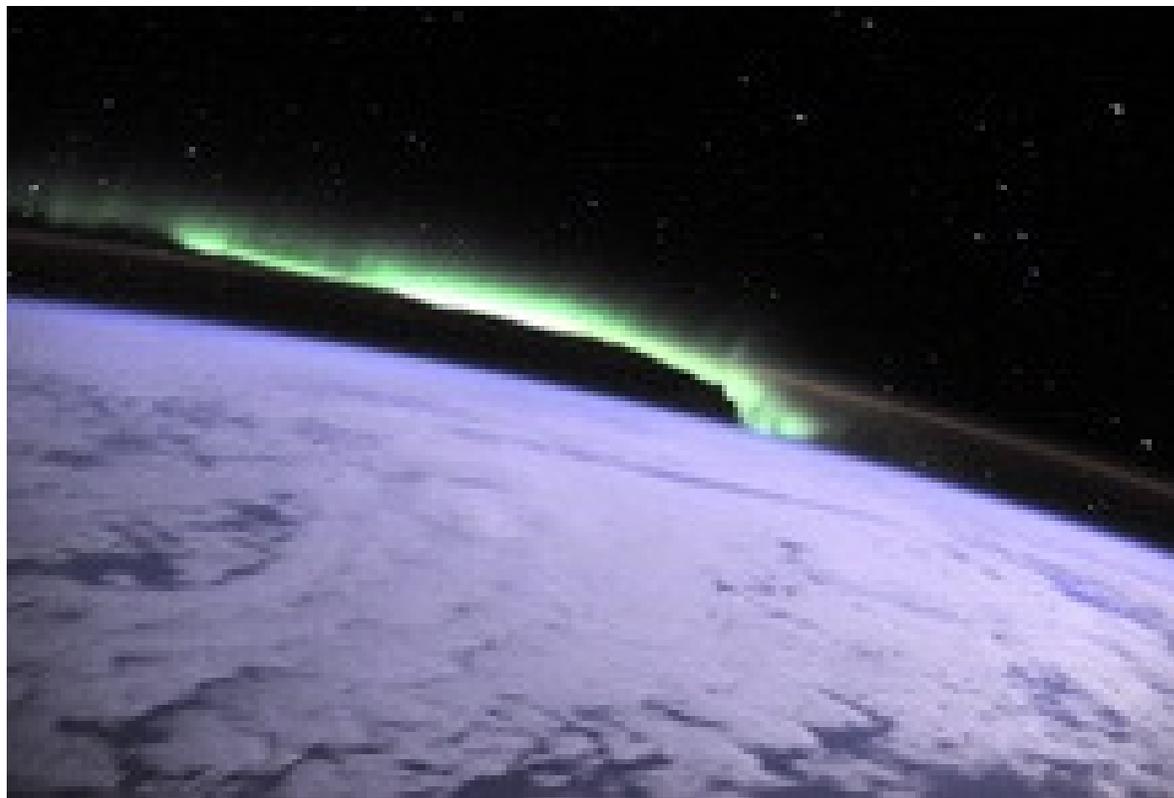
Полярное сияние на Юпитере, снимок в ультрафиолете (космический телескоп «Хаббл»)

Напряженность магнитного поля на Юпитере 14 – 15 Э.



**Полярное сияние
на Сатурне,
комбинированный
снимок в
ультрафиолете и
видимом свете
(космический
телескоп «Хаббл»)**

Полярное сияние на Земле.



**Фотографии летчика-космонавта героя
России Фёдора Николаевич Юрчихина**

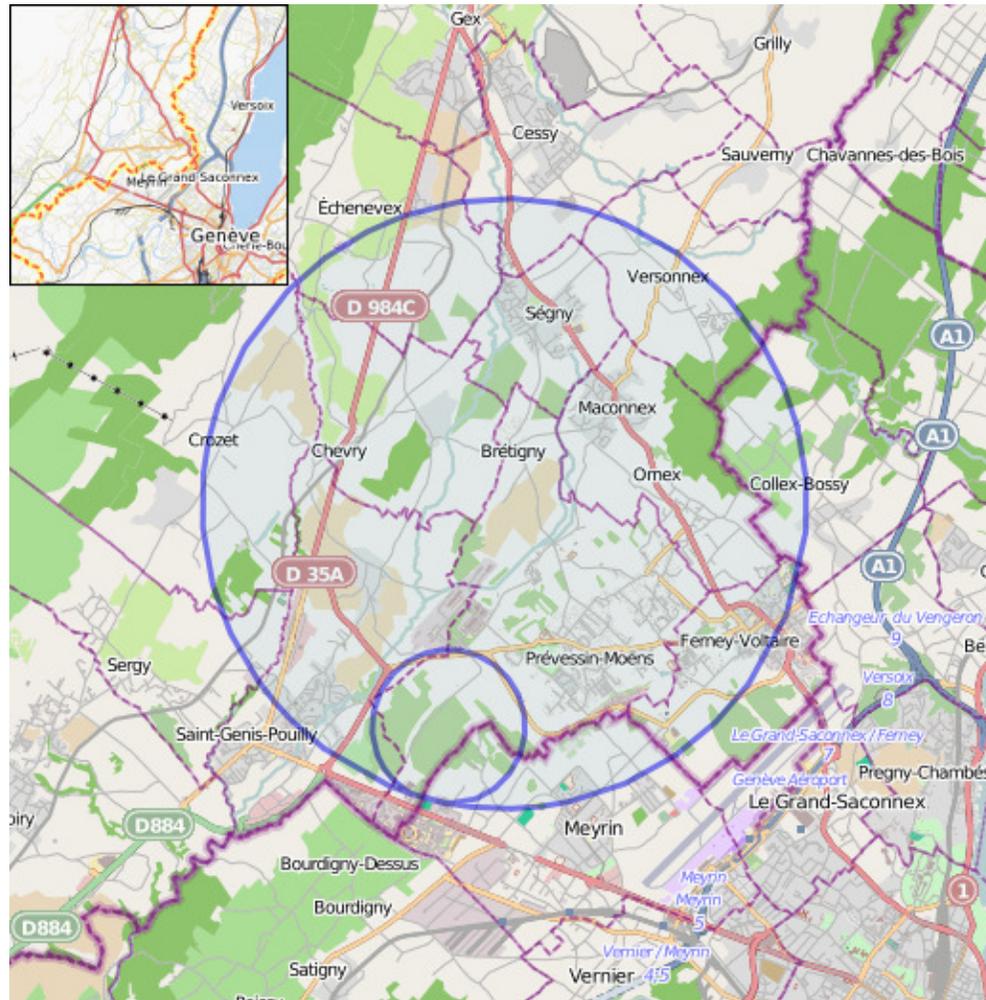


Полярные
сияния чаще
возникают
весной и
осенью.

За одно из
зарегистрированных в
2007 году возмущений
выделилось $5 \cdot 10^{14}$ Дж



Большой адронный коллайдер

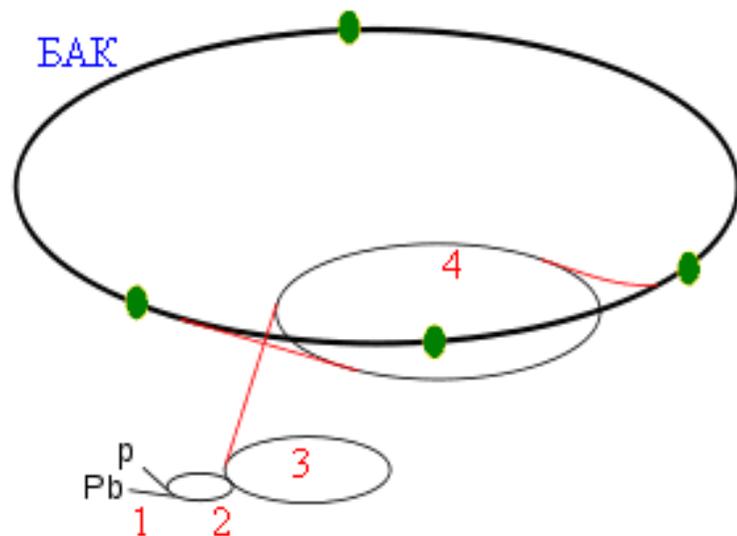


- ✓ Ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений.
- ✓ БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире. В строительстве и исследованиях участвовали и участвуют более 10 тысяч учёных и инженеров из более чем 100 стран.

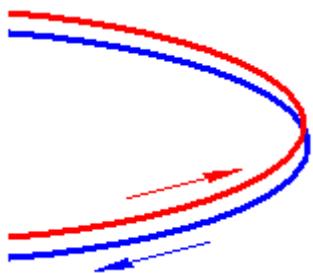
Большой адронный коллайдер

- Идея проекта Большого адронного коллайдера родилась в 1984 году и была официально одобрена десятью годами позже.
- 2001 год – начало строительства
- 2006 год – закончено строительство
- 2008 год – официальный пуск, авария
- 2009 год – начало работы после аварии
- 2010 год – энергия протонов 3,5 ТэВ, энергия ядер 5,74 ТэВ
- 2011 год – столкновение ионов свинца
- 2012 год – столкновение протонов с энергией 4 ТэВ
- 2013 год – остановлен на реконструкцию до 2014 года

Большой адронный коллайдер



- 1 – линейный ускоритель. Скорость протонов на выходе = $1/3$ с
- 2 – кольцо ($L_2=157$ м), скорость на выходе **0,96 с**
- 3 – протонный синхротрон ($L_3=628$ м) скорость на выходе **0,999 с**, масса в 75 раз больше массы покоя, энергия 25 ГэВ
- 4 – $L_4=7$ км, энергия на выходе 450 ГэВ



Большое кольцо БАК – $L=27$ км. Пучки протонов могут двигаться в противоположных направлениях и пересекаются в 4 точках. Энергия протонов 7 ТэВ, масса в 7000 раз больше массы покоя.

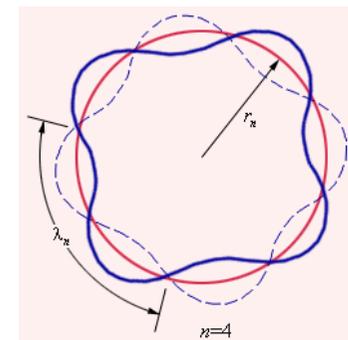
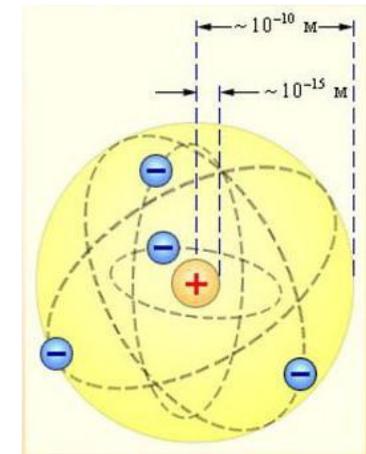
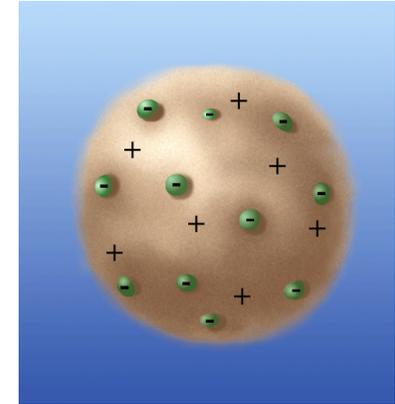
Анализ данных может помочь понять, как появилась Вселенная, как она развивалась, что управляет ей сегодня и что ждет ее в будущем.

Магнитное поле: практическое применение.

1. Компас
2. Соленоид
3. Электрический счетчик,
4. Электрический генератор
5. Ветряная энергетика
6. Полярное сияние
7. Большой адронный коллайдер.

Строение атома

- Модели атома
- ✓ Модель Джозефа Томсона 1904.
- ✓ Ядерная модель
Э. Резерфорда 1911
- ✓ Модель Резерфорда-Бора 1913
- ◇ Опыт Франка-Герца
- ✓ Волновая модель де
Бройля 1923



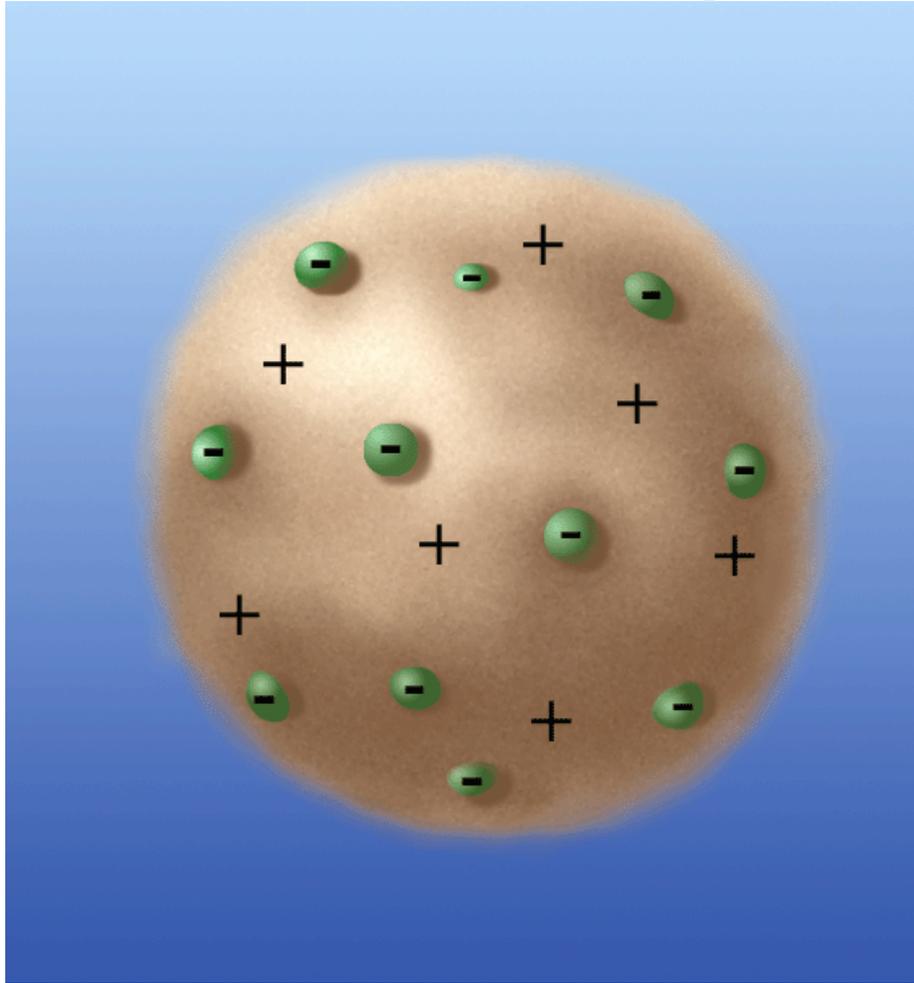
Модель Джозефа Томсона (1904).



**Сэр Джозеф Джон
Томсон**

(1856 — 1940) —
английский физик.
Открыл электрон,
лауреат Нобелевской
премии по физике
1906 года «за
исследования
прохождения
электричества через
газы».

Модель Джозефа Томсона (1904).



Предположил, что все атомы состоят из заряженных частиц. Согласно его модели атом – положительно заряженная сфера, в которую вкраплены отрицательно заряженные электроны (подобно изюму в пудинге).

Ядерная (планетарная) модель атома Э. Резерфорда (1911)



Сэр Эрнест Резерфорд (1871 — 1937) — британский физик. Известен как «отец» ядерной физики. Лауреат Нобелевской премии по химии 1908 года «за проведённые им исследования в области распада элементов в химии радиоактивных веществ».

Опыт Резерфорда

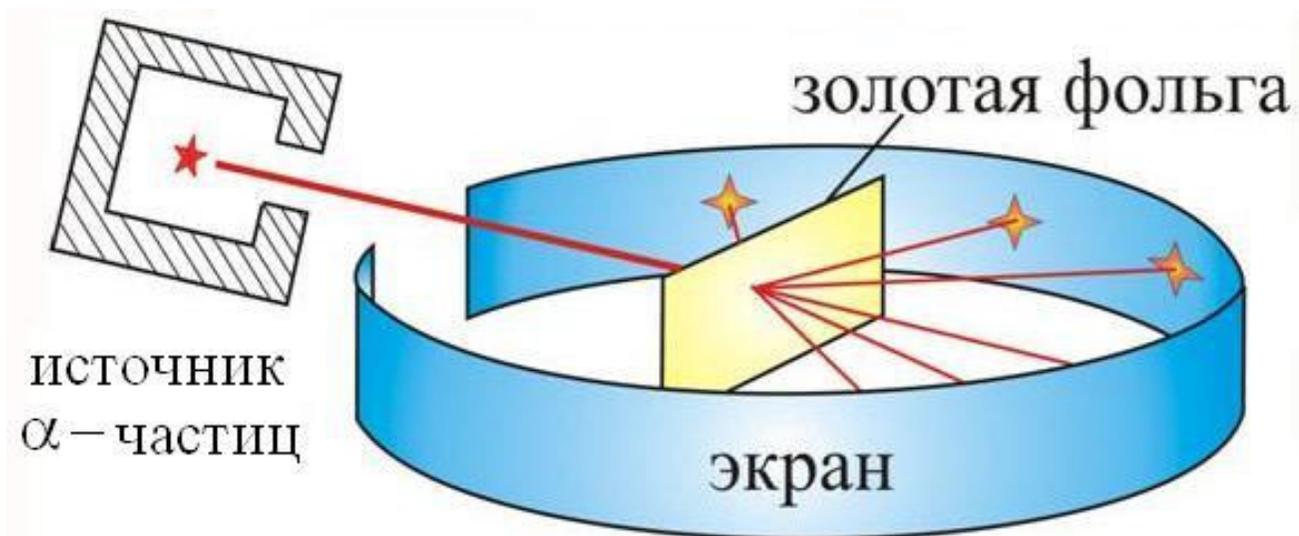
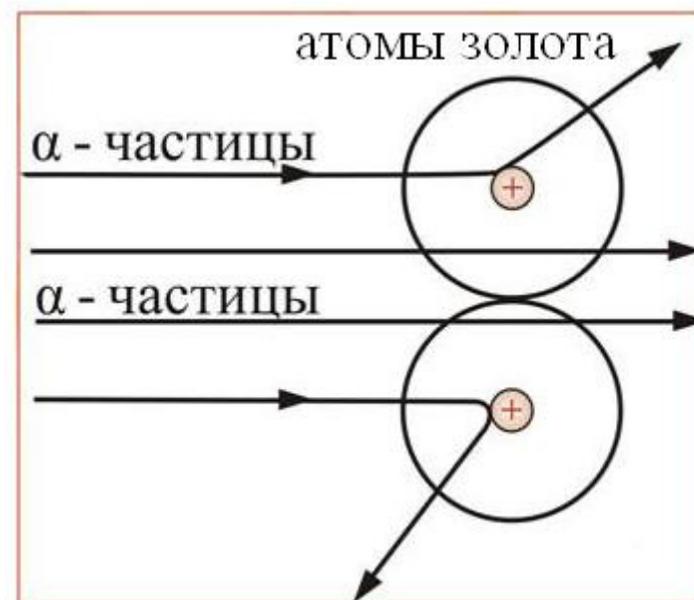
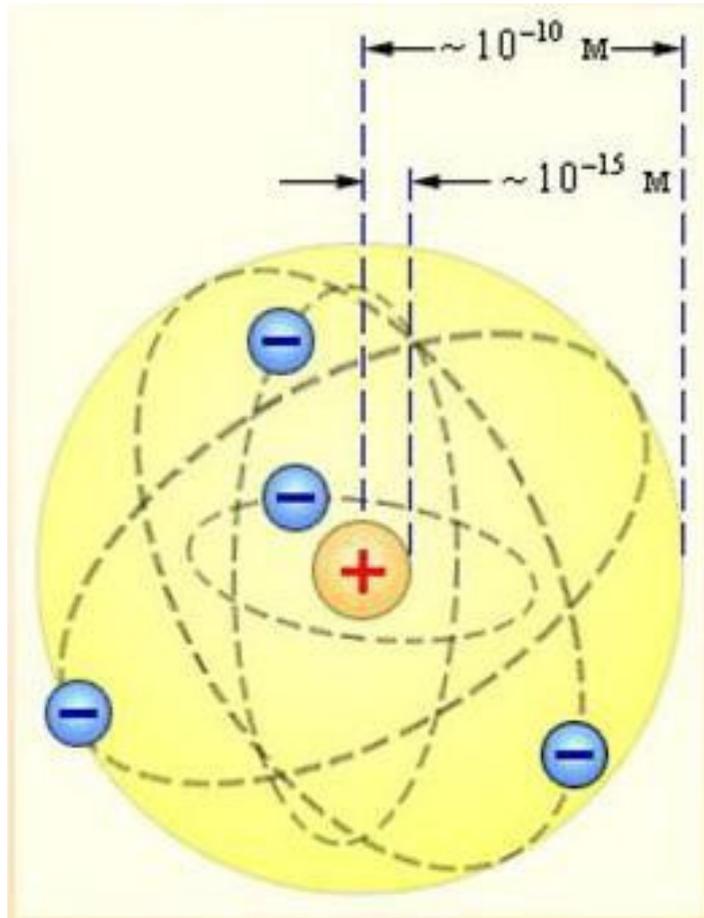


Схема
опыта

Скорость α -частиц 10^4
км/с;
 α -частица имеет
положительный заряд $2e$



Ядерная (планетарная) модель атома Э. Резерфорда (1911)



- ✓ Атом состоит из небольшого положительно заряженного ядра, в котором сосредоточена почти вся масса атома, вокруг которого движутся электроны, — подобно тому, как планеты движутся вокруг Солнца.
- ✓ Планетарная модель атома соответствует современным представлениям о строении атома с учётом того, что движение электронов имеет квантовый характер и не описывается законами классической механики.

Модель Резерфорда-Бора 1913



Нильс Хёнрик Давид Бор
(1885 — 1962) — датский физик-теоретик и общественный деятель, один из создателей современной физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1922) «за заслуги в изучении строения атома».

Бор известен как создатель первой квантовой теории атома и активный участник разработки основ квантовой механики. Он также внёс значительный вклад в развитие теории атомного ядра и ядерных реакций, процессов взаимодействия элементарных частиц со средой.

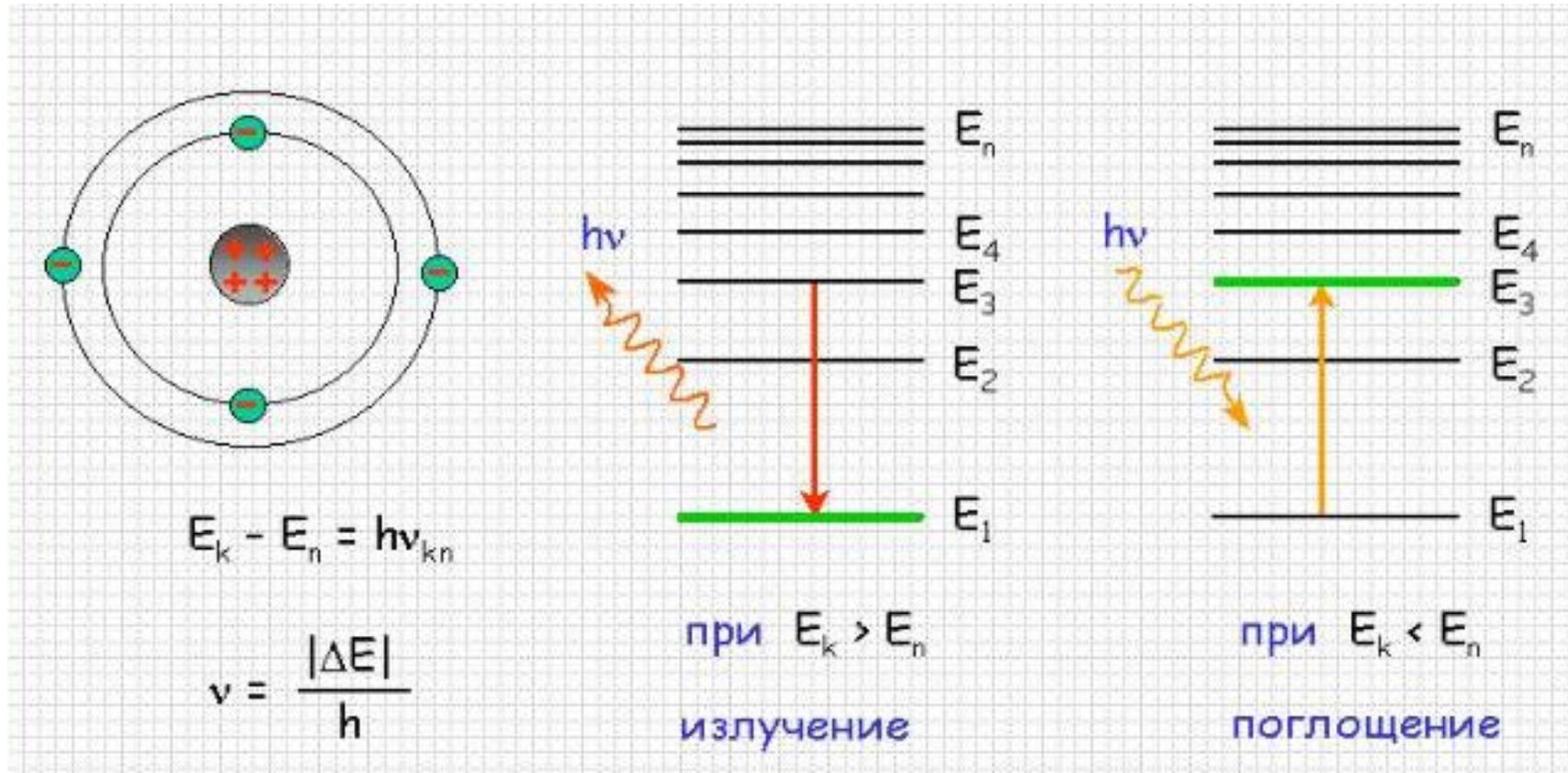
Был членом более чем 20 академий наук мира, в том числе иностранным почетным членом АН СССР с 1924.

Модель Резерфорда-Бора 1913

Постулаты Бора

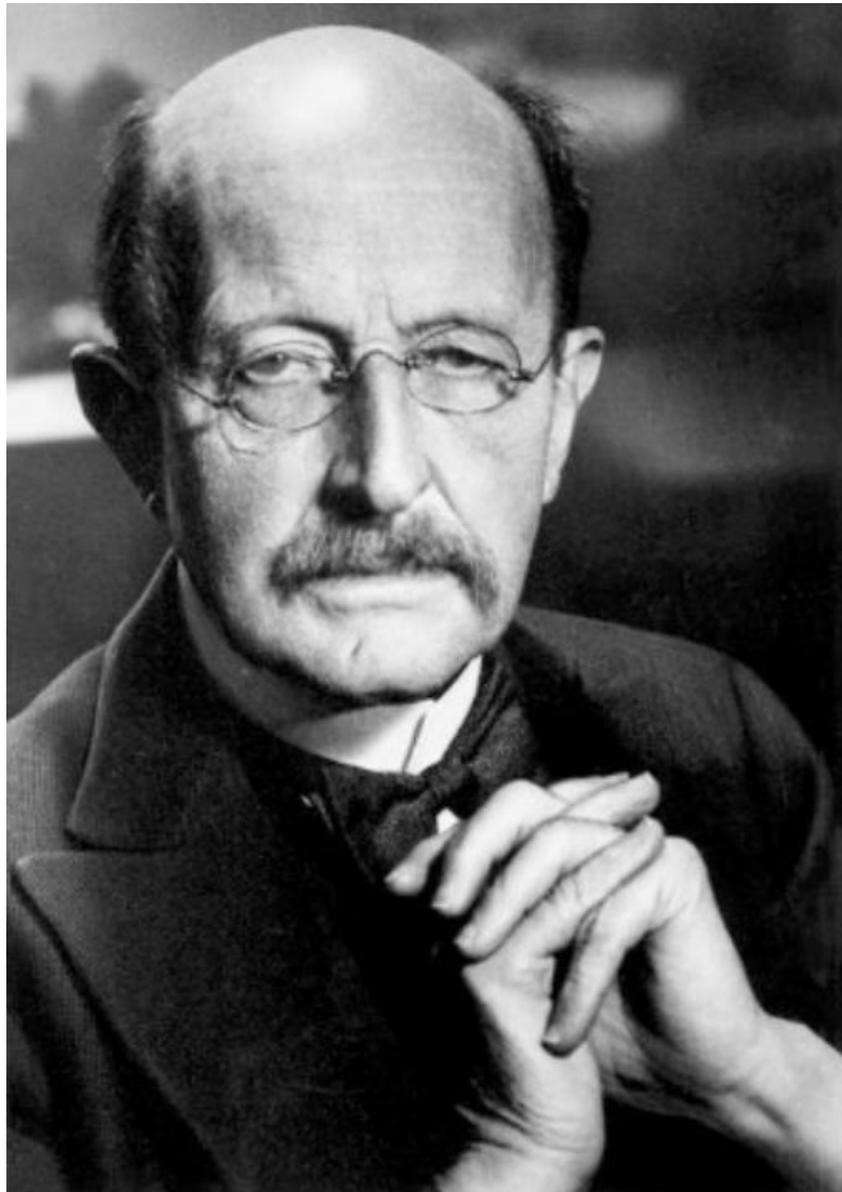
- Квантовая система может находиться только в особых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия.
- Излучение энергии происходит при переходе из стационарного состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией.

Модель Резерфорда-Бора 1913



Постоянная Планка $h = 6,34 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

ν – частота излучения



Макс Карл Эрнст Людвиг Планк (1858 — 1947) — немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1918) с формулировкой *«в знак признания услуг, которые он оказал физике своим открытием квантов энергии»*. На протяжении многих лет один из руководителей немецкой науки.

Опыт Франка — Герца (1913)

экспериментальное доказательство дискретности внутренней энергии атома.



**Джеймс
Франк
1882 – 1964**



**Густав Герц
1887 – 1975**

В 1925 г. Густав Герц и Джеймс Франк были награждены Нобелевской премией за открытие законов соударения электрона с атомом.

Опыт Франка — Герца (1913)

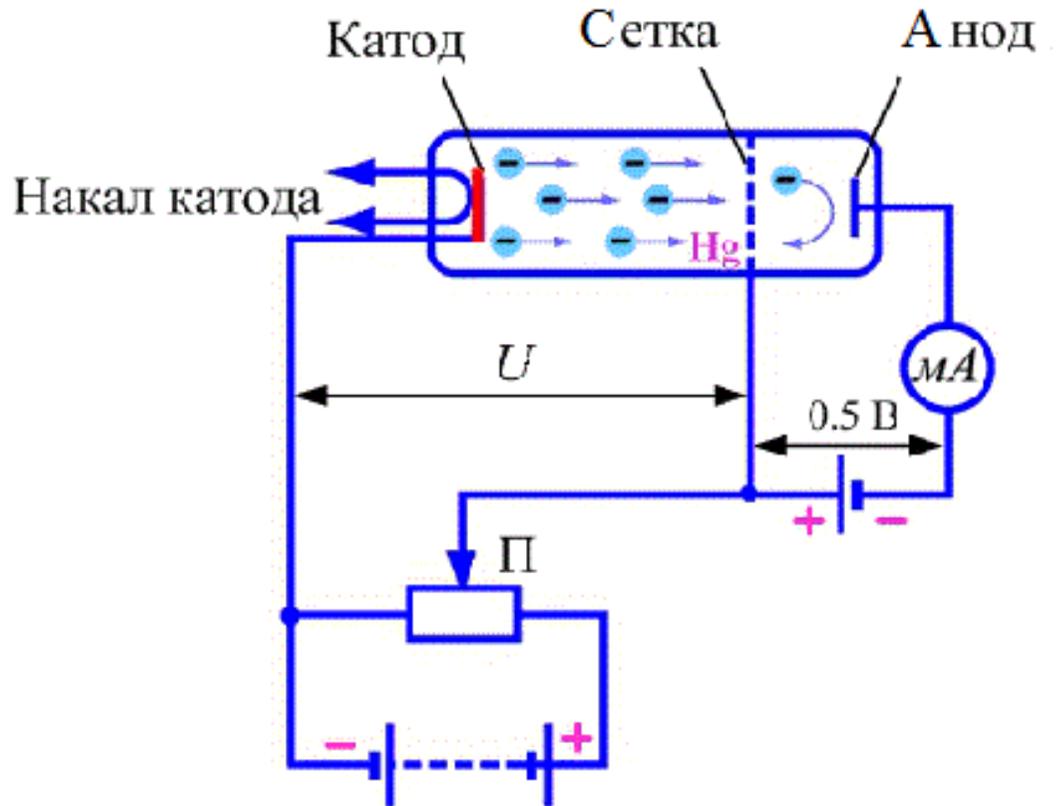
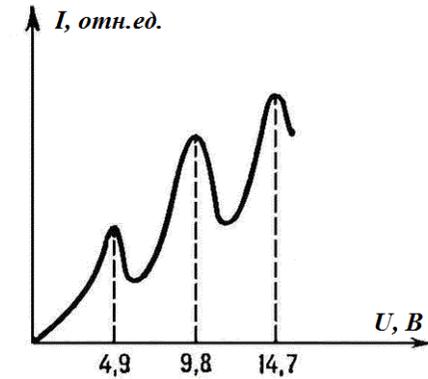
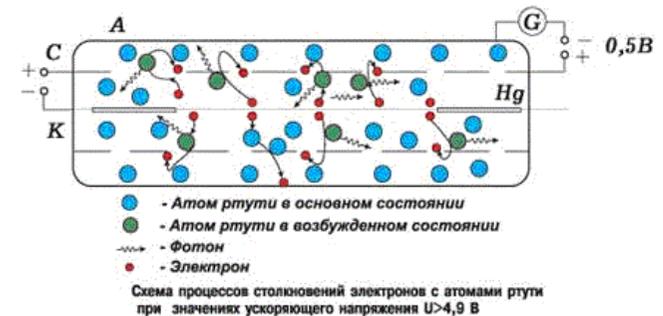
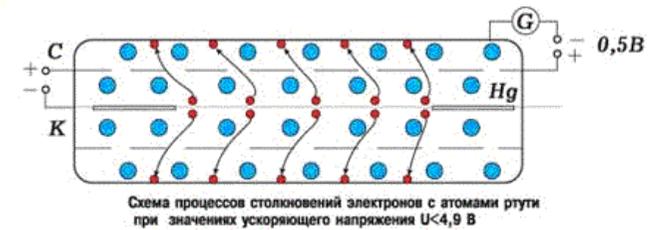


Схема электровакуумной трубки, использованной в эксперименте



Зависимость тока от напряжения



Волновая модель де Бройля (1923)



Луи де Бройль
(1892 — 1987) —
французский физик-
теоретик, один из
основоположников
квантовой механики,
лауреат Нобелевской
премии по физике за
1929 год «за
*открытие волновой
природы электрона*».

Волновая модель де Бройля (1923)

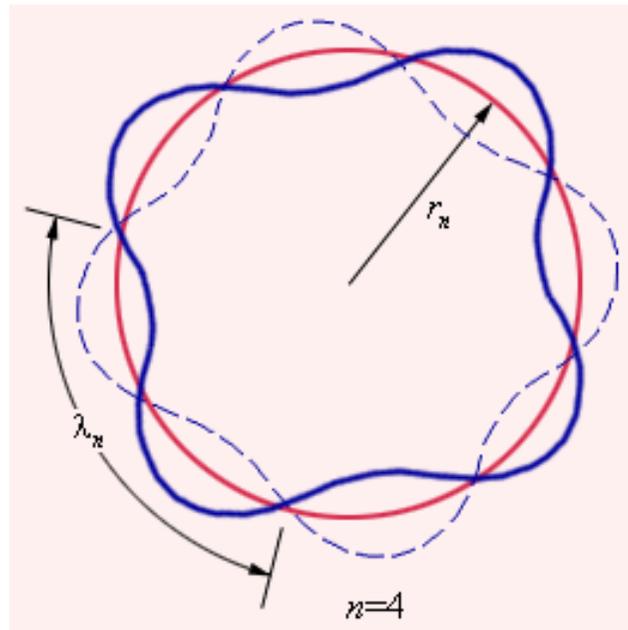
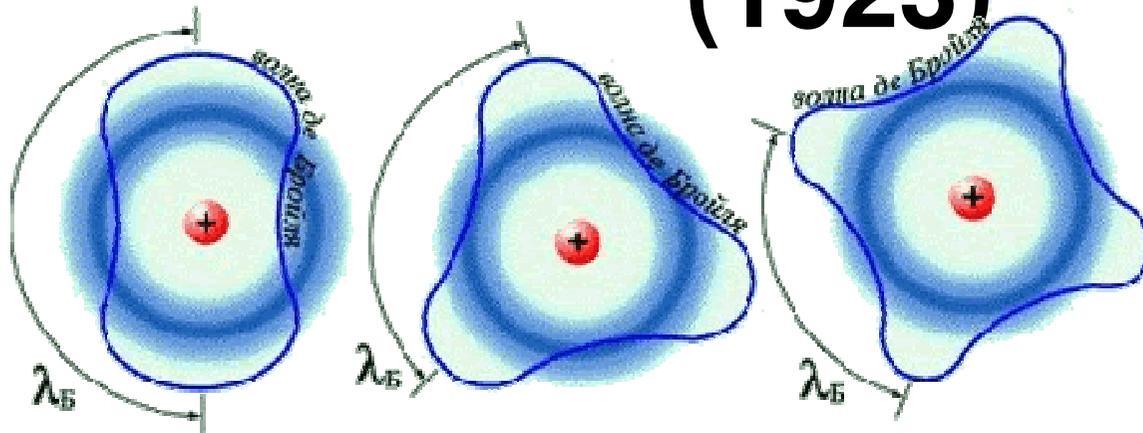
Движение электрона в атоме можно сравнить с поведением электромагнитной волны в пространстве конечного размера.

Если частица обладает импульсом с модулем p , то с ней связана волна (волна де Бройля), имеющая длину

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Квантовый объект можно рассматривать и как частицу и как волну

Волновая модель де Бройля (1923)



Если считать электрон частицей, то, чтобы электрон оставался на своей орбите на любом расстоянии от ядра, у него должен быть один и тот же импульс.

Если же считать электрон волной, то, чтобы он вписался в орбиту заданного радиуса, надо, чтобы длина окружности этой орбиты была равна целому числу длины его волны.

Строение атома

- Модели атома
- ✓ Модель Джозефа Томсона 1904.
- ✓ Ядерная модель
Э. Резерфорда 1911
- ✓ Модель Резерфорда-Бора 1913
- ◇ Опыт Франка-Герца
- ✓ Волновая модель де Бройля 1923

