

Департамент образования и науки Приморского края  
КГБ ПОУ «КМТ»



Шпак С.И.,  
преподаватель физики

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ**  
Пособие для студентов

2014

С.И. Шпак; Пособие для студентов «**Физические приборы**»; КГБ ПОУ «КМТ», г. Владивостока

В данном пособии рассмотрено устройство и принцип действия физических приборов, изучаемых в курсе физики. Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов 1 и 2 курсов при изучении соответствующих тем.

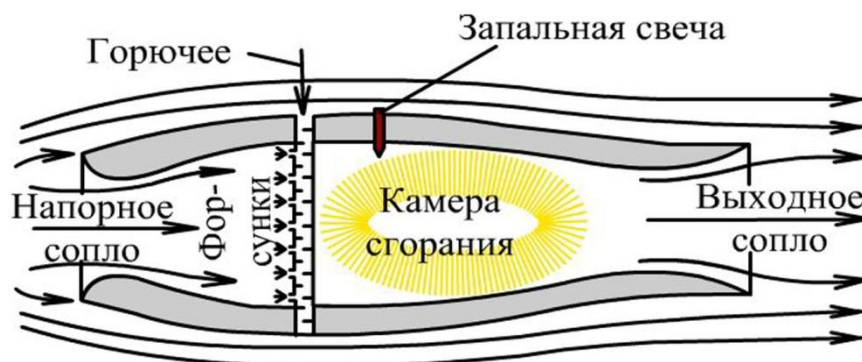
г. Владивосток, ул. Амурская 90,  
тел./факс 8 (4232) 45 – 37 – 03  
e-mail: [chpak\\_72@mail.ru](mailto:chpak_72@mail.ru)

**Содержание:**

<b>ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ</b>		<b>стр</b>
	<b>Механика</b>	
1	Реактивный двигатель	4
2	Автоколебательные системы	4
	<b>Молекулярная физика</b>	
2	Тепловой двигатель	5
3	Приборы для измерения влажности	6
	<b>Электрическое поле</b>	
4	Электростатический вольтметр	7
	<b>Законы постоянного тока</b>	
5	Тепловой гальванометр	8
	<b>Электрический ток в различных средах</b>	
6	Полупроводниковые приборы	8
7	Электронно-лучевая трубка	10
	<b>Магнитное поле</b>	
8	Электроизмерительные приборы	11
9	Электромагнитное реле	12
10	Громкоговоритель	13
11	Циклотрон	14
	<b>Колебания и волны</b>	
12	Радио Попова	15
13	Радиоприемник и радиопередатчик	16
14	Электронный осциллограф	17
15	Трансформатор	18
	<b>Оптика</b>	
16	Глаз как оптический прибор	19
	<b>Излучения и спектры</b>	
17	Спектральный аппарат	20
18	Рентгеновская трубка	21
	<b>Квантовая физика</b>	
19	Фотоэлементы	21
	<b>Атом и атомное ядро</b>	
20	Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц	23
21	Рубиновый лазер	25
22	Ядерный реактор	26

## Механика

### Реактивный двигатель.



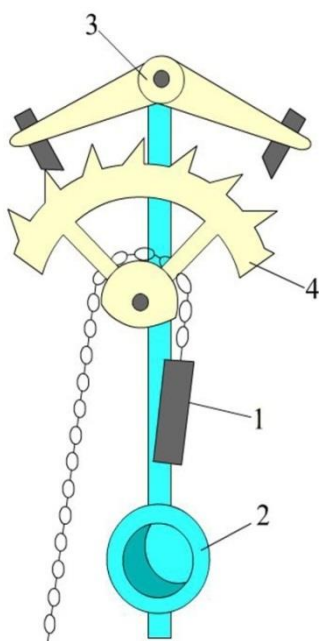
Прямоточный воздушно-реактивный двигатель используется в авиации. Его работа протекает следующим образом. При полете самолета встречный поток воздуха проходит через напорное сопло и захватывает горючее, разбрызгиваемое форсунками. Образовавшаяся рабочая смесь поступает далее в камеру сгорания, где воспламеняется с помощью запальных свечей.

Газы, получающиеся в результате сгорания воздушной смеси, с огромной скоростью выбрасываются через выходное отверстие – сопло. Вследствие резкого увеличения давления при сгорании смеси скорость газов при выходе из сопла намного больше скорости входящего в двигатель воздуха. По закону сохранения импульса благодаря этой разности скоростей и создается реактивная тяга.

#### Задание:

Заполнить таблицу

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



### Автоколебательные системы

В реальных колебательных системах совершаются затухающие колебания. Если восполнять потери энергии реальной колебательной системы, то колебания станут незатухающими. Особенно важны и широко применяются автоколебания, поддерживаемые в колебательной системе за счет постоянного внешнего источника энергии, причем свойства этих колебаний определяется самой системой.

Данная система способна регулировать поступление энергии к колеблющемуся телу для компенсации потерь на трение, джоулеву теплоту, излучение и т. п. Примером такой системы являются часы с маятником. Здесь отчетливо выделяются три основных элемента. Источником энергии служит пружинный или гиревой завод **1**. Колеблющейся системой является маятник **2** или балансир (колесико с пружиной), и, наконец устройством, регулирующим поступление энергии от источника к телу, - анкерный ход **3**. Система обладает определенным запасом энергии – потенциальной энергией гири, или энергией сжатой

пружины. Гиря приводит в движение храповое колесо **4**. Анкерное устройство (планка, выполненная в виде якоря) жестко связано с маятником и управляет вращением храпового колеса, которое своими зубьями упирается то в левый, то в правый выступ анкерного устройства. При этом маятник получает импульс то в одну сторону, то в другую, открывая или закрывая при этом доступ энергии от источника. В результате происходят незатухающие колебания маятника (ход часов) с частотой, практически равной частоте его свободных колебаний, при условии, что трение в системе мало. Такие системы называются автоколебательными.

Примером таких систем являются органная труба, скрипичная струна при равномерном движении смычка, электрический звонок с прерывателем, генератор незатухающих колебаний.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Автоколебательные системы»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

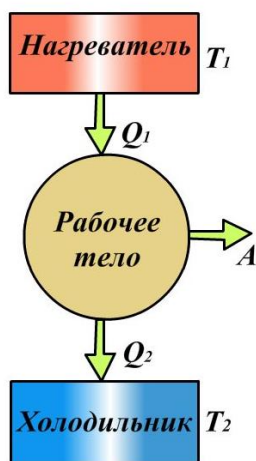
## Молекулярная физика

### Тепловой двигатель

Тепловыми двигателями называют машины, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую.

Несмотря на большое разнообразие видов тепловых двигателей, все они имеют в основных чертах общий принцип действия. В работе двигателей можно выделить следующие общие черты:

1. В любом тепловом двигателе происходит превращение энергии топлива в механическую энергию. При этом энергия топлива сначала превращается во внутреннюю энергию газов или пара, нагретых до



высокой температуры;

- Для работы теплового двигателя необходимо наличие двух тел с различными температурами. Они называются нагревателем и холодильником. Кроме того, необходимо рабочее тело (пар или газ). В процессе работы теплового двигателя рабочее тело забирает у нагревателя некоторое количество теплоты  $Q_1$  и превращает часть его в механическую энергию  $A$ , а непревращенную часть теплоты  $Q_2$  передает холодильнику. По закону превращения и сохранения энергии  $Q_1 = Q_2 + A$ ;
- Работа любого теплового двигателя состоит из повторяющихся циклов изменения состояния рабочего тела. Каждый же цикл состоит из разных процессов: получения энергии от нагревателя, рабочего хода (расширения рабочего тела и превращения части полученной им энергии в механическую энергию) и, наконец, передачи неиспользованной части энергии холодильнику.

Тепловые двигатели играют большую роль в жизни человечества. В настоящее время паровая турбина – основной первичный двигатель на тепловых и атомных электростанциях. Создание газовых турбин привело к резкому возрастанию скоростей и грузоподъемности самолетов, а создание реактивных двигателей помогло осуществить вековую мечту о полетах в космос. Велика роль двигателей внутреннего сгорания в сельскохозяйственной и строительной технике (тракторы, комбайны, тягачи, автомашины, бульдозеры, экскаваторы и многие другие машины).

Негативная сторона использования тепловых двигателей состоит в загрязнении окружающей среды вредными для людей, животных и растительного мира веществами.

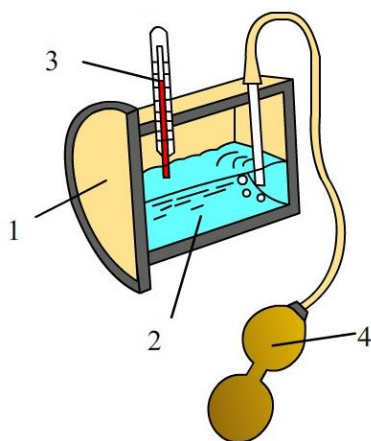
**Задание:**

Заполнить таблицу «Тепловой двигатель»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

**Приборы для измерения влажности**

**Конденсационный гигрометр.**

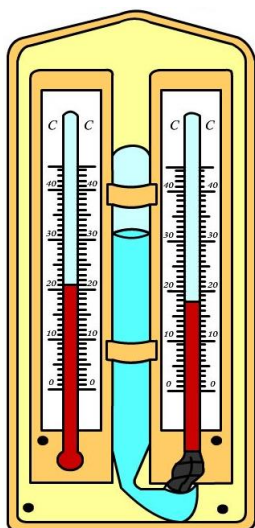


Конденсационный гигрометр позволяет непосредственно определять точку росы. Простейший прибор этого типа представляет собой металлическую коробку, передняя стенка **1** которой хорошо отполирована. Внутри коробки наливают легко испаряющуюся жидкость - эфир **2** - и вставляют термометр **3**. Пропуская через коробку воздух с помощью резиновой груши **4**, вызывают сильное испарение эфира и быстрое охлаждение коробки. По термометру замечают температуру, при которой появляются капельки росы на полированной поверхности стенки. Давление в области, прилегающей к стенке, можно считать постоянным,

так как эта область сообщается с атмосферой и понижение давления за счет охлаждения компенсируется увеличением концентрации пара. Появление росы указывает, что водяной пар стал насыщенным.

Зная температуру воздуха и точку росы, можно найти парциальное давление водяного пара и относительную влажность с помощью таблицы зависимости давления насыщенного пара от температуры.

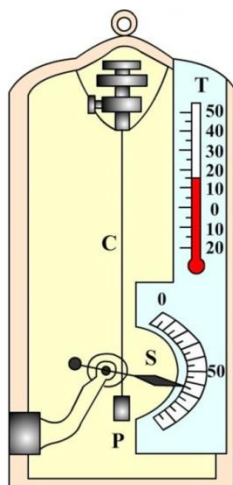
**Психрометр**



Психрометр состоит из двух термометров. Резервуар одного из них остается сухим, и термометр показывает температуру воздуха. Резервуар другого окружен полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется и благодаря этому термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность, тем менее интенсивно идет испарение и тем более высокую температуру показывает термометр, окруженный полоской влажной ткани. При относительной влажности, равной 100%, вода вообще испаряться не будет и показания обоих термометров будут одинаковы. По разности

температур термометров с помощью психрометрической таблицы можно определять влажность воздуха. Психрометр позволяет определять влажность с большей точностью, чем гигрометр.

### Волосной гигрометр



Работа волосного гигрометра основана на том, что обезжиренный волос удлиняется при увеличении влажности воздуха.

Если такой волос *C* пропустить через легкий блок, прикрепив один конец его к металлической раме, а к другому подвесить груз *P*, то при изменении длины волоса указатель *S*, прикрепленный к блоку, будет двигаться.

Проградуировав предварительно прибор, можно по нему непосредственно определять относительную влажность воздуха. Волосной гигрометр применяют в тех случаях, когда в определении влажности воздуха не требуется большой точности.

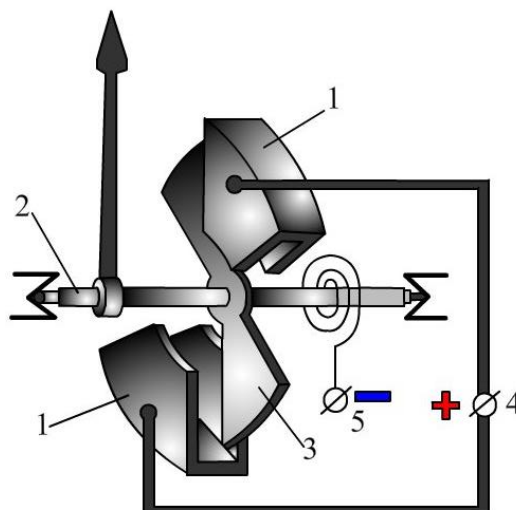
#### Задание:

Заполнить таблицу «Приборы для измерения влажности»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Электрическое поле

#### Электростатический вольтметр



Электростатический вольтметр предназначен для измерения разности потенциалов. Между неподвижными пластинами *1* на оси *2*, хорошо изолированной от неподвижных пластин, укреплена подвижная пластина *3*. Неподвижные пластины соединены с клеммой *4*, а подвижная, через ось и спиральную пружину – с клеммой *5*.

При включении прибора подвижные и неподвижные пластины электризуются разноименными зарядами и притягиваются друг к другу. Это приводит к втягиванию подвижной пластины в промежуток между неподвижными пластинами. В результате ось *2*, на которой укреплена стрелка, поворачивается. Этому противодействует спиральная пружина. Угол поворота оси пропорционален квадрату разности потенциалов между



точками, к которым вольтметр подключен. Промышленность выпускает электростатические вольтметры для измерения разности потенциалов от 30 В до нескольких сотен тысяч вольт.

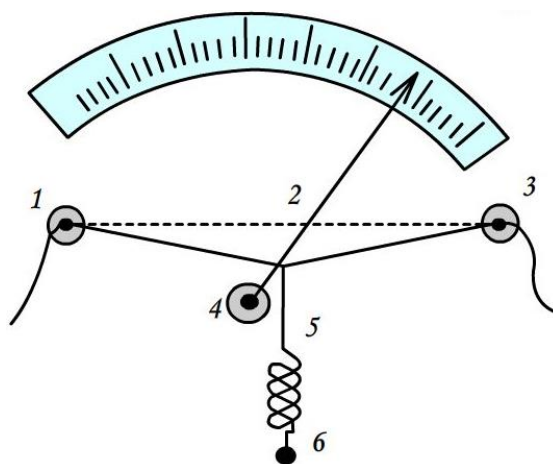
**Задание:**

Заполнить таблицу «Электростатический вольтметр»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Законы постоянного тока

#### Тепловой гальванометр



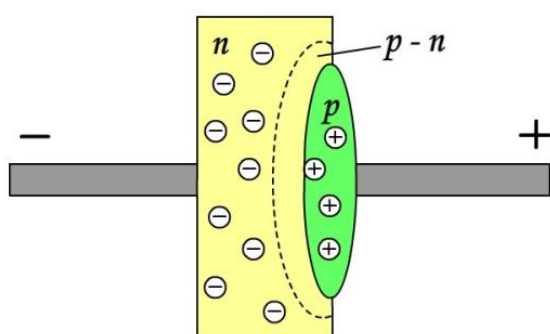
На тепловом действии тока основано устройство теплового гальванометра. Концы металлической проволоки **2** закреплены неподвижно в металлических колодках **1** и **3**. Проволока выполнена из неокисляемого упругого материала. В середине проволоки **2** оттягивается нитью **5**, проходящей через блок **4** и скрепленной с пружиной **6**. При прохождении тока по проволоке она нагревается и удлиняется, ее прогиб увеличивается. Вследствие этого нить перемещается и поворачивает блок. С блоком скреплена стрелка гальванометра, поэтому поворот блока соответствует отклонению стрелки на некоторый угол. Если шкала прибора проградуирована в единицах силы тока, то прибор называется амперметром.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Тепловой гальванометр»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Электрический ток в различных средах



#### Полупроводниковый диод

Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ. Рассмотрим, как создается р – n-переход при использовании в диоде германия, обладающего

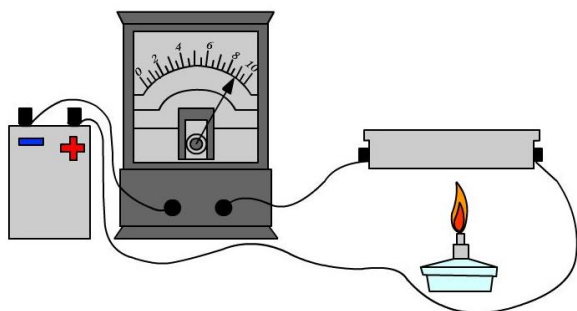


проводимостью  $n$  – типа, за счет небольшой добавки донорной примеси. Этот переход не удается получить путем механического соединения двух полупроводников с различными типами проводимости, так как при этом получается слишком большой зазор между полупроводниками. Толщина же  $p$  –  $n$ -перехода должна быть не больше межатомных расстояний, поэтому в одну из поверхностей образца вплавляют индий. Вследствие диффузии атомов индия вглубь монокристалла германия у поверхности германия образуется область с проводимостью  $p$  – типа. Остальная часть образца германия, в которую атомы индия не проникли, по-прежнему имеет проводимость  $n$  – типа. Между двумя областями с проводимостями разных типов возникает  $p$  –  $n$ -переход. В полупроводниковом диоде германий служит катодом, а индий – анодом.

Для предотвращения вредных воздействий воздуха и света кристалл германия помещают в металлический корпус.

Полупроводниковые выпрямители обладают высокой надежностью и имеют большой срок службы. Однако они могут работать лишь в ограниченном интервале температур (от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $125^{\circ}\text{C}$ ).

### Термисторы

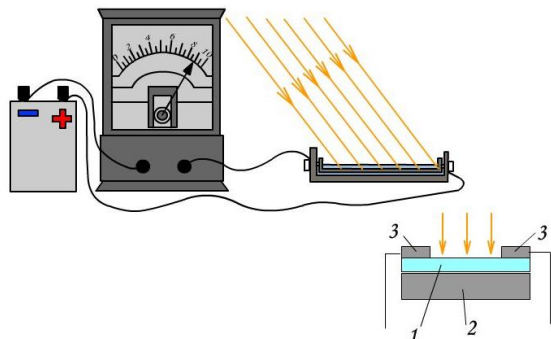


Зависимость сопротивления полупроводников от температуры лежит в основе действия специальных приборов – терморезисторов. Терморезистор – это столбик полупроводника с контактами для включения в электрическую цепь. Его помещают в металлический герметизированный корпус или в защитное влагостойкое пластмассовое покрытие. Терморезисторы выпускаются в виде

стержней, трубок дисков шайб и бусинок.

Сопротивление терморезисторов при нагревании от  $-50$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  изменяется на несколько порядков. Чем выше температура, тем меньше сопротивление терморезистора. Это позволяет использовать их для дистанционного измерения температуры, в устройствах противопожарной сигнализации и т. п.

### Фоторезисторы



На зависимости сопротивления полупроводников от их освещенности основано действие так называемых фоторезисторов. Простейший фоторезистор представляет собой слой полупроводника **1**, нанесенный на пластмассовое основание **2**. Металлические контакты **3** на концах полупроводникового слоя позволяют включать фоторезистор в цепь.

Сопротивление фоторезистора зависит от освещенности полупроводникового слоя.

Их используют для регистрации и измерения слабых световых потоков, для обнаружения инфракрасных лучей в различных автоматических устройствах, служащих для подсчета изделий, контроля их размеров и т. п. Например, при подсчете изделий

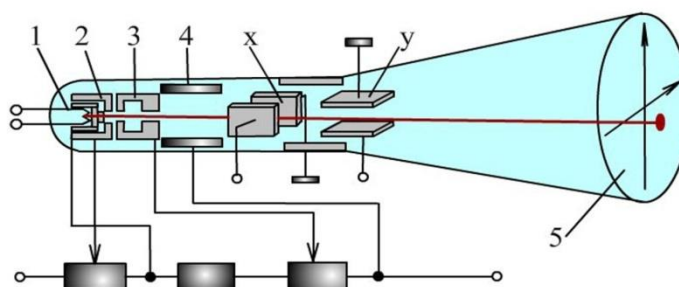
движущиеся на конвейере детали периодически пересекают световой луч, направленный на фоторезистор. Возникающие при этом периодические изменения силы тока в цепи с фоторезистором управляют работой специального механизма, который и производит подсчет изделий.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Полупроводниковые приборы»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

**Электронно – лучевая трубка.**



Электронно – лучевой трубкой называется вакуумный электронный прибор, позволяющий преобразовывать электрические сигналы в видимое изображение.

В длинном баллоне трубки создан высокий вакуум. Внутри баллона имеется система электродов, позволяющая получить очень тонкий и длинный пучок электронов. Эта совокупность электродов получила название электронного прожектора. Электронный прожектор состоит из подогревающего катода **1**, управляющего электрода **2**, первого анода **3** и второго анода **4**.

Катод представляет собой узкий цилиндр, внутри которого находится нагреватель. Снаружи катод покрыт специальным веществом, которое характеризуется малой работой выхода электронов.

Управляющий электрод **2** предназначен для регулировки интенсивности электронного луча. Он имеет цилиндрическую форму и окружает катод. Через отверстие в основании этого цилиндра пролетают электроны, испускаемые катодом. На управляющий электрод подается небольшой отрицательный по отношению к катоду потенциал. Изменяя потенциал управляющего электрода, можно регулировать интенсивность потока электронов и, следовательно, изменять яркость светящегося пятна на экране **5** трубки.

Первый анод **3** представляет собой цилиндр с двумя или тремя диафрагмами. Меняя потенциал первого анода относительно катода, можно получить такое электрическое поле между первым и вторым анодами, которое сфокусирует пучок электронов в плоскости экрана. Поэтому первый анод часто называют фокусирующим электродом.

Второй анод **4** имеет также форму цилиндра, но несколько большего диаметра, чем первый анод. Он обычно имеет одну диафрагму. На второй анод подается высокое напряжение. Под действием электрического поля второго анода электроны приобретают большую скорость движения по направлению к экрану.

Электронный луч можно перемещать по экрану с помощью двух пар отклоняющих пластин, расположенных перпендикулярно друг к другу. Если к пластинам какой-либо пары приложить напряжение, то электронный луч под действием электрического поля между этими пластинами отклонится в сторону положительной пластины. Отклонение луча тем больше, чем больше приложенное к пластинам напряжение.

Горизонтально расположенные пластины **У** служат для отклонения электронного луча в вертикальном направлении и называются вертикально отклоняющими пластинами. Вертикально же расположенные пластины **Х** служат для отклонения луча в горизонтальном направлении и называются горизонтально отклоняющими.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Электронно-лучевая трубка»

Таблица 1

Название прибора	Схема	Элементы схемы

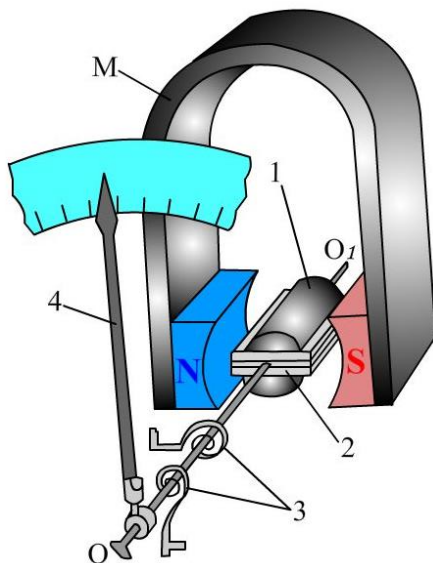
Таблица 2

Элемент схемы	Назначение

### Магнитное поле

#### Электроизмерительные приборы.

Ориентирующее действие магнитного поля на контур с током используют в электроизмерительных приборах магнитоэлектрической системы – амперметрах и вольтметрах.



Измерительный прибор магнитоэлектрической системы устроен следующим образом. На легкую алюминиевую рамку **2** прямоугольной формы с прикрепленной к ней стрелкой **4** намотана катушка. Рамка укреплена на двух полуосях **OO<sub>1</sub>**. В положении равновесия ее удерживают две тонкие спиральные пружины **3**. Силы упругости со стороны пружин, возвращающие катушку в положение равновесия, пропорциональны углу отклонения стрелки от положения равновесия. Катушку помещают между полюсами постоянного магнита **М** с наконечниками специальной формы. Внутри катушки расположен цилиндр **1** из железа. Такая конструкция обеспечивает радиальное направление линий магнитной индукции в той области, где находятся витки катушки. В результате при любом положении катушки силы, действующие на нее со стороны магнитного поля, максимальны и при неизменной силе тока постоянны. Векторы **F** и **-F** изображают силы, действующие на катушку со стороны магнитного поля и поворачивающие ее. Катушка с током поворачивается до тех пор, пока силы упругости со стороны пружин не уравновесят силы, действующие на рамку со стороны магнитного поля. Увеличивая силу тока в 2 раза, мы обнаружим, что стрелка поворачивается на угол вдвое больший, и т. д. Это происходит потому, что силы,

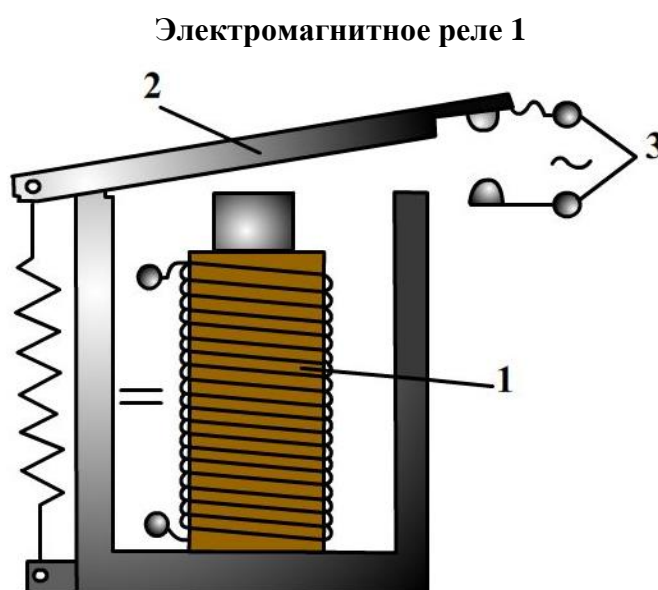
действующие на катушку со стороны магнитного поля, прямопропорциональны силе тока:  $F_m \sim I$ . Благодаря этому можно определить силу тока по углу поворота катушки, если проградуировать прибор. Для этого надо установить, каким углам поворота стрелки соответствуют известные значения силы тока.

Такой же прибор может измерять и напряжение. Для этого нужно градуировать прибор так, чтобы угол поворота стрелки соответствовал определенным значениям напряжения. Кроме того, сопротивление вольтметра должно быть во много раз больше сопротивления амперметра.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Электроизмерительные приборы»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



Наибольшее распространение в современной технике получили различные системы электромагнитных реле.

Простейшее электромагнитное реле состоит из электромагнита **1** с подвижным якорем **2** и контактов **3**. Обмотка электромагнита включается в управляющую цепь, а контакты в управляемую цепь.

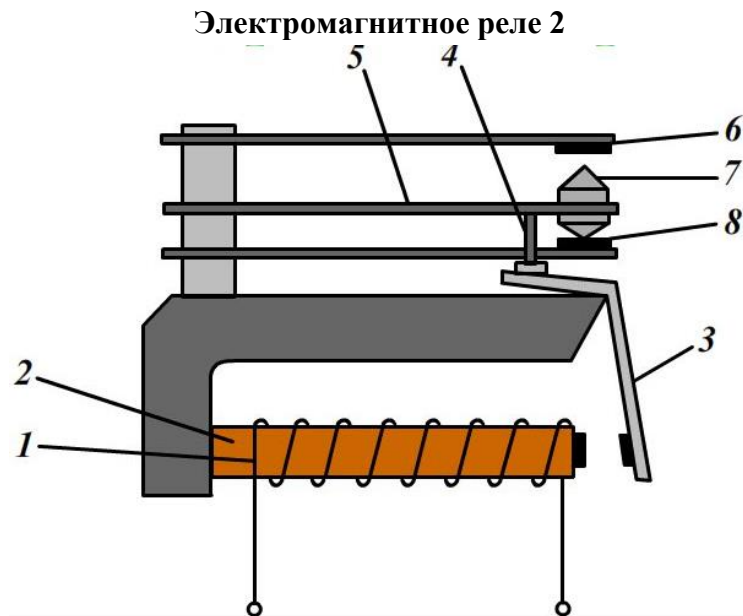
При прохождении по обмотке электромагнита электрического тока небольшой мощности, якорь притягивается к электромагниту, и контакты включают управляемую цепь, по которой протекает ток значительно большей мощности.

Реле очень широко применяются в современной технике. Они являются обязательным элементом почти любой автоматической системы.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Электромагнитное реле»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение



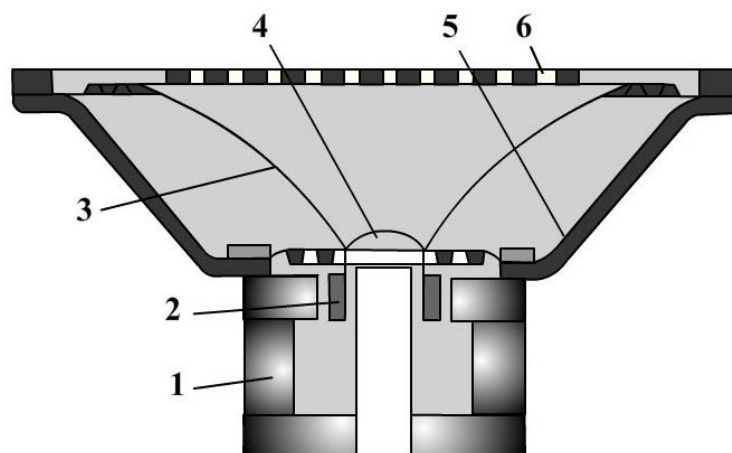
При протекании тока по цепи управления в катушке (соленоиде) реле возникает магнитное поле. Катушка 1 надета на железный сердечник 2, имеющий П-образную форму. При пропускании по катушке электрического тока сердечник намагничивается и притягивает стальной якорь 3, изготовленный в виде угольника, способного поворачиваться вокруг оси, которая проходит через его вершину. Когда якорь притягивается, упорный штифт 4, укрепленный на конце угольника, нажимает на пружинящую пластину 5, замыкая контакты 6 и 7 исполнительной цепи. При отсутствии тока в катушке сила упругости контактной пружины удерживает якорь в непритянутом состоянии; контакты 6 и 7 при этом остаются разомкнутыми, но зато замкнуты контакты 7 и 8.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Электромагнитное реле»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Громкоговоритель



В зазоре сильного кольцевого магнита 1, изготовленного из магнитомягкого сплава, находится легкая однослойная катушка 2, намотанная на легкий (обычно бумажный) каркас. Каркас катушки соединен с диффузором 3, представляющим собой

слегка усеченный конус из бумаги или пластика. Место соединения диффузора с каркасом катушки прикрыто выпуклым колпачком 4, который защищает зазор магнита от попадания пыли и увеличивает жесткость диффузора. Свободные края диффузора соединены с корпусом громкоговорителя 5, а поверхность диффузора прикрыта решеткой 6.

К катушке через гибкие проводники подводится электрический ток звуковой частоты, на который магнитное поле действует с силой, частота которой равна частоте тока. В результате катушка, а вместе с ней и диффузор, приходит в колебательное движение со звуковой частотой.

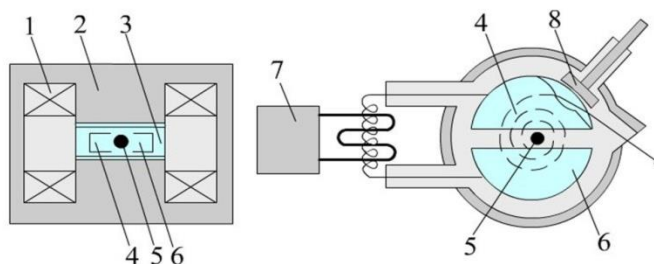
Прибор служит для воспроизведения звука.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Громкоговоритель»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

**Циклотрон**



Структуру атомных ядер исследуют, бомбардируя их частицами, имеющими большую энергию, т. е. летящими с большой скоростью. Для получения таких частиц в лабораторных условиях используют ускорители частиц различных видов, одним из которых является циклический ускоритель (циклотрон).

В циклотроне заряженная частица движется между полюсами электромагнита, многократно проходя через электрическое поле. При этом каждый раз ее энергия возрастает. Управление движение частицы производится с помощью поперечного магнитного поля.

На заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца, в результате частица движется по окружности. Радиус окружности увеличивается по мере увеличения скорости.

На рисунке показан вид сбоку и вид сверху. Между полюсами электромагнита, состоящего из магнита 2 и обмоток 1, помещают два металлических электрода 4 и 6, на которые подается высокое напряжение от высокочастотного генератора 7. Электроды называются дуантами из-за сходства их формы с латинской буквой D. Вблизи центра магнита в промежутке между дуантами располагается источник заряженных частиц (ионов). Вся система из электродов и ионного источника помещена в вакуумную камеру 3, разрежение в которой достигает  $10^{-5}$  мм рт.ст.

Частота изменения электрического поля подбирается так, чтобы к моменту подлета иона, вылетевшего из источника 5, к зазору между дуантами там существовала ускоряющая разность потенциалов. Внутри дуантов электрическое поле отсутствует, и там ион



движется по дуге постоянного радиуса, соответствующего энергии иона. В промежутках между дуантами энергия иона увеличивается, увеличивается и радиус следующей полувитки в дуанте. Иона движутся по спирали, приближаясь к краю полюса магнита. Пучок ускоренных положительных ионов выводят из циклотрона с помощью отклоняющего электрода  $\delta$ , на который подается высокий отрицательный потенциал. Проходя мимо него, пучок изменяет свою траекторию и через окошко, закрытое тонкой фольгой, выходят из камеры.

Циклотрон используется в качестве ускорителя тяжелых частиц – протонов и многозарядных положительных ионов.

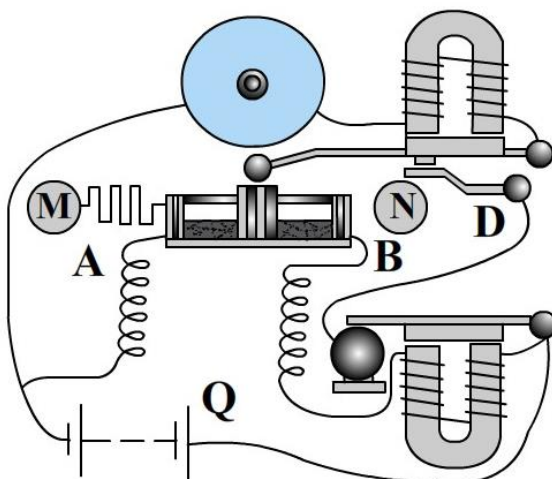
**Задание:**

Заполнить таблицу «Циклотрон»

Название прибора	Устройство прибора	Принцип действия	Применение

**Колебания и волны**

**Радио Попова**



Идея использования электромагнитных волн для передачи сигналов на большие расстояния была впервые высказана в 1889 г. А.С. Поповым. Им же в 1895 г. Был построен и продемонстрирован в действии первый радиоприемник, основанный на релейной схеме: ничтожно малая энергия электромагнитных волн с помощью специального устройства - когерера – использовалась для управления местным источником энергии (электробатарей), питающим регистрирующий аппарат (электрозвонок). Уже в 1896 г. Попов осуществил радиотелеграфную связь на расстоянии 250м, а в 1899 г., применив изобретенную им антенну, - на расстоянии 50м.

Электромагнитные колебания, принятые антенной М, попадают на когерер АВ. Название «когерер» образовалось от латинского слова «когеренцио», что значит «сцепление». Когерер представляет устройство, способное обнаруживать электромагнитные волны. Это трубка, в которой находятся мелкие металлические опилки. Опилки обладают большим сопротивлением, ток через них не идет. Но, когда на опилки попадает электромагнитная волна, то опилки как бы «сцепляются» друг с другом, сопротивление их уменьшается; через них может проходить электрический ток. Если по трубке постучать,



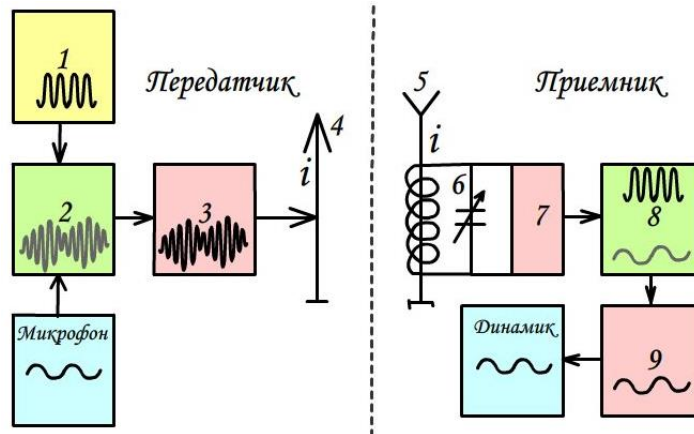
то сопротивление опилок возрастает, ток через них не идет. Электромагнитная волна, изменяя сопротивление когерера, делает его проводником электрического тока. Благодаря когереру, замыкающему цепь батареи Q, ток течет через обмотку реле, притягивающего якорь, контакт реле С замыкается. Якорь замыкая контакт реле, позволяет току течь через обмотку звонка. Звонки притягивает свой якорь, молоточек ударяет по чашечке, слышится звук. Одновременно с этим контакт звонка D разрывает цепь, ток через звонок прекращает течь. Якорь звонка возвращается в первоначальное положение, ударяя по когереру и увеличивая его сопротивление. Система возвратилась в первоначальное положение. Приемник снова готов к принятию электромагнитных волн.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Радио Попова»

Название прибора	Устройство прибора	Принцип действия	Применение

**Радиопередатчик и радиоприемник.**



Генератор 1 незатухающих колебаний вырабатывает высокочастотные колебания. Звуковые колебания с помощью микрофона преобразуются в электрические колебания. Колебания от генератора 1 и звуковые колебания поступают в модулятор 2. В нем под действием звуковых колебаний происходит либо изменение амплитуды (амплитудная модуляция), либо частоты (частотная модуляция) колебаний, вырабатываемых генератором. Для передачи речи и музыки модуляция осуществляется звуковыми частотами от 10 до 13 кГц.

После усиления в усилителе 3 модулированные колебания поступают в передающую антенну 4, которая, являясь открытым колебательным контуром, излучает электромагнитные волны в эфир. Непосредственно передавать электромагнитные колебания звуковой частоты нельзя, так как электромагнитные волны различных частот по-разному распространяются в эфире и по-разному взаимодействуют с веществом

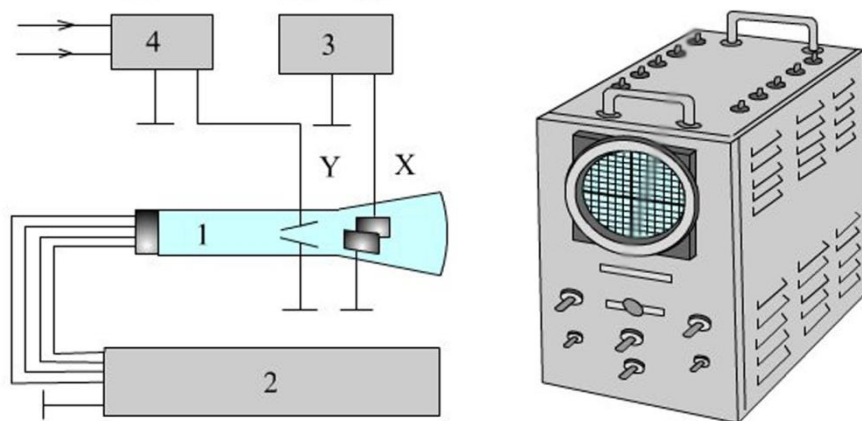
На расстоянии от передатчика находится радиоприемник. Электромагнитные волны поступают в антенну радиоприемника 5 и в контуре 5 – 6 вызывают электромагнитные колебания. Принимаемые колебания высокой частоты далее поступают в усилитель 7, а затем в детектор 8. Далее низкочастотные колебания усиливаются в усилителе 9 и попадают на динамик. Информация, поступившая в микрофон, воспроизводится динамиком. Для радиовещания используются все диапазоны радиоволн.

**Задание:**

- 1 Начертить схему устройства, подписать на схеме все элементы.
- 2 Заполнить таблицу «Радиопередатчик и радиоприемник»

Элементы схемы	Назначение элемента

**Электронный осциллограф**



Электронный осциллограф служит для изучения быстро протекающих процессов. Электронные осциллографы широко используются современной наукой и техникой.

Основной частью электронного осциллографа является электронно-лучевая трубка **1**. Для питания трубки и других блоков осциллографа служит блок питания **2**.

На пластины горизонтального отклонения электронного луча подается напряжение горизонтальной развертки луча пилообразной формы от специального генератора **3**. Под действием пилообразного напряжения электронный луч (и светящееся пятно на экране трубки) равномерно перемещается слева направо, а затем скачком возвращается в крайнее левое положение. Это движение периодически повторяется, и на экране видна светлая горизонтальная линия.

На пластины вертикального отклонения подается исследуемый сигнал. Поэтому траектория луча по экрану представляет собой временной график сигнала. Луч постепенно и почти равномерно движется по экрану слева направо (прямой ход), а затем быстро возвращается в исходное положение в левый край экрана (обратный ход); затем он снова начинает перемещаться вправо. Если частота пилообразного напряжения горизонтальной развертки луча равно частоте повторения изучаемого сигнала, то в течении каждого периода развертки картина на экране в точности повторяется и поэтому наблюдается как постоянно существующая. Изучаемый сигнал может быть

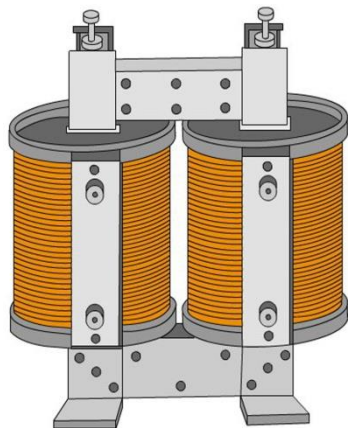
предварительно усилен. Для этого в осциллографе имеется специальный усилитель 4 входного сигнала.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Электронный осциллограф»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

**Трансформатор.**



Трансформатор представляет собой выполненный из мягкого ферромагнетика сердечник замкнутой формы, на котором находятся две обмотки: первичная и вторичная. Концы первичной обмотки, называемые входом трансформатора, подключаются к сети питающего переменного тока. Концы вторичной обмотки, называемые выходом трансформатора, подключаются к потребителю. Для того, чтобы магнитное поле не рассеивалось в пространстве, катушки надевают на ферромагнитный сердечник (магнитопровод). Для уменьшения потерь на вихревые токи магнитопровод собирают из тонких листов

электротехнической стали, изолированных друг от друга тонким слоем лака.

Работа трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции. При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока напряжением  $U_1$  по обмотке протекает переменный ток  $i_1$ , который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток  $\Phi$ . Этот магнитный поток, пронизывая витки первичной и вторичной обмоток, индуцирует в них переменные индукционные поля с электродвижущими силами  $e_1$  и  $e_2$ .

При работе трансформатора его обмотки нагреваются протекающими по ним токами. Вследствие перемагничивания и возникновения вихревых токов нагревается и магнитопровод. В трансформаторах небольшой мощности отвод выделяющейся теплоты происходит через кожух. Такие трансформаторы называют сухими. В мощных трансформаторах применяют масляное охлаждение. Магнитопровод с обмотками помещают в бак, заполненный трансформаторным маслом. Масло не только отводит тепло, но и является хорошим диэлектриком. Трансформатор простой, надежный и экономичный электрический аппарат, его КПД достигает 99%.

**Задание:**

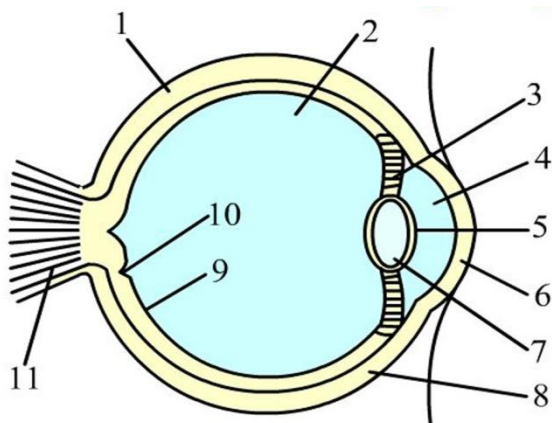
Заполнить таблицу «Трансформатор»

Название прибора	Устройство прибора	Принцип действия	Применение

## Оптика

### Глаз как оптический прибор

Горизонтальный разрез глаза представлен на рисунке. Внешнюю оболочку глазного яблока 1 называют склерой. Эта оболочка защищает глаз от различных воздействий. К нему прилегает сосудистая оболочка 8. Переднюю прозрачную часть склеры 6 называют роговой оболочкой, или роговицей. За роговицей на некотором расстоянии расположена радужная оболочка 3, которая может иметь различный цвет от светло-голубого до черного (он определяется количеством и составом содержащегося в этой оболочке пигмента). Роговица и радужная оболочка не прилегают друг к другу плотно. Между ними находится передняя камера глаза 4, заполненная прозрачной жидкостью.



Роговица и прозрачная жидкость пропускают световые лучи, которые попадают внутрь глаза через зрачок – отверстие 5, расположенное в середине радужной оболочки. Стоит попасть внутрь глаза лучам яркого света, как происходит рефлекторное сужение зрачка. При слабом освещении зрачок расширяется. Непосредственно за зрачком находится прозрачный хрусталик 7. Хрусталик представляет собой эластичную двояковыпуклую линзу, кривизна которой может изменяться. Пройдя через хрусталик, а затем через прозрачное, словно чистейший хрусталь, стекловидное тело 2, заполняющее всю внутреннюю часть глазного яблока, луча попадают на сетчатку 9.

Сетчатая оболочка покрывает всю внутреннюю поверхность глаза, за исключением его передней части. Сетчатая оболочка представляет собой светочувствительную поверхность глаза. Через оболочку глаза в задней его части входит зрительный нерв 11. В месте вхождения зрительного нерва находится не чувствительное к свету слепое пятно. Недалеко от входа зрительного нерва на поверхности сетчатки имеется так называемое желтое пятно 10 – наиболее чувствительное к свету. Глаз – оптическая система, образованная роговицей, жидкостью передней камеры и хрусталиком. Основной элемент оптической системы глаза – двояковыпуклая линза – хрусталик. С помощью хрусталика изображение внешнего предмета проецируется на сетчатку. Так как кривизна поверхности может изменяться, то изображение предмета в нормальном глазе всегда попадает на поверхность сетчатки. Процесс изменения кривизны хрусталиков называют аккомодацией. Аккомодация глаза – приспособление глаза к ясному видению предметов, находящихся на различных расстояниях.

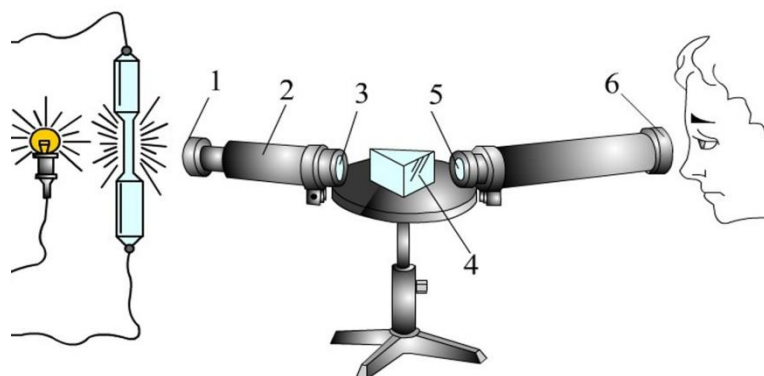
Оптическая система глаза аналогична линзе, оптическая сила которой  $D = 58,5$  дптр. На сетчатке глаза, состоящей из светочувствительных клеток, имеющих форму колбочек и палочек, образуется действительное и обратное изображение предмета. Оптический центр глаза расположен на расстоянии около 5 мм от роговицы. Размер изображения предмета на сетчатке глаза определяется углом зрения. Вершина этого угла находится в оптическом центре глаза, а лучи направлены на крайние точки предмета. Расстояние наилучшего зрения – это такое расстояние от предмета до глаза, при котором угол зрения максимален. Для нормального глаза расстояние наилучшего зрения – 0,25 м. Разрешающая способность глаза характеризуется минимальным углом зрения, при котором точки предмета видны раздельно. Разрешающая способность глаза 1 градус.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Глаз как оптический прибор»

Название прибора	Устройство прибора	Принцип действия	Применение

### Излучения и спектры Спектральный аппарат



Для точного исследования спектров необходимы приборы, дающие четкий спектр, т.е. приборы, хорошо разделяющие волны различной длины и не допускающие (или почти не допускающие) перекрытия отдельных участков спектра. Такие приборы называются спектральными аппаратами. Чаще всего основной частью спектрального аппарата является призма или дифракционная решетка.

Рассмотрим схему устройства призмного спектрального аппарата. Исследуемое излучение поступает вначале в часть прибора, называемую коллиматором 2. Коллиматор представляет собой трубу, на одном конце которой имеется ширма с узкой щелью 1, а на другом – собирающая линза 3. Щель находится на фокусном расстоянии от линзы. Поэтому расходящийся световой пучок, попадающий на линзу из щели, выходит из нее параллельным пучком и падает на призму 4. Так как разным частотам соответствуют различные показатели преломления, то из призмы выходят параллельные пучки, не совпадающие по направлению. Они падают на линзу 5. На фокусном расстоянии этой линзы располагается экран 6 – матовое стекло, фотопластинка или объектив. Линза 5 фокусирует параллельные пучки лучей на экране, и вместо одного изображения щели получается целый ряд изображений. Каждой частоте (точнее узкому спектральному интервалу) соответствует свое изображение. Все эти изображения вместе и образуют спектр. Прибор с матовым стеклом или фотопластинкой называется спектрографом. Если вместо второй линзы и экрана используется зрительная труба для визуального наблюдения спектров, то прибор называется спектроскопом. Прибор, снабженный микрометрическим устройством для измерения длин волн, является спектрометром. Призмы и другие детали спектральных аппаратов необязательно изготавливаются из стекла. Вместо стекла применяются и такие прозрачные материалы, как кварц, каменная соль и др.

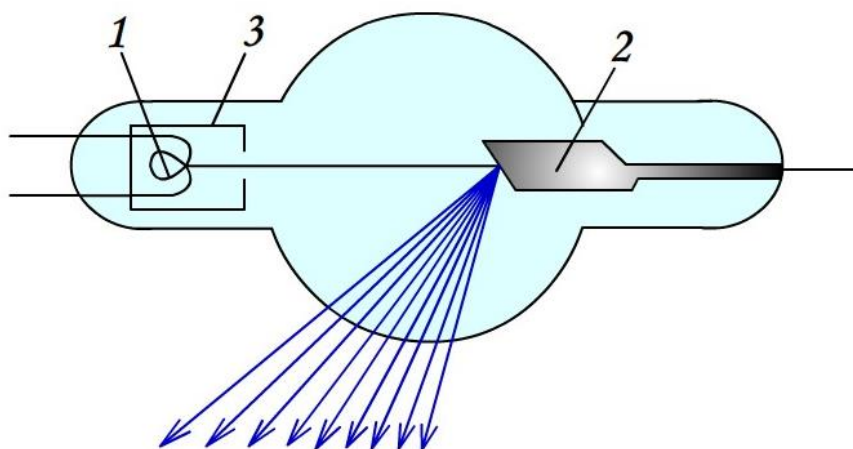
**Задание:**

Заполнить таблицу «Спектроскоп»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

--	--	--	--

### Рентгеновская трубка.



В настоящее время для получения рентгеновских лучей разработаны весьма совершенные устройства, называемые рентгеновскими трубками.

Катод **1** представляет собой вольфрамовую спираль, испускающую электроны за счет термоэлектронной эмиссии. Цилиндр **3** фокусирует поток электронов, которые затем соударяются с металлическим электродом (анодом) **2**. При этом рождаются рентгеновские лучи. Напряжение между анодом и катодом достигает нескольких десятков киловольт. В трубке создается глубокий вакуум: давление газа в ней не превышает  $10^{-5}$  мм.рт. ст.

В мощных рентгеновских трубках анод охлаждается проточной водой, так как при торможении электронов выделяется большое количество теплоты. В полезное излучение превращается лишь около 3% энергии электронов.

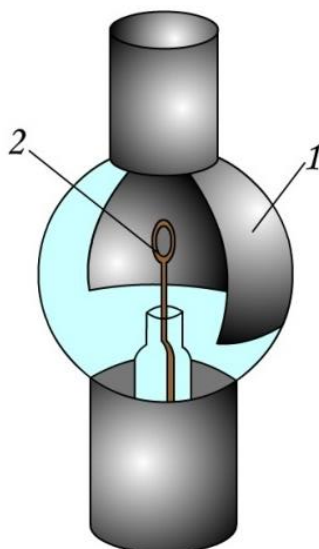
**Задание:**

Заполнить таблицу «Рентгеновская трубка»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Квантовая физика

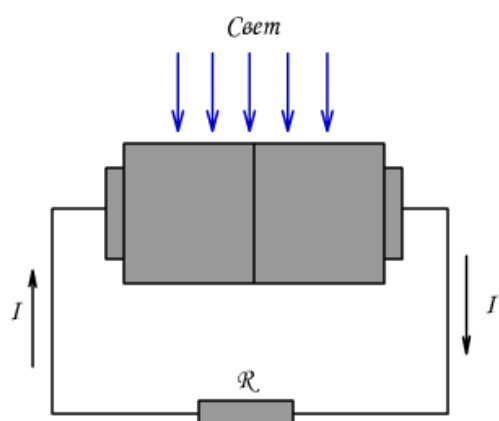
#### Вакуумный фотоэлемент



Стеклянная колба, часть внутренней поверхности которой покрыта тонким слоем металла с малой работой выхода. Это катод **1**. Через прозрачное окошко свет проникает внутрь колбы. Под действием света с катоды вырываются фотоэлектроны. Проволочная петля или диск – анод **2** улавливает фотоэлектроны. При этом в цепи возникает электрический ток, который включает или выключает то или иное реле. Фотоэлементы реагируют на видимое и инфракрасное излучение.

Применение: Турникеты метро, противоаварийные автоматы на производстве, воспроизведение звука, передача движущихся изображений.



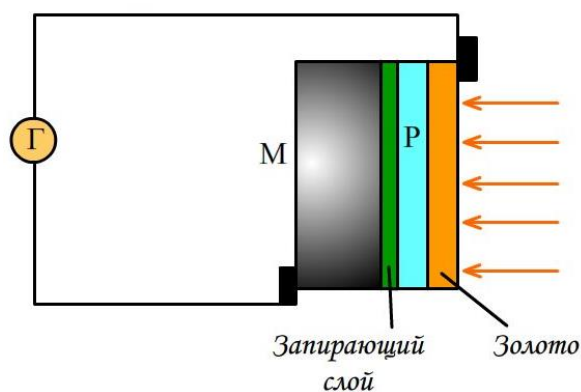


### Полупроводниковый фотоэлемент

Явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниках используется в фоторезисторах. Полупроводниковые фотоэлементы, создающие ЭДС и непосредственно преобразующие энергию в энергию электрического поля. ЭДС, называемая в данном случае фото-ЭДС, возникает в области р-п перехода двух полупроводников. При облучении этой области светом. Под действием света образуются пары электрон-дырка. В области р-п перехода

существует электрическое поле. Это поле заставляет неосновные носители заряда перемещаться я через контакт. Дырки из полупроводника n-типа перемещаются в полупроводник р-типа, а электроны из полупроводника р-типа в область n-типа, что происходит к накоплению основных носителей в полупроводниках n - и р – типов. В результате потенциал полупроводника р-типа увеличивается, а n-типа уменьшается. Это происходит до тех пор, пока ток неосновных носителей через р-п – переход сравняется с током основных носителей через этот же переход. Между полупроводниками устанавливается разность потенциалов, равная фото-ЭДС.

Применение: Солнечные батареи.



### Вентильный фотоэлемент

Другим видам применения внутреннего фотоэффекта в приборах являются вентильные фотоэлементы, т.е. элементы с запирающим слоем. Вентильный эффект возникает в тех полупроводниках, у которых между металлом и полупроводником или между полупроводниками *p*- и *n*- типа вблизи поверхности контакта создается запирающий слой, обладающий

односторонней проводимостью. В результате внутреннего фотоэффекта при освещении происходит нарушение равновесного распределения носителей тока в области контакта, изменяется по сравнению с равновесной контактная разность потенциалов, т.е. возникает фотоэлектродвижущая сила. Возникающая ЭДС пропорциональна световому потоку.

Металлическая пластинка *M*, служащая одним из электродов, и нанесенный на нее тонкий слой полупроводника *P* (селена), покрытого тонкой прозрачной пленкой золота или другого металла, служащего вторым электродом, соединены внешней цепью, в которую включен гальванометр *G*.

Если полупроводниковый слой осветить через второй электрод, то в слое *P* в результате внутреннего фотоэффекта появляются свободные электроны. Они движутся хаотически, однако на границе металла с полупроводником из-за вентильного эффекта



образуется ЭДС, поэтому в металле возникает избыток электронов, в полупроводнике – избыток дырок. Если цепь при этом замкнута, по ней течет ток.

Таким образом, вентильный фотоэлемент является генератором тока, непосредственно преобразующим световую энергию в электрическую. На таком же принципе основано действие солнечных батарей, которые с успехом используются на космических кораблях. Вентильные фотоэлементы имеют преимущество перед вакуумными, так как работают без источника тока.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Фотоэлементы»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

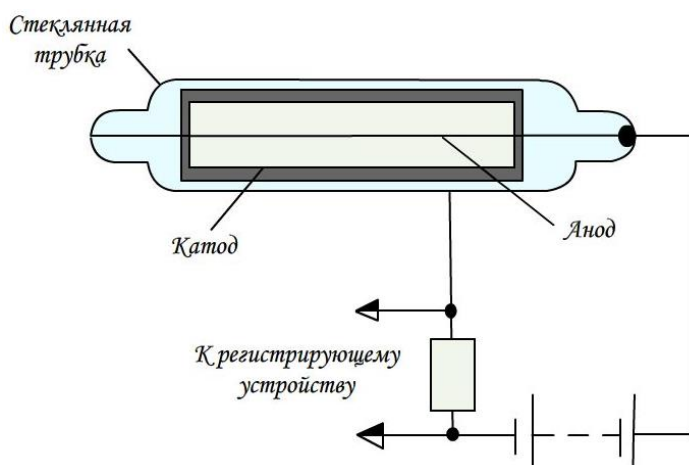
**Атом и атомное ядро**

**Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц**

**Газоразрядный счетчик Гейгера**

Счетчик Гейгера – один из важнейших приборов для автоматического подсчета частиц.

Счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод), и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка заполняется газом, обычно аргоном. Действие счетчика основано на ударной ионизации.



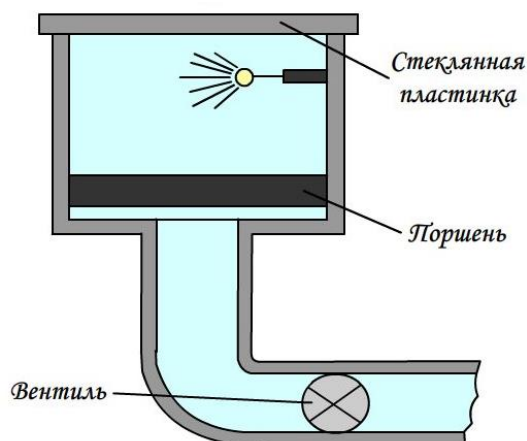
Заряженная частица (электрон,  $\alpha$  – частица и т. д.), пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создает положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между анодом и катодом (к ним подводится высокое напряжение) ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, и ток через счетчик резко возрастает. При этом на нагрузочном резисторе R образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство.

Для того, чтобы счетчик мог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд необходимо погасить. Это происходит автоматически. Так как в момент появления импульса тока падение напряжения на нагрузочном резисторе R велико, то напряжение между катодом и анодом резко уменьшается – настолько, что разряд прекращается.

Счетчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и  $\gamma$  – квантов (фотонов большой энергии). Однако непосредственно  $\gamma$  – кванты вследствие их малой ионизирующей способности не регистрируются. Для их обнаружения внутреннюю стенку трубки покрывают материалом, из которого  $\gamma$  – кванты выбивают электроны.

Счетчик регистрирует почти все попадающие в него электроны; что же касается  $\gamma$  – квантов, то он регистрирует примерно один  $\gamma$  – квант из ста. Регистрация тяжелых частиц (например  $\alpha$  – частиц) затруднена, т.к. сложно сделать в счетчике достаточно тонкое

окошко, прозрачное для этих частиц. В настоящее время созданы счетчики на других принципах.



### Камера Вильсона

Счетчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые ее характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1922 году, быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Этот прибор можно назвать окном в микромир, т.е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем.

Действие камеры Вильсона основано на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создает вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица.

Камера Вильсона представляет собой герметически закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению. При резком опускании поршня, вызванном уменьшением давления под ним, пар в камере адиабатически расширяется. Вследствие этого происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это неустойчивое состояние пара: пар легко конденсируется. Центрами конденсации становятся ионы, которые образует в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частица проникает в камеру непосредственно перед расширением или сразу после него, то на ее пути появляются капельки воды. Эти капельки образуют видимый свет пролетевшей частицы – трек. Затем камера возвращается в исходное состояние, и ионы удаляются электрическим полем. В зависимости от размеров камеры время восстановления рабочего режима колеблется от нескольких секунд до десятков минут.

Информация, которую дают треки в камере Вильсона, значительно богаче той, которую могут дать счетчики. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека – ее скорость. Частицы с большим зарядом оставляют трек большей толщины.

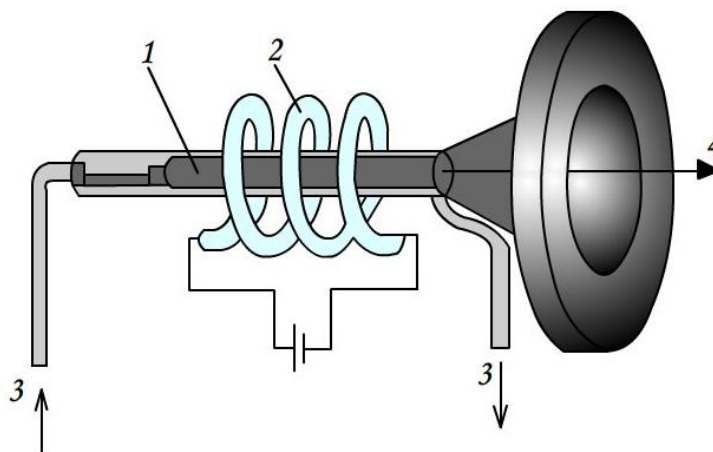
Советские физики П.Л. Капица и Д.В. Скобельцин предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле. Магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу с определенной силой (силой Лоренца). Эта сила искривляет траекторию частицы, не изменяя модуля ее скорости. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше ее масса. По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы к ее массе.

#### Задание:

Заполнить таблицу «Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Рубиновый лазер



Оптический квантовый генератор – рубиновый лазер – создан в 1960 году. Рубин (активная среда) – это кристалл  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в состав которого входит до 0,05% ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , ионы хрома играют основную роль в лазерном процессе. Световое излучение лазера создается ионами хрома, для возбуждения которых служит импульсная газоразрядная трубка 2, спирально закрученная вокруг рубинового стержня 1; она называется лампой накачки. Рубиновый стержень лазера представлял собой цилиндр, торцы которого были тщательно отполированы и покрыты слоем серебра таким образом, что один торец полностью отражал свет, а другой – частично отражал и частично пропускал свет. При вспышке лампы накачки в рубиновый стержень попадают фотоны различных частот. Атомы хрома, поглотив часть фотонов определенной энергии, переходят в возбужденное состояние. За счет ограниченных спонтанных переходов в стержне может возникнуть вынужденное излучение, распространяющееся строго вдоль его оси и усиливающееся при многократных отражениях от торцовых зеркал, которые выполняют роль объемного резонатора. В результате возникает мощное монохроматическое излучение 4.

Часть ее, довольно значительная (50%), тратится на нагревание стержня, поэтому в конструкции лазера предусмотрено охлаждение 3.

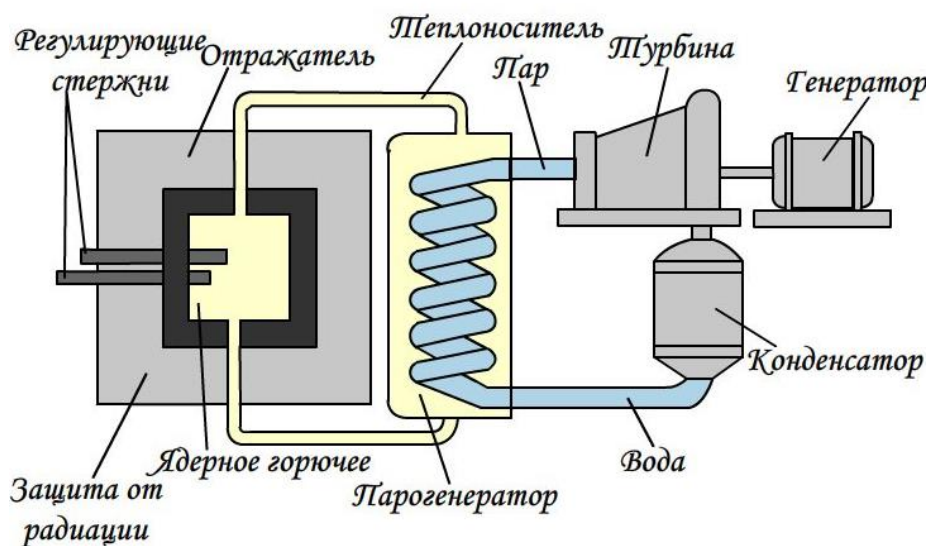
Лазеры применяют в микроэлектронике, медицине, промышленности и т.п.

#### Задание:

Заполнить таблицу «Рубиновый лазер»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

### Ядерный реактор



Основными элементами ядерного реактора являются: ядерное горючее ( $^{235}_{92}\text{U}$ ;  $^{239}_{94}\text{Pu}$ ;  $^{238}_{92}\text{U}$  и т. д.), замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.), теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.) и устройства для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор – вещества, которые хорошо поглощают нейтроны). Снаружи реактор окружают защитной оболочкой, задерживающей  $\gamma$  – излучение и нейтроны. Оболочку делают из бетона с железным наполнителем.

Лучшим замедлителем является тяжелая вода. Обычная вода сама захватывает нейтроны и превращается в тяжелую воду. Хорошим замедлителем считается также графит, ядра которого не поглощают нейтроны.

Теплота, выделившаяся в ядерном реакторе, поступает по теплоносителю в парогенератор, где вода превращается в пар. Пар поступая в турбину, заставляет ее вращаться. Генератор преобразует механическую энергию вращения турбины в электрическую энергию. Отработанный пар поступает в конденсатор, где охлаждаясь, превращается в воду.

**Задание:**

Заполнить таблицу «Ядерный реактор»

Название прибора	Устройство	Принцип действия	Применение

**Литература:**

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб.для 11кл. образоват. учреждений – М.: Просвещение, 2000
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб. для 10 кл. образоват. учреждений – М.: Просвещение,1996
3. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования, М.: Издательский центр «Академия» 2011г.
4. Шахмаев Н.М. и др. Физика: Учеб. для 10 кл. средн. шк. – М.: Просвещение, 1992.
5. Кокин С.М., Селезнев В.А. Физика на железнодорожном транспорте (учебное пособие), Москва, 1995.
6. Громов С.В. Физика. Теория относительности. Электродинамика: Учеб. для 10 кл. образоват. Учреждений – М.: Просвещение, 2003
7. Касьянов В.А. «Физика 10» Москва, «Дрофа», 2001г