

Тепловое действие электрического тока

О.С. Голованова

Имя задачи: Применение теплового действия электрического тока

Автор: Голованова Оксана Сергеевна, учитель физики средней школы № 19 г. Калининграда.

Предмет: Физика.

Класс: 8.

Тема: Нагревание проводников электрическим током. Закон Джоуля-Ленца.

Профиль: Общеобразовательный.

Уровень: Общий.

Текст задачи: Все проводники при прохождении по ним электрического тока нагреваются и отдают тепло окружающей среде (воздуху, жидкости, твёрдому телу). Температура проводника будет повышаться до тех пор, пока количество тепла, получаемое проводником, не станет равным количеству тепла, отдаваемому проводником окружающей среде. Где применяется данное свойство проводников?

а) *Выделите ключевые слова для информационного поиска.*

б) *Найдите необходимую информацию.*

в) *Обсудите и проанализируйте собранную информацию.*

г) *Сделайте выводы.*

д) *Сравните ваши выводы с выводами известных людей.*

Возможные информационные источники

Книги:

Перышкин А.В. Физика 8. М.: Дрофа, 2002.

Перельман Я.И. Занимательная физика. М.: Наука, 1991.

Остер Григорий. Физика с приколами. М.: Астрель, 2000.

Web-сайты:

<http://azoventerprise.com>

<http://mugo.narod.ru>

<http://nnpanaioty.narod.ru>

<http://redpencil.ru>

Культурные образцы

<http://azoventerprise.com>

Тепловое действие тока

Как известно, все тела состоят из молекул и атомов, которые не находятся в состоянии покоя, а непрерывно двигаются. Чем выше температура тела, тем быстрее движение молекул вещества этого тела. В проводниках, так же как и во всех телах, есть движение молекул.

При прохождении по проводнику электрического тока электроны сталкиваются с двигающимися молекулами проводника и усиливают их движение, что приводит к нагреву проводника, т.е. к выделению тепла. Количество тепла измеряют особыми единицами — калориями {кал}. Одной малой калорией называется

такое количество тепла, которое необходимо для нагрева 1 г воды на 1°C. Количество тепла обозначается буквой Q.

Зависимость количества тепла, выделяемого проводником, от величины тока, протекающего через него, определена русским учёным Ленцем и английским физиком Джоулем. Закон Ленца-Джоуля формулируется следующим образом: электрический ток, непрерывно проходя в течение времени t по проводнику, обладающему неизменным сопротивлением R , вызывает выделение тепла Q , равного произведению квадрата тока, сопротивления, времени и коэффициента пропорциональности 0,24. Математически этот закон выражается так:

$$Q = 0,24I^2Rt,$$

где Q — количество тепла, мал. кал; I — ток, а; R — сопротивление, ом; t — время, сек.

Формулу Ленца-Джоуля можно выразить и так: $Q = 0,24(IR)t$. Но так как $IR=U$, то можно написать: $Q = 0,24IUt$. По этой формуле решают задачи, если сопротивление неизвестно, а известны напряжение, ток и время.

Температура нагрева проводника зависит от величины тока в проводнике, материала, из которого он изготовлен, и условий охлаждения.

Постоянный электрический ток, проходящий по проводнику, распределяется по всему его сечению равномерно. Следовательно, на каждую единицу площади поперечного сечения проводника приходится определённое число ампер, которое называется плотностью тока. От величины плотности тока и зависит нагрев проводника.

Во избежание чрезмерной плотности тока в соединительных проводах существуют нормы наибольшего допустимого тока для проводника каждого сечения в зависимости от условий его работы (условий охлаждения). Например, наибольшая допустимая плотность тока в изолированном медном проводе, применяемом для наружных проводов, составляет 11 а/мм². Превышение допустимой плотности тока в проводе может вызывать нежелательные последствия. Например, электрические лампы накаливания при превышении допустимой плотности тока в нити накала перегорают.

Однако не следует считать, что нагрев проводника электрическим током всегда является нежелательным фактором. Тепловые действия электрического тока имеют многочисленные практические применения (электросварка, электронагревательные приборы, электрические лампы накаливания и др.).

<http://mugo.narod.ru>

Электрический ток нагревает проводник. Это явление нам хорошо известно. Объясняется оно тем, что свободные электроны в металлах, перемещаясь под действием электрического поля, взаимодействуют с ионами или атомами вещества проводника и передают им свою энергию. В результате работы электрического тока увеличивается скорость колебаний ионов и атомов и внутренняя энергия проводника увеличивается.

Опыты показывают, что в неподвижных металлических проводниках вся работа тока идёт на увеличение

их внутренней энергии. Нагретый проводник отдаёт полученную энергию окружающим телам, но уже путём теплопередачи. Значит, количество теплоты, выделяемое проводником, по которому течёт ток, равно работе тока. Мы знаем, что работу тока рассчитывают по формуле:

$$A = U \cdot I \cdot t.$$

Обозначим количество теплоты буквой Q . Согласно сказанному выше $Q = A$, или $Q = U \cdot I \cdot t$. Пользуясь законом Ома, можно количество теплоты, выделяемое проводником с током, выразить через силу тока, сопротивление участка цепи и время. Зная, что $U = IR$, получим: $Q = I \cdot R \cdot I \cdot t$, т.е. $Q = I^2 \cdot R \cdot t$. Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени. К этому же выводу, но на основании опытов, впервые пришли независимо друг от друга английский учёный Джоуль и русский учёный Ленц. Поэтому сформулированный выше вывод называется законом Джоуля-Ленца.

Рассмотрим устройство лампы накаливания. Нагреваемым элементом в ней является свёрнутая в спираль тонкая вольфрамовая нить. Вольфрам для изготовления нити выбран потому, что он тугоплавок и имеет достаточно большое удельное сопротивление. Спираль с помощью специальных держателей укрепляется внутри стеклянного баллона, наполненного инертным газом, в присутствии которого вольфрам не окисляется. Баллон крепится к цоколю, к которому припаян один конец токоведущего провода. Второй конец провода через изолирующую прокладку припаян к нижнему контакту. Лампа ввёртывается в патрон. Он

представляет собой пластмассовый корпус, в котором имеется металлическая гильза с резьбой; к ней присоединён один из проводов сети. Патрон контактирует с цоколем. Второй провод от сети присоединён к контакту, который касается нижнего контакта лампы.

Лампы накаливания удобны, просты и надёжны, но экономически они невыгодны. Так, например, в лампе мощностью 100 Вт лишь небольшая часть электроэнергии (4 Вт) преобразуется в энергию видимого света, а остальная энергия преобразуется в невидимое инфракрасное излучение и в форме тепла передаётся окружающей среде.

Для оценки эффективности того или иного устройства в технике введена специальная величина — коэффициент полезного действия (КПД). Коэффициентом полезного действия называют отношение энергии, полезно преобразованной (работы или мощности), ко всей потреблённой энергии, или затраченной (работе или мощности).

Часто КПД выражают в процентах (%). Вычислим КПД электрической лампы накаливания по данным, приведённым выше: $\eta = 4/100 = 0,04 = 4\%$.

Для сравнения укажем, что КПД лампы дневного света примерно 15%, а у натриевых ламп наружного освещения около 25%.

Существует множество электрических нагревательных приборов, например электрические плиты, утюги, самовары, кипятильники, обогреватели, электрические одеяла, фены для сушки волос, в которых используется тепловое действие тока. Основным нагревательным элементом является спираль из материала с боль-

шим удельным сопротивлением. Она помещается в керамические изоляторы с хорошей теплопроводностью, которые изготовлены в виде своеобразных бус.

В приборах, предназначенных для нагревания жидкостей, изолированная спираль помещается в трубки из нержавеющей стали. Её выводы тоже тщательно изолируются от металлических частей приборов. Температура спирали при работе нагревательного прибора остаётся постоянной. Объясняется это тем, что очень быстро устанавливается баланс между потребляемой из сети электроэнергией и количеством теплоты, отдаваемым путём теплообмена окружающей среде.

Очень эффективным преобразователем электрической энергии, дающим много тепла и света, является электрическая дуга. Её широко используют для электрической сварки металлов, а также в качестве мощного источника света. Для наблюдения электрической дуги надо два угольных стержня с присоединёнными к ним проводами закрепить в хорошо изолирующих держателях, а затем подключить стержни к источнику тока, дающему невысокое напряжение (от 20 до 36 В) и рассчитанному на большие силы тока (до 20 А). Последовательно стержням обязательно надо включить реостат.

Ни в коем случае нельзя подключать угли в городскую сеть (220 или 127 В), так как это приведёт к сгоранию проводов и к пожару. Коснувшись углями друг друга, можно заметить, что в месте соприкосновения они сильно раскалились. Если в этот момент угли раздвинуть, между ними возникает яркое слепящее пламя,

имеющее форму дуги. Это пламя вредно для зрения. Пламя электрической дуги имеет высокую температуру, при которой плавятся самые тугоплавкие материалы, поэтому электрическая дуга используется в дуговых электрических печах для плавки металлов. Пламя дуги является очень ярким источником света, поэтому его часто используют в прожекторах, стационарных кинопроекторах и т.д.

Электрические цепи всегда рассчитаны на определённую силу тока. Если по той или иной причине сила тока в цепи становится больше допустимой, то провода могут значительно нагреться, а покрывающая их изоляция — воспламениться. Причиной значительного увеличения силы тока в сети может быть или одновременное включение мощных потребителей тока, например электрических плиток, или короткое замыкание. Коротким замыканием называют соединение концов участка цепи проводником, сопротивление которого очень мало по сравнению с сопротивлением участка цепи.

Короткое замыкание может возникнуть, например, при ремонте проводки под током или при случайном соприкосновении оголённых проводов. Сопротивление цепи при коротком замыкании незначительно, поэтому в цепи возникает большая сила тока, провода при этом могут сильно нагреться и стать причиной пожара. Чтобы избежать этого, в сеть включают предохранители. Назначение предохранителей — сразу отключить линию, если сила тока вдруг окажется больше допустимой нормы.

Рассмотрим устройство предохранителей, применяемых в квартирной проводке. Главная часть предо-

хранителя — проволока из легкоплавкого металла (например, из свинца), проходящая внутри фарфоровой пробки. Пробка имеет винтовую нарезку и центральный контакт. Нарезка соединена с центральным контактом свинцовой проволокой. Пробку ввинчивают в патрон, находящийся внутри фарфоровой коробки. Свинцовая проволока представляет таким образом часть общей цепи. Толщина свинцовых проволок рассчитана так, что они выдерживают определённую силу тока, например 5, 10 А и т.д. Если сила тока превысит допустимое значение, то свинцовая проволока расплавится и цепь окажется разомкнутой. Предохранители с плавящимся проводником называют плавкими предохранителями.

<http://nnpanaioty.narod.ru>

Тепловое действие электрического тока

Проводники от диэлектриков отличается то, что в них могут направленно двигаться заряженные частицы.

В металлах такими частицами являются электроны, в проводящих жидкостях (электролитах) — ионы, в плазме — ионы и электроны.

При отсутствии электрического поля все частицы движутся хаотически. Средняя кинетическая энергия всех частиц одинакова.

При возникновении электрического поля внутри проводника заряженные частицы начинают двигаться вдоль силовых линий, сохраняя хаотическое тепловое движение.

Положительно заряженные частицы движутся в направлении напряжённости поля, отрицательно — на-

встречу ему, возникает электрический ток. Частицы, перемещаясь, приобретают дополнительную энергию, которая за счёт хаотических соударений передаётся и незаряженным частицам. В результате увеличивается кинетическая энергия всех частиц, т.е. увеличивается температура и внутренняя энергия тела.

Следовательно, электрический ток в веществе вызывает его нагрев. Это явление называется тепловым действием электрического тока. Чем больший заряд проходит через проводник, тем сильнее проводник разогревается, и тем больше увеличивается его энергия.

Тепловое действие электрического тока используется в электронагревательных приборах.

1. В быту используется много различных электронагревательных приборов. К ним относятся: электрический камин, который даёт дополнительное тепло в том месте комнаты, где оно вам необходимо; электрические чайники, кофейники служат для нагревания воды; на электроплитках быстро готовится пища; мокрые волосы можно быстро высушить потоком сухого горячего воздуха, создаваемого электрическим феном; выстиранное бельё хозяйки гладят электрическим утюгом. Это перечисление можно продолжить. Остановимся подробно на отдельных приборах.

В современных квартирах на кухнях устанавливаются электрические плиты. Они заменили плиты, работающие на твёрдом топливе, и газовые плиты, так как являются экологически более чистыми: нет продуктов сгорания твёрдого топлива (золы, шлака, дыма), не происходит загрязнения окружающей среды. Электрические

плиты имеют также технические преимущества: они снабжены системой автоматического регулирования температуры, которая позволяет при достижении нужной температуры автоматически отключать от электрической сети весь прибор или его часть (электронагревательный элемент духовки или конфорки). При остывании электронагревательного прибора он вновь автоматически включается в сеть. Конструкция домашних электрических плит очень разнообразна.

2. Тепловое действие тока используется не только в быту, но и в технике.

Примером может служить контактная электросварка. Этот вид электросварки основан на использовании теплоты, выделяющейся в месте соприкосновения (контакта) двух кусков металла, в месте их контакта при прохождении через них электрического тока.

Свариваемые детали закрепляют между зажимами, приводят в соприкосновение и пропускают через них электрический ток. В месте контакта выделяется наибольшее количество теплоты, в результате чего металл сильно нагревается. Когда он благодаря нагреву становится пластичным, ток автоматически выключается, и машина сжимает размягчённые части деталей настолько сильно, что они прочно соединяются. Контактная электросварка выполняется автоматически машинами-автоматами.

3. В сельском хозяйстве тепловое действие тока также нашло применение, например, для сушки стогов намоченного дождём сена.

Струи нагретого воздуха от вентилятора и нагревателя подводятся по трубе снизу в самую середину сто-

га и быстро просушивают его. На животноводческих фермах используются специальные аппараты, в которых электрические нагреватели поддерживают температуру, наилучшую для только что родившихся животных.

В инкубаторах из яиц выводятся сотни и тысячи цыплят. В этих «электрических наседках» с большой точностью поддерживается определённая температура (около 38°C), наиболее благоприятная для развития зародышей в яйцах. А специальный механизм переворачивает яйца, чтобы они равномерно прогревались со всех сторон.

Электрический ток в веществе вызывает его нагрев. Это явление называется тепловым действием электрического тока. Чем больший заряд проходит через проводник, тем сильнее проводник разогревается, и тем больше увеличивается его энергия.

<http://redpencil.ru>

Электроприборы

Лампа накаливания

Основная часть лампы накаливания — спираль из тонкой вольфрамовой проволоки. Вольфрам — тугоплавкий металл, его температура плавления — 3387° С. В лампе спираль нагревается до 3000° С, при такой температуре она достигает белого каления и светится ярким светом. Спираль помещают в стеклянную колбу без воздуха внутри, чтобы она не перегорела. Но вольфрам быстро испаряется в вакууме, становится тоньше и тоже перегорает. Для избежания этого лампы снабжают азотом или другими инертными газами.

Первыми людьми, создавшими подобное, стали Лодыгин и Эдисон.

Электронагревательные приборы

Тепловое действие тока используют в различных электронагревательных приборах. В домашних условиях применяют электрические плитки. В промышленности используют для выплавки специальных сортов стали и других металлов. В сельском хозяйстве — для обогрева теплиц, инкубаторов и другого.

Основная часть любого нагревательного электрического прибора — нагревательный элемент. Он представляет собой проводник с большим удельным сопротивлением, способный выдерживать большие температуры — 1000–1200°C. В нагревательном элементе проводник с током в виде проволоки наматывается на пластинку из жароустойчивого материала: слюды или керамики.

Методический комментарий

Решая задачу, учащиеся должны:

1. Познакомиться с использованием теплового действия тока на практике.

2. Выяснить, каково использование теплового действия тока на практике.

3. Рассмотреть устройство электрической лампы накаливания, электронагревательных приборов.

4. Рассмотреть короткое замыкание и плавкие предохранители, для чего они необходимы.

5. Обобщать отдельные события, формулировать выводы.

После того как учащиеся найдут информацию, идёт обсуждение различных точек зрения и формирование собственной позиции. Учащиеся, анализируя полученную информацию, приходят к такому выводу: тепловое действие электрического тока широко применяется не только в быту (электронагреватели широко используются в бытовых электроприборах: чайниках, утюгах, каминах, плитках, паяльниках и т.д.), но и в промышленности (его используют для выплавки специальных сортов стали и других металлов), в сельском хозяйстве — для обогрева теплиц, инкубаторов и др. Также, анализируя полученную информацию, ученики делают вывод о важности и необходимости знаний, приобретённых в ходе решения задачи.