

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

Э.К. Гадаева

ИСТОРИЯ ФИЗИКИ: КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЗИКА – ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ И ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика

Оренбург
2019

УДК 53(09) (075.8)
ББК 22.3 гя 7
Г 13

Рецензент – доцент, кандидат физико – математических наук А.П. Русинов

Гадаева, Э.К.

Г 13 История физики: классическая физика – электромагнетизм и элементы атомной и ядерной физики: методические указания / Э.К. Гадаева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. - 21 с.

Методические указания содержат теоретический блок и тесты для самопроверки.

Методические указания по дисциплинам «История физики», «Электричество и магнетизм», «Атомная физика», «Физика атомного ядра и элементарных частиц», «Общий физический практикум» предназначены для обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

УДК 53(09) (075.8)
ББК 22.3 гя 7

© Гадаева Э.К., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Электричество и магнетизм, элементы атомной и ядерной физики | 4 |
| 1.1 Тесты для самоконтроля..... | 10 |
| Ответы | 18 |
| Портреты ученых..... | 19 |
| Список использованных источников | 21 |

1 Электричество и магнетизм, элементы атомной и ядерной физики

XVIII век в области электрических и магнитных явлений начал свой путь с исследования электрических зарядов и магнитов - были установлены основные законы взаимодействия электрических зарядов и магнитов и лишь в первой половине XIX века создан математический аппарат. В конце XVIII века развивается область электричества и магнетизма, названная Ампером электродинамикой. И начинается все с изучения электрического тока.

Луиджи Гальвани (1737 - 1798) изучал физиологическое влияние электрического тока на живой организм. Он открыл так называемое гальваническое электричество, наблюдая за сокращениями мышц препарированной лягушки при прикосновении металлических предметов в то время, когда в электрической машине стоявшей вблизи проскакивали искры. Гальвани считал, что возникающий электрический ток “животный” и вырабатывается ток организмом лягушки.

Опыты Гальвани стали повторять другие ученые. В частности, Алессандро Вольта (1745 - 1827). Последнего, как физика, интересовала физическая сторона дела, а не физиологическая. И Вольта понял, что возникновение электрического тока связано с контактом разнородных металлов. Гальвани выступал против этой гипотезы. Тем не менее Вольта показал, что контактная разность потенциалов возникает только между “сухими” проводниками, а между “сухими” и “влажными” - не возникает. Тогда Вольта взял два “сухих” проводника и привел их в контакт через “влажный” проводник, создав, таким образом, источник непрерывного электрического тока - вольтов столб. Вольтов столб состоял из несколько десятков круглых пластинок из серебра и цинка или меди и олова, между которыми были картонные прокладки, смоченные соленой водой. Открытие гальванического элемента дало толчок к изучению электрического тока и его действий.

Так, в 1800 г. Никольсон и Карлейль разложили воду на водород и кислород с помощью электрического тока. В 1807 г. Х. Дэви, разлагая, таким образом, едкие

щелочи, обнаружил новые элементы - натрий, калий, кальций. Позже Дэви стал развивать теорию электролиза.

В начале XIX века физики стали изучать световое и тепловое действие электрического тока. Стоит здесь отметить В.В. Петрова (1761 - 1834). Он впервые наблюдал электрическую дугу.

Исследование магнитного действия электрического тока началось после того, как Ханс Кристиан Эрстед (1777 - 1851) в 1819 г. (опубликовано в 1820 г.) неожиданно для себя и окружающих открыл связь между электрическими и магнитными явлениями. Эрстед расположил проводник параллельно магнитному меридиану и, пропуская по нему ток, заметил, что расположенная рядом магнитная стрелка отклоняется, причем угол отклонения зависит от расстояния между магнитной стрелкой и проводником, а также от величины силы тока в проводнике (кстати, в тот период понятия “сила тока” пока не существовало). Это был толчок к новым исследованиям. Так, Араго наблюдал намагничивание железных опилок вокруг проводника с током. А физики Био и Савар установили закон действия проводника с током на магнитную стрелку, который и был позже назван в их честь.

Огромный вклад в развитие электромагнетизма привнес Андре Мари Ампер (1775 - 1836): взаимодействие прямолинейных проводников с током, взаимодействие замкнутых токов, гипотеза о молекулярных токах для объяснения магнитных свойств вещества, эквивалентность магнита и соленоида и др.

В первой половине XIX века были установлены законы постоянного тока. Георг Ом (1787 - 1854) экспериментально установил, что сила тока зависит от длины проводников, площади их поперечного сечения, от числа гальванических элементов, включенных в цепь. Стоит отметить, что закон Ома далеко не сразу получил признание. Кирхгоф исследуя разветвлённые цепи установил свои правила в 1845 - 1848 гг. Спустя 15 лет после закона Ома Джоуль (1843) и Ленц (1844) независимо друг от друга получили закон, определяющий количество теплоты, выделяемой электрическим током в цепи. [1]

В 1823 году Майкл Фарадей (1791 - 1867), одержимый идеей о взаимной превращаемости “сил природы”, записал в своем дневнике “обратить магнетизм в

электричество”. В течение восьми лет Фарадей настойчиво добился решения данной задачи и в 1831 г. решил ее. Первый опыт Фарадея по обнаружению электромагнитной индукции был следующим: две катушки, вставленные одна в другую; концы одной из них замкнуты на чувствительный гальванометр, концы другой - с батареей; при замыкании ключа наблюдалось слабое действие на гальванометр. Проводя подобные опыты, Фарадей добился “образования электричества из магнетизма” путем движения магнита внутри проволочной катушки. В плане количественного изучения явления электромагнитной индукции многое удалось Эмилию Ленцу (1804 - 1865): установил, что ЭДС индукции пропорциональна количеству витков в катушке и не зависит от их диаметра; изучал, как зависит величина индукционного тока от геометрических параметров катушки; и самое важное, сформулировал свое правило, которое в его редакции звучит следующим образом: “если металлический проводник движется вблизи от гальванического тока или магнита, то в нем возбуждается гальванический ток такого направления, что если бы данный проводник был неподвижным, то ток мог бы обусловить его перемещение в противоположную сторону; при этом предполагается, что покоящийся проводник может перемещаться только в направлении движения или противоположном направлении”. Создать математическую теорию электромагнитной индукции посчастливилось Ф. Нейману в работах 1845 - 1847 гг. [1]

Новые открытия Фарадея относятся уже к 1845 г., когда им открыто явление вращения плоскости поляризации света в магнитном поле, а также открыт диамагнетизм. Фарадей на эксперименте убеждается в существовании веществ, которые в магнитном поле стремятся двигаться в направлении, противоположном направлению магнитных линий. Вещества, обладающие обычными магнитными свойствами, он называет парамагнитными, а другие - диамагнитными. Однако сложилось так, что основные теоретические взгляды Фарадея не были серьезно оценены современниками, Фарадея уважали, как гениального экспериментатора. Первым, кто обратил внимание на представления Фарадея в середине XIX века,

развил их и построил теорию электромагнитного поля, был Джеймс Максвелл (1831 - 1879).

Максвелл переложил идеи Фарадея на математический язык и, таким образом, получил формулы электромагнитного поля, в которых были сокрыты все известные к тому времени законы электрических и магнитных явлений, а также с помощью этих формул можно было предсказать существование новых явлений, в частности, что свет это электромагнитная волна, распространяющаяся в среде со скоростью, которая в свою очередь определяется постоянными среды - диэлектрической и магнитной проницаемостями. Максвелл так определяет электромагнитное поле: “электромагнитное поле - это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии” [1].

Вот система уравнений, которую получил Максвелл:

$$\begin{aligned} \vec{J}_{полн} &= \vec{j} + \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \\ \vec{B} &= rot \vec{A}, \\ rot \vec{H} &= \frac{4 \cdot \pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \\ \vec{E} &= -[\vec{B}, \vec{u}] - \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - grad \varphi, \\ \vec{D} &= \varepsilon \cdot \vec{E}, \\ \vec{j} &= \lambda \cdot \vec{E}, \\ div \vec{D} &= 4 \cdot \pi \cdot \rho, \\ div \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} &= 0. \end{aligned}$$

Данные уравнения немного отличаются от той системы уравнений Максвелла, которая приведена в любом учебнике по электродинамике. Так, в системе отсутствует уравнение $rot \vec{E} = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$, но оно вполне заменяемо вторым и четвертым выражениями системы с учетом покоящихся сред. Или, например,

уравнение $\operatorname{div}\vec{B} = 0$ также вполне эквивалентно второму уравнению системы. В 1873 г. выходит труд Максвелла “Трактат об электричестве и магнетизме”, где он подводит итог исследованиям электрических и магнитных явлений и приводит теорию электрических и магнитных явлений на основе представлений об электромагнитном поле.

Генрих Герц (1857 - 1894) в 1887 г. сумел получить быстрые переменные токи - это был генератор электромагнитных колебаний и волн, который носил название “вibrator Герца”. А также предложил способ обнаружения электромагнитных колебаний методом резонанса: используя резонатор, который ничем не отличался от вибратора. С помощью этих устройств Герцу удалось обнаружить стоячие электромагнитные волны, измерить длину волны и скорость распространения этих волн. Продолжая свои исследования, Герц наблюдал интерференцию, отражение, преломление и поляризацию этих волн. Все выше сказанное свидетельствовало о тождественности электромагнитных и световых волн, а, значит, о победе теории Максвелла.

В 1895 г. Петр Николаевич Лебедев, повторив опыты Герца, получил электромагнитные волны, близкие к инфракрасному диапазону, и выявил у волн явление двойного лучепреломления при прохождении через анизотропную среду. А также измерил световое давление на твердые тела, о котором говорил Максвелл в своей теории. Позже Лебедевым был проведен более тонкий эксперимент и обнаружено световое давление на газы. [2]

Кульминацией триумфа теории Максвелла стало практическое применение электромагнитных волн для связи.

В 1895 г. Александр Степанович Попов (1859 - 1905) после знакомства с открытием Бранли (Бранли наблюдал уменьшение сопротивления электрическому току металлических мелких опилок под действием электрических колебаний в результате спекания опилок) сконструировал первый приемник радиосигналов. А в 1896 г. Попов продемонстрировал на основе своего устройства прием и передачу радиосигнала. Главной частью радиоприемника служил когерер - стеклянная трубка с впаянными в нее электродами и заполненная металлическими опилками, как

изображено на рисунке 3 (следует отметить, что рисунок заимствован из работ Попова). Когерер через реле подключался к звонку в цепи батареи. В отсутствие электрических колебаний сопротивление когерера было велико, при приеме радиосигнала сопротивление когерера резко падало, цепь замыкалась, срабатывало реле и звонок сигнализировал о приеме электромагнитной волны одновременно встряхивая когерер, готовя его тем самым к приему следующего радиосигнала.

Попов применял это устройство для приема электромагнитных колебаний от разных источников. В частности, для регистрации электромагнитных возмущений в атмосфере, поэтому был назван Поповым “грозоотметчиком”. Грозоотметчик был продемонстрирован Поповым на заседании физического отделения Русского физико-химического общества весной 1895 г. А 12 (24) марта 1896 г. Попов осуществил связь на расстоянии 250 м, передав радиограмму: “Генрих Герц”. Уже через год информация была передана на расстояние 5 км, а еще через два года - на 50 км. [2]

Конец XIX века ознаменован важными открытиями: открытие электрона (Д. Томсон, 1880 г.), открытие радиоактивности (А. Беккерель, 1896 г.), открытие фотоэффекта (Г. Герц обнаружил, что освещение ультрафиолетовым светом электродов искрового промежутка, находящегося под напряжением, облегчает проскакивание искры между ними, 1887 г.), открытие законов фотоэффекта (А.Г. Столетов, 1888 - 1890 гг.), открытие рентгеновских лучей.

В 1895 г. Вильгельм Рентген (1845 - 1923) открыл излучение, названное его именем. Быстро были выяснены основные свойства этого излучения: ионизация газа, большая проникающая способность и др. Но не была ясна природа данного излучения. Используя эти лучи, Дж. Дж. Томсон (1856 - 1940) совместно с молодым Резерфордом заметили резкое увеличение электропроводности газа после облучения последнего рентгеновскими лучами. Томсона заинтересовали частицы, являющиеся носителями заряда в газе. Так был открыт электрон. Томсону также удалось измерить удельный заряд электрона двумя способами. Один из них заключался в следующем: исследуемые частицы направляли во взаимно-перпендикулярные электрическое и магнитное поля и, подбирая величины полей таким образом, чтобы

их действие было скомпенсировано, по смещению частицы определяли величину удельного заряда.

В 1888 г. Столетов исследовал явление фотоэффекта с помощью своей установки. Установка Столетова была следующей: к гальваническому элементу через гальванометр подключались металлическая пластина и сетка. Если на пластину подавался отрицательный потенциал, а на сетку - положительный, то при освещении пластины наблюдался ток в цепи. Были установлены закономерности: фототок наблюдается только при подаче на пластину отрицательного потенциала; величина фототока пропорциональна интенсивности падающего излучения; существует ток насыщения; для наблюдения фотоэффекта необходимо, чтобы падающее излучение было ультрафиолетовым и др.

Открытие Анри Беккерелем (1852 - 1908) явления радиоактивности в 1896 г. также произвело фурор среди физиков. Беккерель обнаружил, что кусок урановой соли является непрерывным источником некоторого невидимого глазу излучения, способного вызывать почернение фотопластинки. Мария Склодовская - Кюри (1867 - 1934) и Пьер Кюри (1859 - 1906), исследуя новое излучение, обнаружили новый элемент для таблицы Менделеева - радий.

По всему выше сказанному можно заключить, что в начале XX века возникает новая общая физическая концепция, новые представления о физической картине мира, в основе которых лежит электромагнитная теория материи.

1.1 Тесты для самоконтроля

1.1.1 Американский физик, видный политический и общественный деятель, заслуга которого в развитии учения об электричестве в XVIII в. неоспорима - ...

А. Джоуль Дж.

Б. Фарадей М.

В. Максвелл Дж.

Г. Франклин Б.

1.1.2 В конце 1799 года Вольта А. сконструировал – вольтов столб - это...

А. конденсатор

Б. столб уличного освещения

В. первый источник длительного гальванического тока

Г. прибор для измерения силы тока

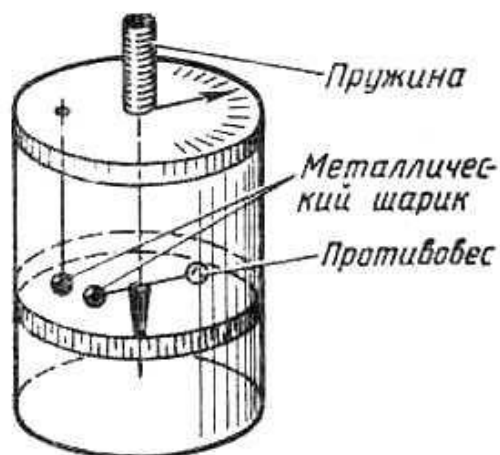


Рисунок 1

1.1.3 На рисунке 1 изображено...

А. крутильные весы Кулона

Б. вольтов столб

В. электрометр

Г. лейденская банка

1.1.4 Сила взаимодействия между двумя точечными электрическими зарядами, находящимися на расстоянии r в вакууме равна:

А. $F = 4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

Б. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

В. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

Г. $F = 4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$

1.1.5 В 1791 описал опыты над дрожанием препарированной лапки лягушки, если один конец металлической дуги (лучше всего состоящей из спаянных стержней цинкового и медного) привести в соприкосновение с нервом, а другой с мускулами лапки...

А. Гальвани Л.

Б. Вольты А.

В. Кулон Ш.

Г. Эрстед Х.

1.1.6 Обнаружение в 1820 году действия электрического тока на магнитную стрелку привело к возникновению новой области физики – электромагнетизма. Ученым, открывшим это явление, был...

А. Гальвани Л.

Б. Вольты А.

В. Кулон Ш.

Г. Эрстед Х.

1.1.7 В 1820 году французские физики Био и Савар экспериментально исследовали зависимость величины магнитного поля от расстояния от проводника с током до точки наблюдения. Математическую зависимость в общем виде получил Лаплас. Сформулированный ими общий закон носит название закона Био-Савара-Лапласа и имеет математический вид:

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

Б. $d\vec{B} = \frac{I}{r^3} [d\vec{l}, \vec{r}]$

В. $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^2} [d\vec{l}, \vec{r}]$

Г. $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^3} \cdot \vec{r}_{12}$

1.1.8 В 1820 году установил закон взаимодействия электрических токов...

А. Ампер А.

Б. Вольты А.

В. Кулон Ш.

Г. Эрстед Х.

1.1.9 Один из основоположников электродинамики, выдающийся ученый, в честь которого названа одна из основных электрических величин — единица силы тока...

А. Ампер А.

Б. Вольты А.

В. Кулон Ш.

Г. Эрстед Х.

1.1.10 Открыл в 1822 году магнитный эффект катушки с током – соленоида, который является эквивалентом постоянного магнита, выдвинул идею усиления магнитного поля путем помещения внутрь соленоида железного сердечника...

А. Ом Г.

Б. Вольты А.

В. Ампер А.

Г. Эрстед Х.

1.1.11 В 1829 году изобрел такие устройства как коммутатор и электромагнитный телеграф...

А. Ом Г.

Б. Вольты А.

В. Ампер А.

Г. Эрстед Х.

1.1.12 Обнаружил метан в 1776 году и объяснил его образование разложением животных и растительных останков. Его именем названа единица напряжения.

А. Ом Г.

Б. Вольта А.

В. Ампер А.

Г. Эрстед Х.

1.1.13 Этот ученый-физик в течение 10 лет пытался «превратить магнетизм в электричество» и его исследования завершились в 1831 открытием электромагнитной индукции.

А. Фарадей М.

Б. Вольта А.

В. Ампер А.

Г. Максвелл Дж.

1.1.14 В 1821 году впервые наблюдал вращение магнита вокруг проводника с током и проводника с током вокруг магнита, создал первую модель электродвигателя...

А. Максвелл Дж.

Б. Вольта А.

В. Ампер А.

Г. Фарадей М.

1.1.15 Обнаружил вращение плоскости поляризации света в магнитном поле, что явилось доказательством связи света с магнетизмом и положило начало магнитооптике, а также в его честь названа единица емкости...

А. Вольта А.

Б. Ампер А.

В. Фарадей М.

Г. Максвелл Дж.

1.1.16 Этот ученый-физик математически развил воззрения М. Фарадея, создав теорию электромагнетизма, ставшую общепризнанной классической основой современной физики.

А. Вольта А.

Б. Ампер А.

В. Фарадей М.

Г. Максвелл Дж.

1.1.17 Закон Ома, экспериментально открытый в 1826 г. и теоретически выведенный в 1827 г., имеет математический вид:

А. $U = I \cdot R$

Б. $R = \frac{U}{I}$

В. $R = \frac{I}{U}$

Г. $I = \frac{U}{R}$

1.1.18 В 1833-34 гг. этот ученый установил основные законы электролиза, положив начало электрохимии...

А. Вольта А.

Б. Ампер А.

В. Фарадей М.

Г. Максвелл Дж.

1.1.19 В 1833 г. явление самоиндукции открыл...

А. Генри Дж.

Б. Ампер А.

В. Фарадей М.

Г. Максвелл Дж.

1.1.20 Знак «минус» в законе электромагнитной индукции и в законе самоиндукции обусловлен...

А. правилом буравчика

Б. правилом левой руки

В. правилом правой руки

Г. правилом Ленца

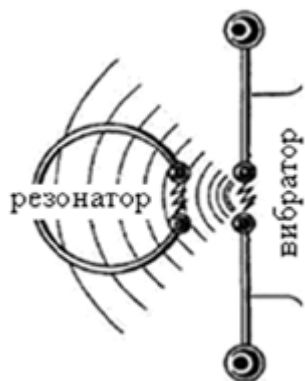


Рисунок 2

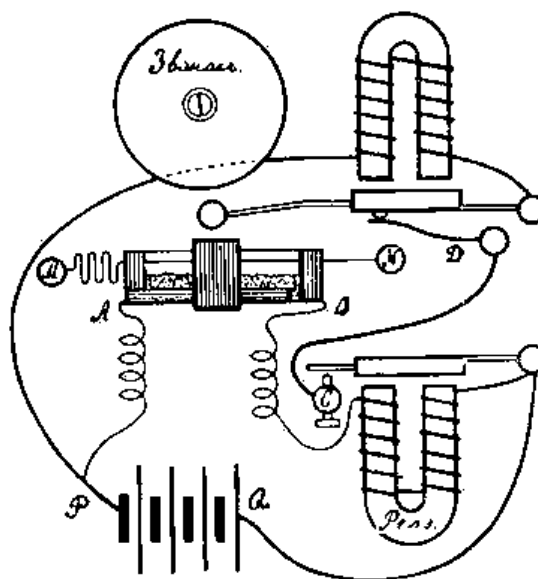


Рисунок 3

1.1.21 На рисунке 2 изображена установка 1888 года...

А. для проверки правила Ленца

Б. генерации и улавливания электромагнитных волн Герца

В. для получения индукционного тока Фарадея

Г. радиоприемника Попова

1.1.22 Экспериментально доказал существование электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве в соответствии с теорией Максвелла, ...

А Генри Дж.

Б. Герц Г.

В. Фарадей М.

Г. Максвелл Дж.

1.1.23 Выберите неправильное утверждение. Генрих Герц ...

А. изобрел радиоприемник

Б. доказал существование электромагнитных волн

В. обнаружил отражение, интерференцию, дифракцию и поляризацию электромагнитных волн

Г. доказал, что скорость распространения электромагнитных волн совпадает со скоростью света

1.1.24 В 1889 г. впервые указал на возможность использования электромагнитных волн для передачи сигналов...

А Попов А.С.

Б. Герц Г.

В. Маркони Г.

Г. Максвелл Дж.

1.1.25 Впервые 25 апреля (7 мая по новому стилю) 1895 этот ученый продемонстрировал грозоотметчик на заседании Русского физико-химического общества и высказал мысль о возможности его применения для передачи сигналов на расстояние.

А Попов А.С.

Б. Герц Г.

В. Маркони Г.

Г. Максвелл Дж.

1.1.26 Когерер – это ...

А. устаревшее название конденсатора

Б. чувствительный элемент грозоотметчика Попова

В. основной элемент вибратора Герца

Г. основной элемент резонатора Герца

1.1.27 На рисунке 3 изображена...

А. вибратор Герца

Б. резонатор Герца

В. схема радиоприёмника А. С. Попова

Г. схема радиопередатчика А. С. Попова

1.1.28 24 марта 1896 года Попов передал с помощью телеграфного аппарата, присоединённого к прибору, на расстояние 250 м слова:

А. «Маркони второй»

Б. «электромагнитная волна»

В. «радио Попова»

Г. «Генрих Герц»

1.1.29 Г. Герц впервые генерировал электромагнитные волны

А. рентгеновского диапазона

Б. инфракрасного диапазона

В. ультрафиолетового диапазона

Г. радиоволнового диапазона

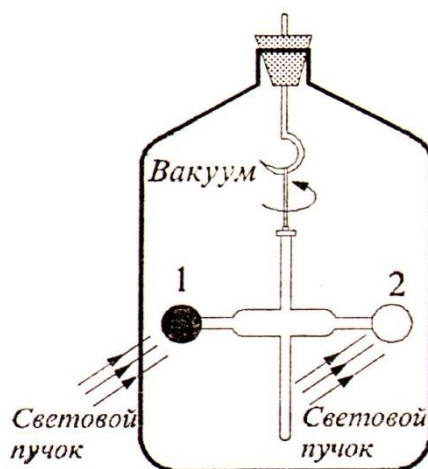


Рисунок 4

1.1.30 На рисунке 4 изображено...

А. крутильные весы Кулона

Б. установка Лебедева

В. вибратор Герца

Г. грозоотметчик Попова

1.1.31 Открыл электрон...

А Резерфорд Э.

Б. Герц Г.

В. Томсон Дж. Дж..

Г. Максвелл Дж.

1.1.32 “X-лучи” это...

А рентгеновское излучение

Б. поток электронов

В. инфракрасное излучение

Г. излучение неизвестной природы

1.1.33 А. Беккерель открыл...

А. элемент радий

Б. радиоактивность

В. электрон

Г. фотоэффект

1.1.34 Удельный заряд электрона равен...

А. $1,76 \cdot 10^{-11}$ Кл/кг

Б. $9,1 \cdot 10^{-31}$ Кл/кг

В. $1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг

Г. $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл/кг

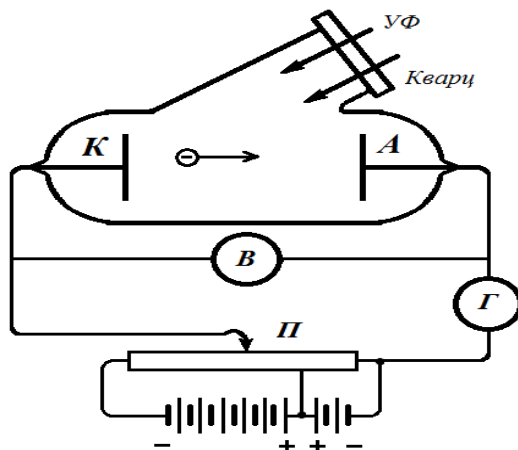


Рисунок 5

1.1.35 На рисунке 5 изображена установка Столетова, с помощью которой можно было выяснить основные закономерности явления...

А. радиоактивности

Б. ионизации

В. фотоэффекта

Г. свечения газа

ОТВЕТЫ

| | | | |
|--------|---|--------|---|
| 1.1.1 | Г | 1.1.18 | В |
| 1.1.2 | В | 1.1.19 | А |
| 1.1.3 | А | 1.1.20 | Г |
| 1.1.4 | В | 1.1.21 | Б |
| 1.1.5 | А | 1.1.22 | Б |
| 1.1.6 | Г | 1.1.23 | А |
| 1.1.7 | А | 1.1.24 | А |
| 1.1.8 | А | 1.1.25 | А |
| 1.1.9 | А | 1.1.26 | Б |
| 1.1.10 | В | 1.1.27 | В |
| 1.1.11 | В | 1.1.28 | Г |
| 1.1.12 | Б | 1.1.29 | Г |
| 1.1.13 | А | 1.1.30 | Б |
| 1.1.14 | Г | 1.1.31 | В |
| 1.1.15 | В | 1.1.32 | А |
| 1.1.16 | Г | 1.1.33 | Б |
| 1.1.17 | Г | 1.1.34 | В |
| | | 1.1.35 | В |

Портреты ученых



Л. Гальвани [3]



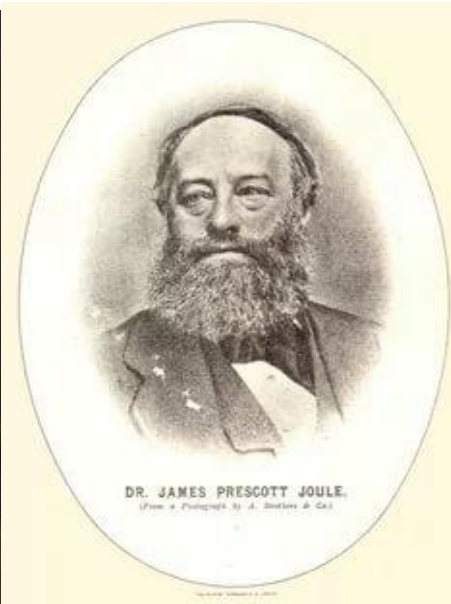
А. Вольта [3]



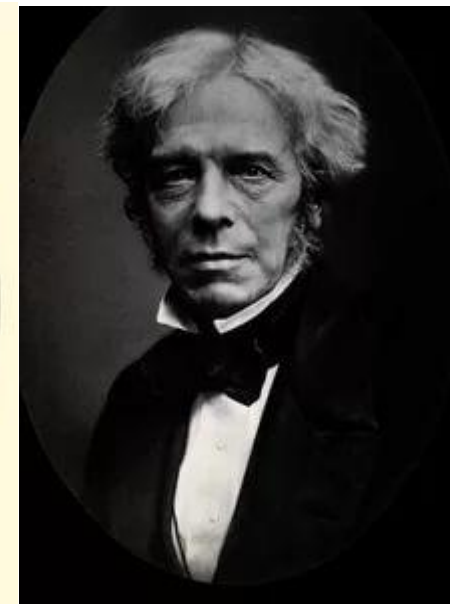
А. Ампер [4]



К. Эрстед [4]



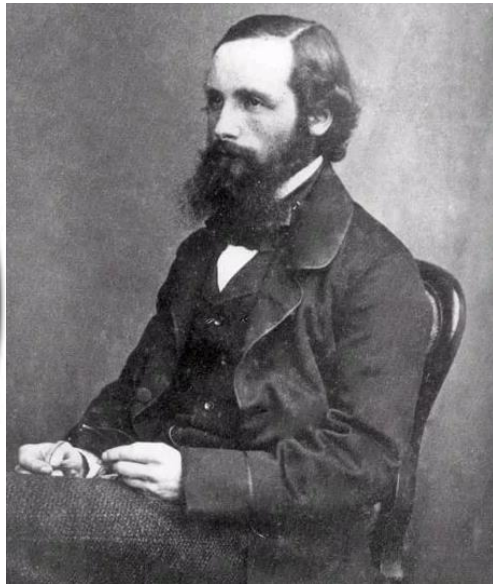
Дж. Джоуль [3]



М. Фарадей [4]



Э. Ленц [5]



Дж. Максвелл [3]



Г. Герц [4]



А.С. Попов [3]



Дж.Дж. Томсон [5]



А.Г. Столетов [3]

Список использованных источников

1 Спасский, Б.И. История физики Ч. 1: Учебное пособие для вузов / Б.И. Спасский. - М.: Высшая школа, 1977. - 320 с. - Режим доступа: http://izd.pskgu.ru/ebooks/spass_1/spass_1_titul.pdf.

2 Спасский, Б.И. История физики Ч. 2: Учебное пособие для вузов / Б.И. Спасский. - М.: Высшая школа, 1977. - 309 с. - Режим доступа: http://izd.pskgu.ru/ebooks/spass_2.html.

3 Санкт-Петербургская школа. Объединение учителей Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.eduspb.com/>.

4 Викимедия. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page.

5 Удивительные визуальные опыты. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.emaze.com/ru/>.