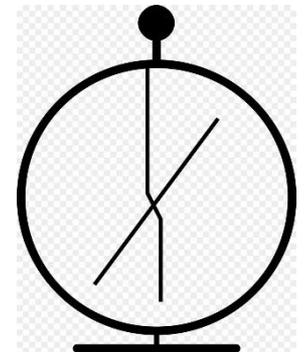


DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Лекция #1(2022)

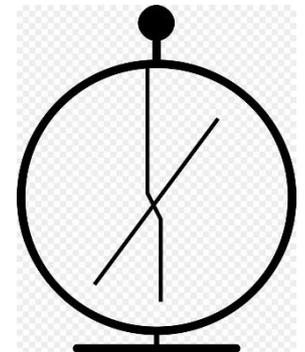


@ TSU 2022

DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Литература:

1. В. Сивухин. Общий курс физики. Том.3. Электричество. М.:Наука. 2004.
2. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. -М.: Физматлит,-2003.
3. Калашников С.Г. Электричество. М.:Физматлит, 2003.
4. Парсел Э. Берклевский курс физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Пер. с англ. М.:Наука, 1983.
5. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. М.- С.П.:Физматлит, 2000
6. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. -М.: Лань, 2011.



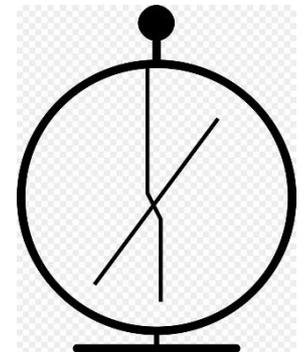
DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Электричество и магнетизм – раздел физики, изучающий электромагнитное взаимодействие.

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Взаимодействие — базовая философская категория, отражающая процессы воздействия объектов друг на друга, их изменения, взаимную обусловленность и порождение одним объектом других.



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

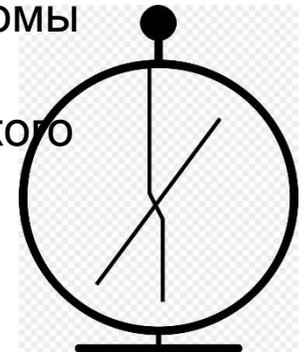
РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

Античный этап

- Само слово «электричество» происходит от греческого слова «электрон», что значит по-русски янтарь.
- Древние греки знали также, что существует особый минерал - железная руда (магнитный железняк), способный притягивать железные предметы. Залежи этого минерала находились возле города Магнесии. Название этого города послужило источником термина «магнит».

Объяснение природы эл. взаимодействия:

Все тела состоят из мелких материальных неделимых частиц - атомов. По их мнению, кроме атомов и пустоты, в которой атомы движутся, ничего не существует. Все явления природы объясняются движением атомов. Само слово «атом» греческого происхождения. Оно означает «неделимый».



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

Средние века

Открытие компаса (XII век) Изучение магнитных явлений.

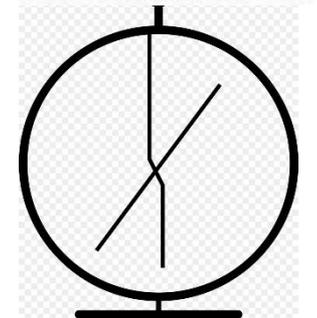
Исследование магнитных явлений английского ученого Гильберта «О магните, магнитных телах и большом магните - Земле» 1600 г. Впервые последовательно рассмотрены магнитные и многие электрические явления.

Гильберт установил:

- у магнита всегда имеются два неразделимых полюса:
- явление магнитной индукции (брусок железа, расположенный возле магнита, сам приобретает магнитные свойства).
- удары по магнитам могут ослабить их действие.
- наэлектризовать можно не только янтарь, но и алмаз, горный хрусталь и ряд других минералов. В отличие от магнита, который способен притягивать только железо (других магнитных материалов в то время не знали), наэлектризованное тело притягивает многие тела.



D^r WILLIAM GILBERT,
Physician to Q^{ueen} Elizabeth.
From an Original Picture in the Bodleian Library, Oxford.
The Rev. J. H. Sturt, 1850.



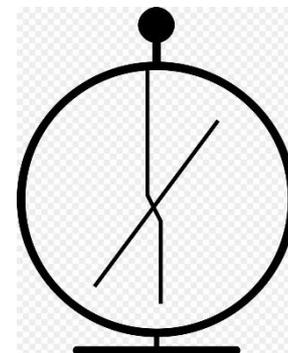
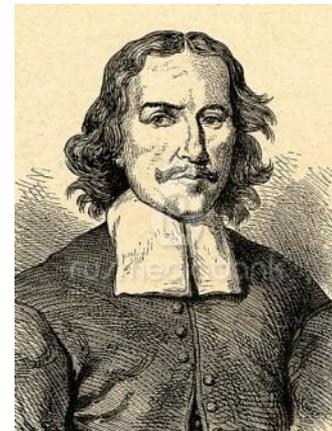
DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

Средние века

Электрическая машина Герике

Исследование электрических явлений немецкого ученого Герике В 1672 г. вышла его книга, в которой были описаны опыты по электричеству. Наиболее интересным достижением Герике было изобретение им «электрической машины». «Электрическая машина» представляла собой шар, сделанный из серы и посаженный на железный шест. Герике вращал этот шар и натирал его ладонью руки. Впоследствии ученый несколько раз усовершенствовал свою «машину».



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

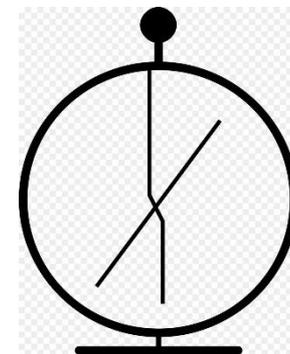
Развитие представлений о электричестве в XVII-XVIII ст.

В 1729 г. англичанин Грей открыл явление электропроводности.

Он установил, что электричество способно передаваться от одних тел к другим по металлической проволоке. По шелковой нити электричество не распространялось. В связи с этим Грей разделил все тела на проводники и непроводники электричества.

Французский ученый Дюфе спустя пять лет выяснил, что существует два рода электричества. Один вид электричества получается при натирании стекла, горного хрусталя, шерсти и некоторых других тел. Это электричество Дюфе назвал **стеклянным** электричеством.

Второй вид электричества получается при натирании янтаря, шелка, бумаги и других веществ. Этот вид электричества Дюфе назвал **смоляным**. Ученый установил, что тела, наэлектризованные одним видом электричества, отталкиваются, а разными видами, - притягиваются.



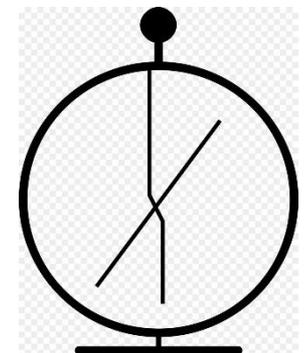
DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ

Развитие представлений о электричестве в XVII-XVIII ст.

Очень важным шагом в развитии учения об электричестве было изобретение лейденской банки, т. е. электрического конденсатора. Лейденская банка была изобретена почти одновременно немецким физиком Клейстом и голландским физиком Мушенбруком в 1745 - 1746 гг.

Лейденская банка является обычным конденсатором. Когда внешнюю обкладку ее заземляют, а металлический шарик соединяют с источником электричества, то на обкладках банки скапливается значительный электрический заряд и при ее разряде может протекать значительный ток. Получение больших зарядов с помощью лейденской банки значительно способствовало развитию учения об электричестве.

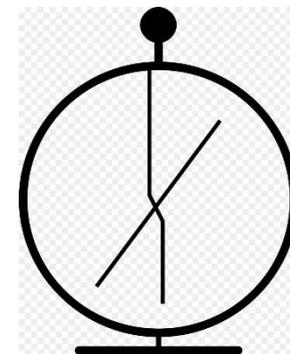


DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Этапы развития науки:

| Год | Открытие | Год | Открытие |
|------|--------------------------------|------|--------------------------------|
| 1785 | Закон Кулона | 1887 | Э-М волны, Герц |
| 1799 | Вольтов столб | 1897 | Томсон, открытие электрона |
| 1820 | Опыты Эрстеда и Ампера | 1905 | Эйнштейн, фотоэффект |
| 1831 | Фарадей, открытие э-м индукции | 1913 | Бор, квантовая физика |
| 1873 | Уравнения Максвелла | 1924 | Де Бройль, корп.-волн. дуализм |



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

СТРУКТУРА КУРСА Электричество и магнетизм

Электростатика
(эл. заряд, эл. поле)

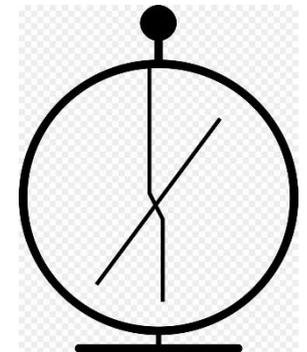
Магнитостатика
(маг. диполь, маг.
поле)

Поле в веществе
(поляризация)

Поле в веществе
(намагничивание)

Электродинамика
(э-м индукция,
ток смещения)

Э-М волны
(перенос энергии,
импульса)



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

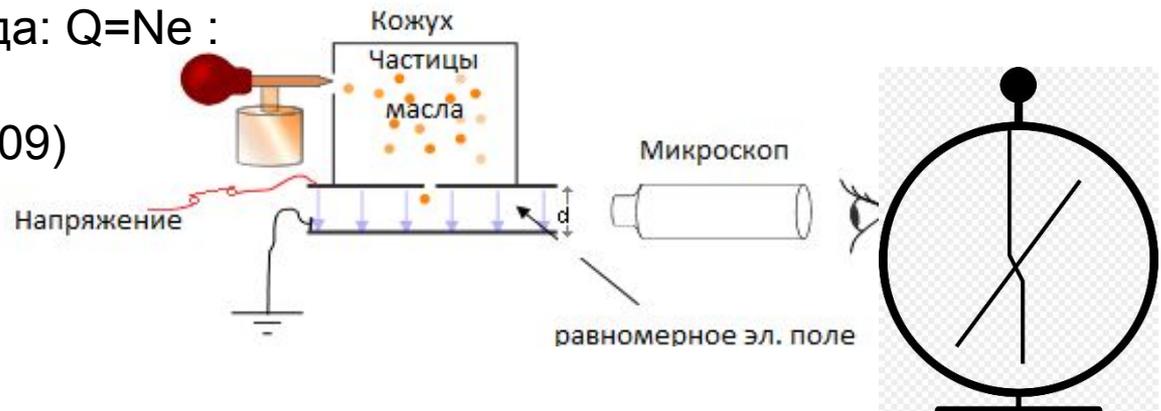
Электрический заряд и его свойства

Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные взаимодействия.

<https://www.youtube.com/watch?v=3EB8at6ITNs>

1. Заряд существует двух типов: (+) и (-)
2. Величина заряда инвариантна относительно инерциальной системы координат (электрическая нейтральность атомов)
3. Аддитивность заряда
4. Сохранение заряда в изолированной системе (рождение и аннигиляция)
5. Квантование заряда: $Q = Ne$:

Опыт Милликена (1909)



<https://www.youtube.com/watch?v=LSSJO3SBEh8>

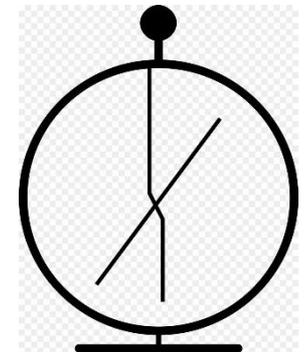
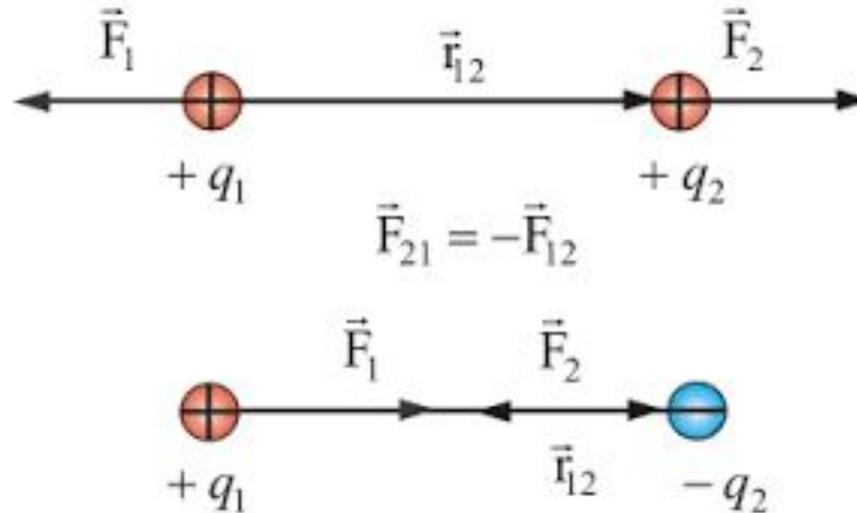
DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Закон Кулона (1785)

<https://www.youtube.com/watch?v=MkzSElu6fMI>

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»



Закон Кулона (1785)

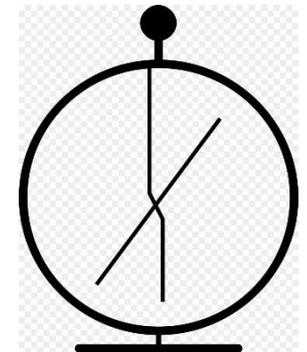
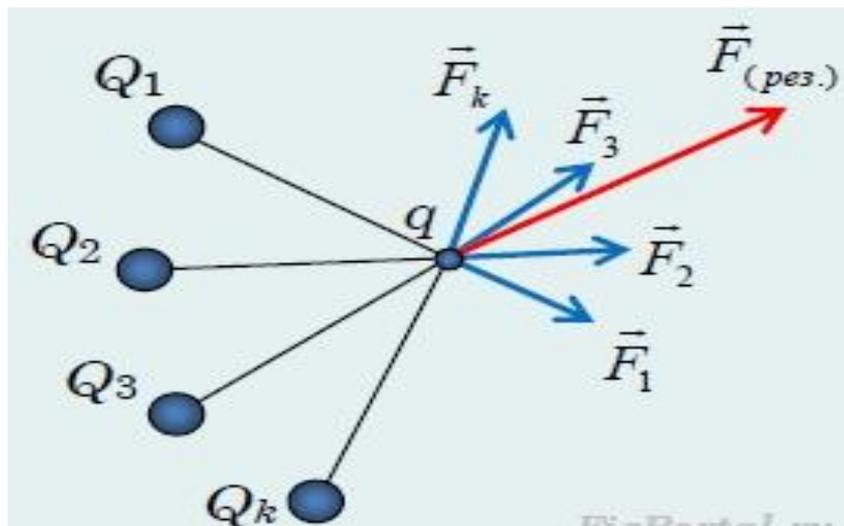
Точечный заряд!

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Принцип суперпозиции

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Размерность электрического заряда

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

СГС – система единиц: г, см, с

$k=1;$

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»



1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

СИ – система единиц: кг, м, с, А (ампер)

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

Найдем k в СИ-системе

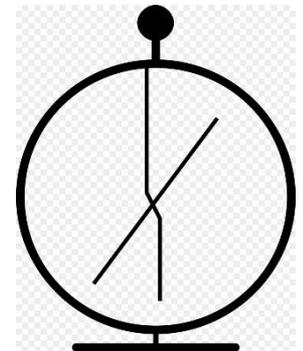
СГС:

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

СИ:

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»



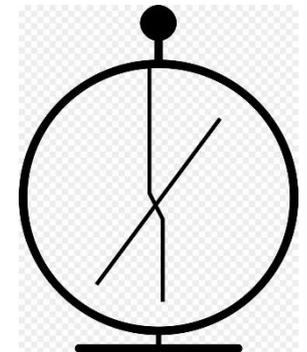
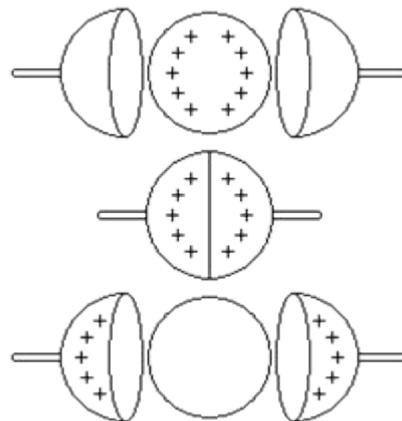
DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Экспериментальная проверка Закона Кулона (Кавендиш 1770)

Идея Кавендиша состояла в том, чтобы проверить, остается ли электрическое поле внутри заряженной проводящей сферы?

Ньютон: если силы взаимодействия обратно пропорциональны квадрату расстояния, то внутри сферического слоя гравитационное поле должно равняться нулю.

Поэтому отсутствие поля внутри заряженной сферы означало бы, что электростатические силы, как и гравитационные, обратно пропорциональны квадрату расстояния.



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Экспериментальная проверка Закона Кулона на больших расстояниях

(Опыты с космическими лучами)

Электромагнитное взаимодействие – переносчики – фотоны (масса покоя равна нулю)

Из квантовой механики известно, что если частица поля имеет нулевую массу покоя, то сила меняется по закону обратных квадратов. Поэтому вопрос сводится к определению массы покоя фотона.

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81_%D0%A8%D1%83%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0

Экспериментальные оценки по резонансам Шумана показывают, что у фотона она меньше 10^{-48} кг. Если у фотона была бы масса покоя, то скорость электромагнитных волн в вакууме зависела бы от длины волны (дисперсия). Одновременная регистрация светового и радиоизлучения от далекой звезды (20 световых лет) отрицает наличие дисперсии.

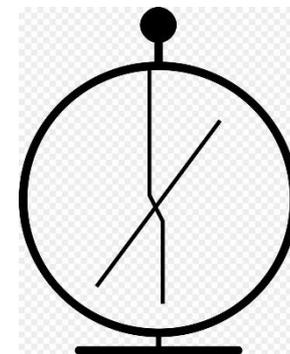
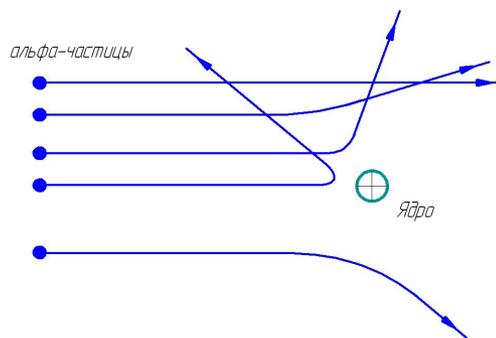
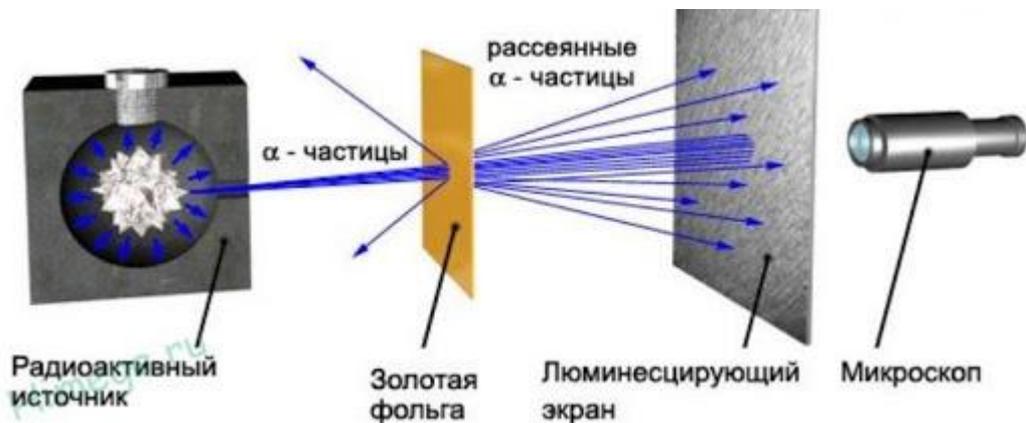
Эксперименты, связанные с исследованием магнитного поля с помощью спутников, позволяют сделать вывод, что закон Кулона выполняется до расстояний 10^7 м. Нет причин сомневаться в его выполнении и на больших расстояниях.



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Экспериментальная проверка Закона Кулона на малых расстояниях (Опыты Резерфорда 1911)

Из опытов **Резерфорда** по рассеянию **α -частиц** (1911) следует, что закон Кулона не нарушается до атомных расстояний 10^{-10} м.



DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS

Полевая трактовка Закона Кулона

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

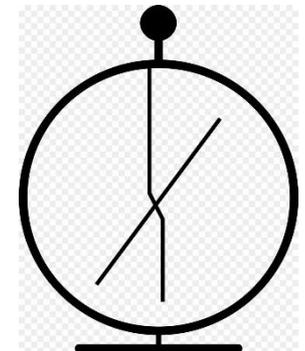
1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

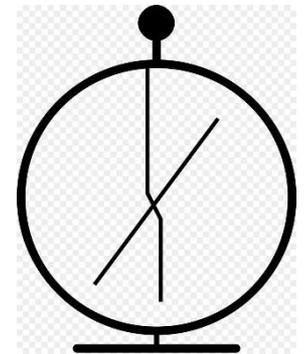
1. ПРЕДМЕТ И МЕСТО ДЛЯ УРАВНЕНИЯ. СТРУКТУРА КУРСА
«ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»



Эти заряды на друг друга не влияют, потому как бесконечно удалены друг от друга. Если их начать приближать друг к другу, тогда силловые линии (стрелки) начнут искривляться и рисунок будет другим.

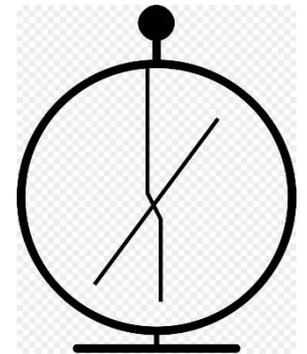


DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS



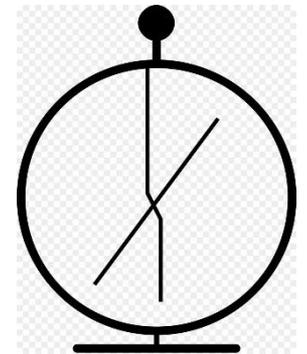
@ TSU 2022

DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS



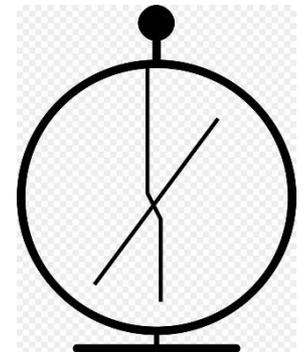
@ TSU 2022

DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS



@ TSU 2022

DEPARTMENT OF GENERAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS



@ TSU 2022

