

Предисловие

На встрече с космонавтами поэт Евгений Евтушенко честно признался: «Я не знаю, откуда берётся электричество». Юрий Гагарин удивился: «Ведь Вы изучали в школе физику».

Этот разговор получил неожиданное продолжение. Академик П.Л. Капица к всеобщему изумлению заявил: «А я тоже не знаю, откуда берётся электричество».

По-видимому, прославленный академик имел в виду следующее. Мы хорошо знаем, что электрический ток представляет собой движение электронов, несущих отрицательный заряд. Но что такое заряд? Чем же заполнен электрон? Что придаёт ему определённые свойства? Вряд ли вы задумывались над этим.

Несомненно, со временем наука даст ответ и на эти вопросы.

А здесь мы предлагаем читателю познакомиться со всеми способами получения электричества. На избранных страницах из истории электротехники будет рассказано об истории открытий в этой области, об альтернативной энергетике.

Автор будет благодарен за все отзывы и замечания. Их следует направлять по адресу: iosiftrub@yandex.com

1. Из волосяного покрова

Одним из первых, чьё внимание привлекло электричество, был греческий философ Фалес Милетский, который в VII веке до н.э. обнаружил, что потёртый о шерсть янтарь (др.-греч. ἤλεκτρον: электрон) приобретает свойства притягивать лёгкие предметы.

Напомним, что нам известно о статическом электричестве.

Электрический заряд вызван положительными элементарными частицами атома (протонами) либо отрицательными элементарными частицами (электронами).

Создать заряд можно путём натирания поверхностей некоторых твёрдых тел. Отрицательный заряд может быть создан натиранием эбонитовой палочки клочком шерсти. При этом электроны перейдут из шерсти на палочку и зарядят её отрицательно. Ясно, что сама шерсть, потерявшая электроны, будет заряжена положительно. Подобным образом, натирая стеклянную палочку полоской шёлковой ткани, мы зарядим её положительно, так как электроны перейдут из стеклянной палочки на шёлк. Шёлк же получит отрицательный заряд.

Прикоснувшись палочкой к небольшой поверхности лёгкого тела (например, бумажная гильза), мы передадим ему этот заряд. Подвесив вблизи на небольшом расстоянии друг от друга две заряженные картонные гильзы мы обнаружим следующее. Между гильзами, заряженными разноимёнными зарядами существует сила притяжения, а между гильзами, заряженными одноимённо, существует сила отталкивания (рис 1.1).

Перед исследователями статического электричества возникли следующие проблемы:

Измерить или хотя бы оценить величину заряда; накопить электрический заряд найти более эффективный способ генерирования статического электричества;

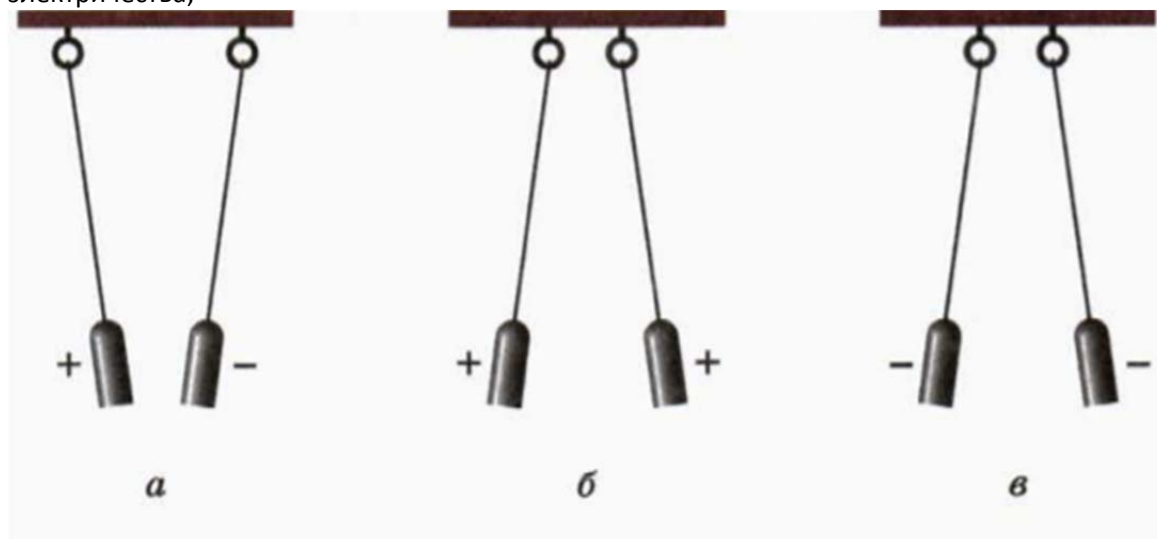


Рис. 1.1. Взаимодействие заряженных тел.

накопить электрический заряд найти более эффективный способ генерирования статического электричества Дальнейшие разработки привели к созданию электрометра, лейденской банки и электрофорной (электростатической) машины.

Электроскоп (от греческих слов «электрон» и *skopeo* – наблюдать, обнаруживать) – прибор для обнаружения электрических зарядов.

Электроскоп состоит из металлического стержня, к которому подвешены две полоски бумаги или алюминиевой фольги. Стержень укреплен при помощи эбонитовой пробки внутри металлического корпуса цилиндрической формы, закрытого стеклянными (рис. 1.2).

Устройство электроскопа основано на явлении электрического отталкивания заряженных тел. При соприкосновении заряженного тела, например натёртой стеклянной палочки, со стержнем электроскопа электрические заряды распределяются по стержню и листочкам. Так как одноимённо заряженные тела отталкиваются, то под действием силы отталкивания листочки электроскопа разойдутся на некоторый угол. Причём чем больше величина заряда электроскопа,

тем больше сила отталкивания листочков и тем на больший угол они разойдутся. Следовательно, по углу расхождения листочков электроскопа можно судить о величине заряда, находящегося на электроскопе.

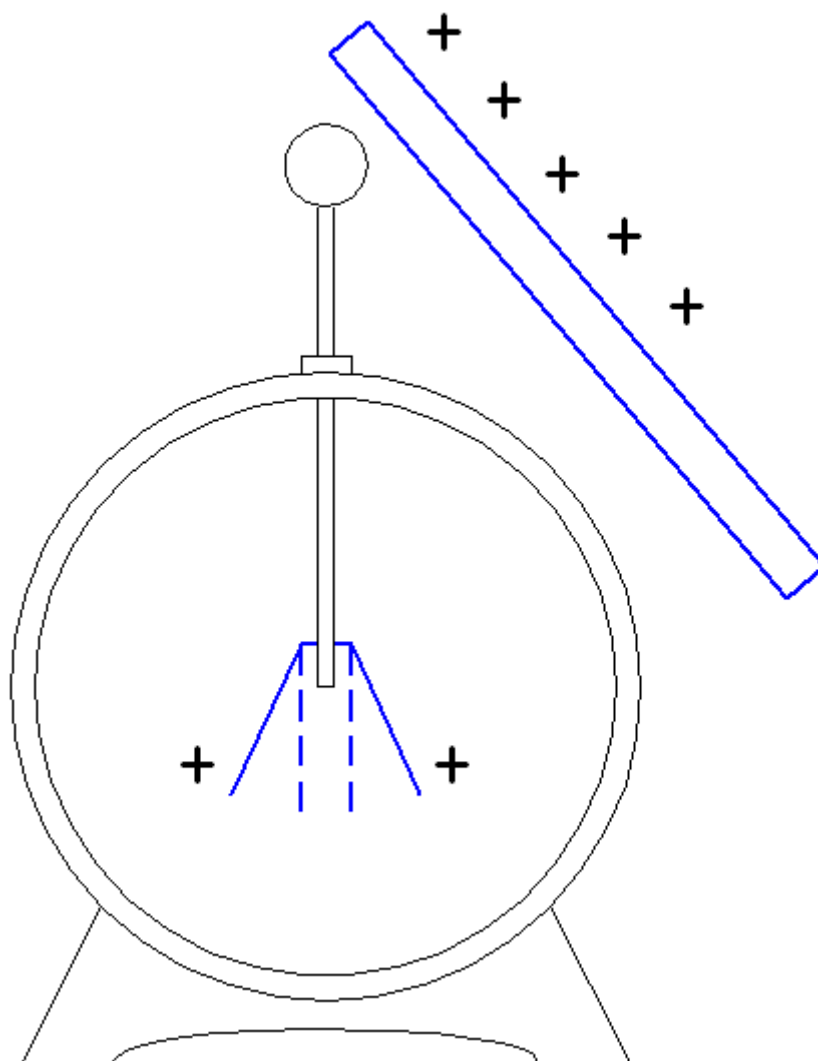


Рис. 1.2. Работа электроскопа.

Если к заряженному электроскопу поднести тело, заряженное противоположным знаком, например, отрицательно, то угол между его листочками начнёт уменьшаться. Следовательно, электроскоп позволяет определить знак заряда наэлектризованного тела.

Для обнаружения и измерения электрических зарядов применяется также электрометр (рис. 1.3). Его принцип действия существенно не отличается от электроскопа. Основной частью электрометра является лёгкая алюминиевая стрелка, которая может вращаться вокруг вертикальной оси.

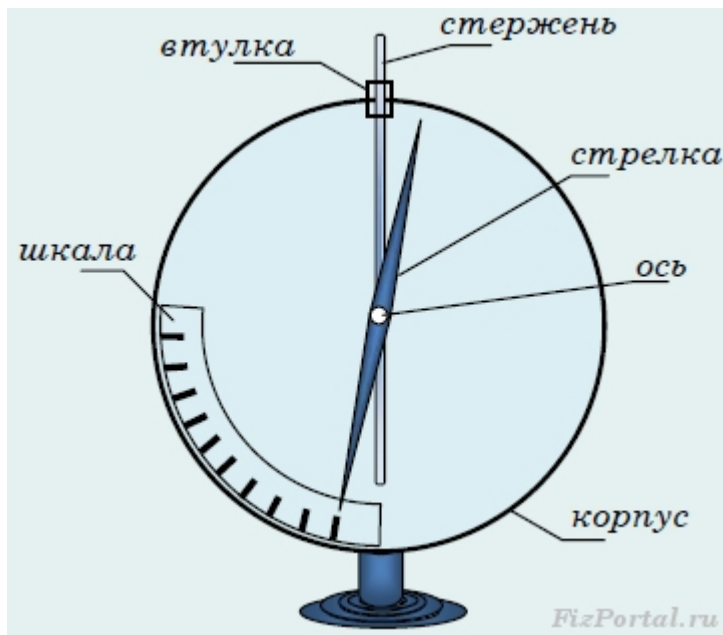


Рис. 1.3. Электрометр

По углу отклонения стрелки электрометра можно судить о величине заряда, переданного стержню электрометра.

Проградуированным прибором можно определять значения электрического заряда, а также разность потенциалов.

Лейденская банка (рис. 1.4) – это конденсатор, имеющий форму банки, то есть цилиндра с более или менее широким горлом или же просто стеклянного цилиндра.

Банка оклеена внутри и снаружи листовым оловом (наружная и внутренняя обкладки) примерно до 2/3 её высоты и прикрыта деревянной крышкой. Банка может не иметь внутренней обкладки, но тогда в ней должна быть жидкость, например вода; банка может не иметь и внешней обкладки, но в таком случае при зарядении надо её обхватить ладонями рук; такова и была банка в первоначальном виде, когда её устроил (1745) голландский физик Мушенбрук и когда впервые испытал удар от разряда банки лейденский гражданин Кюнеус». Сквозь крышку в банку был воткнут металлический стержень. Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, порядка микрокулона



Рис. 1.4 Лейденская банка

Электрофорная машина (рис.1.5) состоит из двух соосных дисков (А и В) из изолирующего материала, на которые нанесены проводящие секторы (см. схему). Диски приводятся во встречное вращение с равной угловой скоростью. Предположим, что сектор А1 вначале несёт небольшой избыточный положительный заряд, а сектор В1 — отрицательный.

Когда A_1 движется влево, а B_1 — вправо, их потенциалы растут за счёт работы, выполняемой против силы их электростатического притяжения.

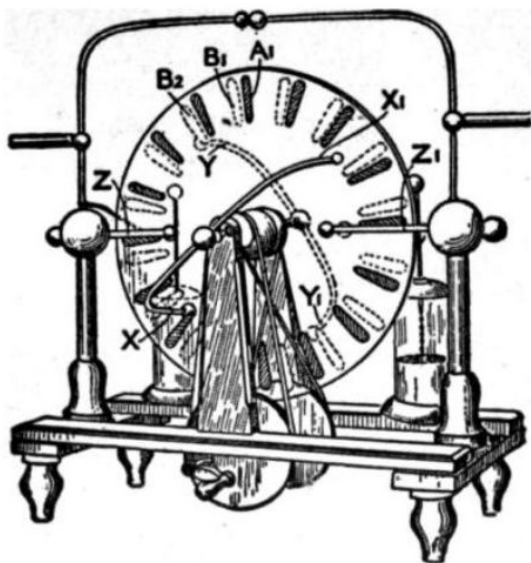


Рис. 1.5. Электрофорная машина

Когда A_1 достигает положения напротив сектора B_2 пластины B , который в этот момент контактирует со щёткой Y , он будет под высоким положительным потенциалом и, таким образом, вызовет разделение заряда в проводнике, соединяющем Y и Y_1 , перенесёт большой отрицательный заряд на B_2 и большой положительный заряд на удалённый сектор, которого в этот момент касается щётка Y_1 .

Двигаясь дальше, A_1 касается щётки Z и частично разряжается во внешнюю цепь (нагрузкой может быть, например, лейденская банка). При последующем вращении дисков, A_1 касается щётки X , которая связана проводником со щёткой X_1 , и снова получает заряд, на этот раз отрицательный, который отталкивается отрицательно заряженным сектором B_2 (находящимся в этот момент напротив сектора на диске A , контактирующего со щёткой X_1). Таким образом, положительный заряд переносится справа налево верхней частью диска A , а отрицательный слева направо его нижней частью.

С явлениями статического электричества знакомы все. Поглаживая кошку, мы получаем электрический заряд

Правда, чтобы зажечь обычную лампочку, нам придется одновременно гладить несколько миллионов кошек.

А если не вдаваться в область физики, то статическое электричество – это те крохотные «молнии», которые появляются при расчесывании волос, надевании свитеров, прикосновении к шерстяному одеялу, и т.д. В быту статическое электричество проявляется чаще всего:

- при ношении шерстяной или синтетической одежды;
- хождении в обуви с резиновой подошвой или в шерстяных носках по коврам и линолеуму;
- пользовании пластиковыми предметами.

Ситуацию усугубляют сухой воздух внутри помещений и железобетонные стены, из которых выполнены многоэтажные здания.

При правильном использовании статическое электричество может приносить немало пользы.

Статическое электричество может быть верным помощником человека, если изучить его закономерности и правильно их использовать. В технике применяют метод,

сущность которого заключается в следующем. Мельчайшие твердые или жидкие частицы материала поступают в электрическое поле, где на их; поверхность «оседают» электроны и ионы, т. е. частицы приобретают заряд и далее движутся под действием электрического поля. В зависимости от назначения аппаратуры можно с помощью электрических полей по-разному управлять движением частиц в соответствии с необходимым технологическим процессом. Эта технология уже пробила себе дорогу в различные отрасли народного хозяйства.

Движущиеся на конвейере окрашиваемые детали, например корпус автомобиля, заряжают положительно, а частицам краски придают отрицательный заряд, и они устремляются к положительно заряженной детали. Слой краски на ней получается тонкий, равномерный и плотный. Действительно одноименно заряженные частицы красителя отталкиваются друг от друга — отсюда равномерность окрашивающего слоя. Частицы, разогнанные электрическим полем, с силой ударяются об изделие — отсюда плотность окраски. Расход краски снижается, так как она осаждается только на детали. Метод окраски изделий в электрическом поле сейчас широко применяют в нашей стране.

Электрические копчености

Копчение — это пропитывание продукта древесным дымом. Частицы дыма не только придают продуктам вкус, но и предохраняют их от порчи. При электрокопчении частицы копильного дыма заряжают положительно, а отрицательным электродом служит, например, тушка рыбы. Заряженные частички дыма оседают на поверхности тушки и частично поглощаются ею. Все электрокопчение продолжается несколько минут; прежде копчение считалось длительным процессом.

Электрический ворс

Чтобы получить в электрическом поле слой ворса на каком-либо материале, надо материал заземлить, поверхность покрыть клеящим веществом, а затем через заряженную металлическую сетку, расположенную над этой поверхностью, пропустить порцию ворса. Ворсинки быстро ориентируются в поле и, распределяясь равномерно, оседают на клей строго перпендикулярно поверхности. Так получают покрытия, похожие на замшу или бархат. Легко получить разноцветный узор, заготовив порции разного по цвету ворса и несколько шаблонов, которыми в процессе электроворсования прикрывают поочередно отдельные участки изделия. Так можно сделать многоцветные ковры.

Смешение веществ

Если мелкие частицы одного вещества зарядить положительно, а другого — отрицательно, то легко получить их смесь, где частицы распределены равномерно. Например, на хлебозаводе теперь не приходится совершать большую механическую работу, чтобы замесить тесто. Заряженные положительно крупинки муки воздушным потоком подаются в камеру, где они встречаются с отрицательно заряженными капельками воды, содержащей дрожжи. Крупинки муки и капельки воды, притягиваясь друг к другу, образуют однородное тесто. Можно привести много других примеров полезного применения статической электризации. Основанная на этом явлении технология удобна: потоком заряженных частиц можно управлять, изменяя электрическое поле, а весь процесс легко автоматизировать.

Приобретение статических зарядов телом и их стекание происходит одновременно. Электризация обеспечивается тогда, когда тело получает больший потенциал энергии, чем расходует во внешнюю среду.

Положительно действует на организм так называемый статический душ, а органы дыхания лечат с помощью специальных электроаэрозолей. Чтобы очистить воздух от пыли, сажи, кислотных и щелочных паров, прибегают к электростатическим фильтрам.

Работа ксероксов и лазерных принтеров также основана на действии статического электричества: положительные заряды образуют на барабане изображение оригинала

Если в доме присутствие статического электричества причиняет не только лишь небольшие неприятности, то во многих видах производства оно может привести к серьёзным последствиям и поэтому совершенно недопустимо. Если в воздухе находятся пары или мелкие частицы горючих веществ, то малейшая искра может вызвать взрыв с возгоранием. Это относится к предприятиям лёгкой промышленности, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также к системам транспортировки и хранения легко воспламеняющихся веществ (трубопроводы, железнодорожные цистерны, бензовозы и др.). Особенно большую опасность представляют разряды статического электричества, образующиеся при сливе и наливе легковоспламеняющихся и горючих жидкостей свободно падающей струей.

Всё вышеперечисленное должно быть обеспечено надёжной защитой от статического электричества.

При работе с полупроводниковыми платами и электронными блоками защита от повреждения статическим электричеством обеспечивается также:

принудительным шунтированием выводов электронных плат и блоков во время проверок;

использованием инструмента и паяльников с заземлёнными рабочими головками.

Ёмкости с легковоспламеняющимися жидкостями, расположенные на транспорте, заземляются с помощью металлической цепи. Даже фюзеляж самолета снабжается металлическими тросиками, которые при посадке работают защитой от статического электричества.

Защита от статического электричества

Все тела по электрическим свойствам делят на проводники и изоляторы (диэлектрики). Если проводники способны проводить ток, то диэлектрики этой способностью не обладают. Поэтому на веществах и материалах, имеющих удельное объемное электрическое сопротивление более $10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (диэлектрик), при трении, дроблении, интенсивном перемешивании происходит перераспределение электронов с образованием на поверхностях соприкосновения двойного электрического тока, что является непосредственным источником возникновения статического электричества.

В производственных условиях накопление зарядов статического электричества может происходить на приводных ремнях, транспортерах, при движении пылевоздушной смеси в трубопроводах, например при транспортировке муки пневмосистемами или аэрозольтранспортом.

Заряды статического электричества могут накапливаться на людях, особенно если подошва обуви не проводит электрический ток, одежде и белье из шерсти, шелка или искусственного волокна, а также при движении по не токопроводящему полу или выполнении ручных операций с диэлектриком. Потенциал изолированного от земли тела человека может превышать 7 кВ и достигать 45 кВ. Соприкосновение человека с заземленным предметом вызывает искровой разряд.

Энергия разряда этой искры может составлять 2,5 ... 7,5 мДж. Кроме того, статическое электричество оказывает неблагоприятное физиологическое воздействие на человека, подобное мгновенному удару электрическим током. Величина тока при этом незначительна и непосредственной опасности для человека не представляет. Однако искра, проскакивающая между телом человека и металлическим объектом, может явиться причиной производственного травматизма и при определенных условиях даже создать аварийную ситуацию.

В производствах, где существует опасность воспламенения взрывоопасных

смесей разрядом с человека, необходимо обеспечить работающих электропроводящей (антистатической) обувью. Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между электродом в форме стельки, находящимся внутри обуви, и наружным электродом меньше 107 Ом.

Покрытие пола, выполненное из бетона толщиной 3 см, спец бетона, пенобетона, считается электропроводящим.

Для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности получаемых и перерабатываемых веществ, используемых в производстве диэлектрических материалов, оборудования, а также тела человека необходимо предусматривать меры защиты от разрядов статического электричества.

Основными способами устранения опасности от статического электричества являются:

Отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций;

Однако заземление неэффективно, когда применяют аппараты и трубопроводы из диэлектрика или происходит в процессе технологических операций отложение на внутренней стороне стенки трубопроводов или оборудования нетокопроводящих материалов;

Добавление в электризуемые вещества антистатических веществ (графит, сажа, полигликоли и др.), позволяющих уменьшить сопротивление этих веществ;

Увеличение относительной влажности воздуха (общей или только в местах образования зарядов статического электричества) до 70 ... 75 %;

Применение антистатических веществ;

Наиболее важным свойством антистатических веществ является их способность увеличивать ионную проводимость и тем самым снижать электрическое сопротивление материалов;

Ионизация воздуха, заключающаяся в образовании положительных и отрицательных ионов воздуха, которые нейтрализуют заряды статического электричества;

Ограничение скорости движения твердых и жидких веществ в коммуникациях и оборудовании;

Заведомо безопасной скоростью движения и истечения диэлектрической жидкости является 1,2 м/с.

Практический способ устранения опасности от статического электричества выбирают с учетом эффективности и экономической целесообразности.



Рис. 1. 6. Способы защиты от статического электричества

На рис. 1.6 представлена полная защита рабочего места от статического электричества.

Закончим главу отрывком из рассказа В. Катаева «электрическая машина». Он служит хорошей иллюстрацией к вышеизложенному материалу.

Петя вовремя затормозил, иначе он непременно въехал бы головой в стеклянную дверь класса. Возле двери Петя передохнул, сделал скорбное лицо человека, заболевшего дифтеритом, и, еле волоча ноги, вошел в класс, где уже начался урок физики.

Сегодня как раз были "опыты". На кафедре стояла электрофорная машина с толстым стеклянным диском, несколько напоминавшим циферблат часов, но только вместо цифр были наклеены полоски свинцовой бумаги, похожие на восклицательные знаки. Возле машины хлопотали учитель физики и два гимназиста-ассистента.

Когда Петя вошел в класс, опыт только что начался. Один из ассистентов крутил маленькую ручку с довольно крупным медным колесом. На это колесо была надета кожаная трансмиссия, соединявшая колесо с осью стеклянного диска. Диск плавно тронулся. Сначала он вращался медленно, хотя и гораздо быстрее медного колеса, и полоски свинцовой бумаги мелькали редко, как спицы извозчицкой пролетки. Потом диск стал вращаться быстрее, хотя медное колесо вращалось все-таки медленнее. Тогда свинцовые полоски замелькали, поблескивая, как велосипедные спицы.

Послышалось прерывистое шуршание медных щеточек, которые все чаще и чаще задевали мелькающие свинцовые полоски.

Но вот диск пошел еще шибче, шибче, шуршание щеточек стало сплошным, свинцовые полоски слились в неподвижный круг, блестящий, как ртуть. Где-то в самой середине машины, работающей полным ходом, вдруг возник тонкий, как волос, звук напряженного, высокого тона, не то з-з-з-з-з, не то у-у-у-у-у. И вдруг на глазах у всех произошло чудо возникновения электричества.

Оно возникло из ничего, из трения медных щеточек о свинцовые бумажки!

Физик взял две палочки, похожие на ручки детской скакалки, но только с медными шариками на концах, – "индуктор" и "дедуктор", – приблизил их друг к другу, и вдруг между ними с легким треском проскочила синяя электрическая искра. Затем проскочила еще одна искра. Затем две искры подряд почти слитно. Затем три, четыре.

Искры проскакивали между двумя медными шариками одна за другой, с явственным треском электрических разрядов.

Гимназисты смотрели, затаив дыхание. Петя стоял возле двери, очарованный чудом возникновения электричества из ничего. Он не мог отвести глаз от волшебного зрелища этой миниатюрной грозы, которая – с громом и молнией – вдруг разразилась в руках физика.

Петя смотрел на проскакивающие между двумя медными шариками искры. Он слышал легкий треск крошечных электрических разрядов. Ему казалось, что в его жизни это уже когда-то было. Он это уже когда-то видел. Уже что-то подобное случалось. Так же проскакивала синяя искра, и так же потрескивало.

Но где это было? Когда?

И вдруг он сразу вспомнил.

Мама. Она еще тогда была жива. Да. Это была мама. Это была темная комната. Нарочно темная. Был солнечный день, но в комнате нарочно закрыли ставни и даже занавесили окно темным клетчатым пледом.

Мама сидела перед туалетным столиком и каучуковым гребешком расчесывала распущенные волосы. Волосы у мамы были длинные, пышные, темные. Петя был совсем маленький. Может быть, ему тогда было три года. В комнате было почти темно, и мамины волосы казались еще длиннее, пышнее, темнее. В неполной темноте мамины волосы казались совсем черными, даже смолистыми. Мамины глаза лукаво блестели из темного зеркала. Тут же стоял папа в сюртуке и посмеивался.

Мама расчесывала волосы каучуковым гребнем, и они смолисто трещали, осыпанные синими искрами. Мама протянула Пете гребешок. Петя не успел его взять. Из гребешка с легким треском выскочило несколько синих искр. Петя с испугом отдернул руку. И тогда в первый раз было произнесено волшебное слово "электричество". Его произнес отец.

2. С небес

Макушка лета. Август. Жара. Грозы... (Рис. 2.1). Безумные небесные страсти, - мрачные тучи, огненные стрелы молний, грохот грома, потоки небесной воды, пляски градин, сильнейшие порывы ветра вызывают всплеск эмоций, а иногда и потрясение. Чувство страха перед стихией необъяснимо, оно сидит в нас глубоко, на иррациональном, генетическом уровне. Само слово «гроза» как будто несет угрозу, тем более в сочетании со словами “жуткая», «страшная”, “ужасающая”



Рис. 2.1. Гроза над городом

Напомним, что самый главный бог древних греков – Зевс – был также богом молнии и грома. Его так и называли - громовержцем, тучегонителем (рис.2.2).



Рис. 2.2 Зевс-громовержец

У римлян таким богом был Юпитер. Точно так же главную роль отводили своим богам-громовержцам индусы (бог Индра), скандинавы (бог Тор), славяне (бог Перун). В представлении древних эстов молния и гром связывались не с одним, а с двумя богами. Богом молнии был Пикне, а богом грома - Эйке. Действовали они, конечно, всегда вместе, причем считались справедливыми и добрыми богами, карающими духов зла.

И все же, несмотря на страх, человеческий ум с давних времен пытался постичь природу молнии и грома, понять их естественные причины. После создания электрофорной машины и лейденской банки в результате наблюдения искрового разряда появилась догадка о том, что молния это тоже электрический разряд. Эта гипотеза впервые была высказана Михаилом Ломоносовым. В 1752 г. Бенджамин Франклин экспериментально доказал, что молния – это сильный электрический разряд.

Ученый выполнил знаменитый опыт с воздушным змеем, который был запущен в воздух при приближении грозы. На крестовине змея была укреплена проволока. Франклин полагал, что как только грозовая туча окажется над змеем, проволока станет извлекать из нее электрический огонь, и змей вместе с бечевой наэлектризуется (рис.2.3).



Рис.2.3. Опыт Б. Франклина

Тогда же Франклин создал громоотвод, который правильнее было бы называть «молниеотвод». Это был длинный металлический стержень, который предохранял постройки от поражения молнией. Человечество увековечило его изобретение миллионами торчащих из домов металлических прутьев. И, конечно, всеобщей любовью к его портрету на 100-долларовой купюре.

Исследования продолжил сподвижник Ломоносова Георг Рихман.

Занятия Рихмана атмосферным электричеством после получения им сведений об исследованиях Франклина получили новый импульс. 3 июля 1752 года он представил на Конференции Академии доклад, не появившийся в печати. Его опыты над атмосферным электричеством, сведения о которых он постоянно сообщал в «Петербургских Ведомостях», производились регулярно летом 1752 и 1753 годов.

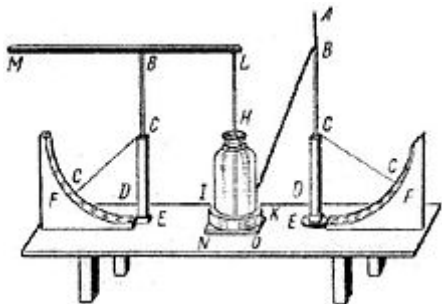


Рис. 2.4. Прибор Рихмана

От установленного на крыше дома, где жил Рихман, железного изолированного шеста в одну из комнат квартиры была проведена проволока, к концу которой крепились металлическая шкала с квадрантом и шелковая нить, по углу отклонения которой под воздействием

атмосферного электричества Рихман делал измерения (рис.2.4). Рихман неумолимо работал со своим прибором, который усовершенствовал, соединив его с лейденской банкой (рис. 2.4).

6 августа 1753 года во время грозы, когда Рихман стоял на расстоянии около 30 см от прибора, от последнего направился к его лбу бледно-синеватый огненный шар. Раздался удар, подобный пушечному выстрелу, и Рихман упал мёртвый, а находившийся тут же гравер Соколов был повален на пол и временно оглушён. Соколов оставил рисунок, запечатлевший гибель Рихмана. Трагическая гибель Рихмана при исследовании атмосферного электричества «электрическим указателем» (прибором-прообразом электроскопа), который не был заземлён, имела большой резонанс во всем мире, в России временно запретили исследования электричества.

Рихман, возможно, стал первым лицом, погибшим при проведении электрических экспериментов.

Физическая природа и опасные факторы атмосферного электричества

Атмосферное электричество образуется и концентрируется в облаках — образованиях из мелких водяных частиц, находящихся в жидком и твердом состоянии.

Площадь океанов и морей составляет 71 % поверхности земного шара. Каждый кв. см поверхности Земли в течение года в среднем получает 460 кДж солнечной энергии. Подсчитано, что из этого количества 93 кДж/(кв.см/год) расходуется на испарение воды с поверхности водных бассейнов. Поднимаясь вверх, водяные пары охлаждаются и конденсируются в мельчайшую водяную пыль, что сопровождается выделением теплоты парообразования (2260 кДж/л). Образовавшийся избыток внутренней энергии частично расходуется на эмиссию частиц с поверхности мельчайших водяных капелек. Для отделения от молекулы воды протона (H) требуется 5,1 эВ, для отделения электрона —12,6 эВ, а для отделения молекулы от кристалла льда достаточно 0,6 эВ, поэтому основными эмитируемыми частицами являются молекулы воды и протоны. Количество эмитируемых протонов пропорционально массе частиц. Результирующий поток протонов всегда направлен от более крупных капелек к мелким. Соответственно более крупные капельки приобретают отрицательный заряд, а мелкие — положительный. Чистая вода — хороший диэлектрик и заряды на поверхности капелек сохраняются длительное время. Более крупные тяжелые отрицательно заряженные капельки образуют нижний отрицательно заряженный слой облака. Мелкие легкие капельки объединяются в верхний положительно заряженный слой облака. Электростатическое притяжение разноименно заряженных слоев поддерживает сохранность облака как целого (рис. 2.5).

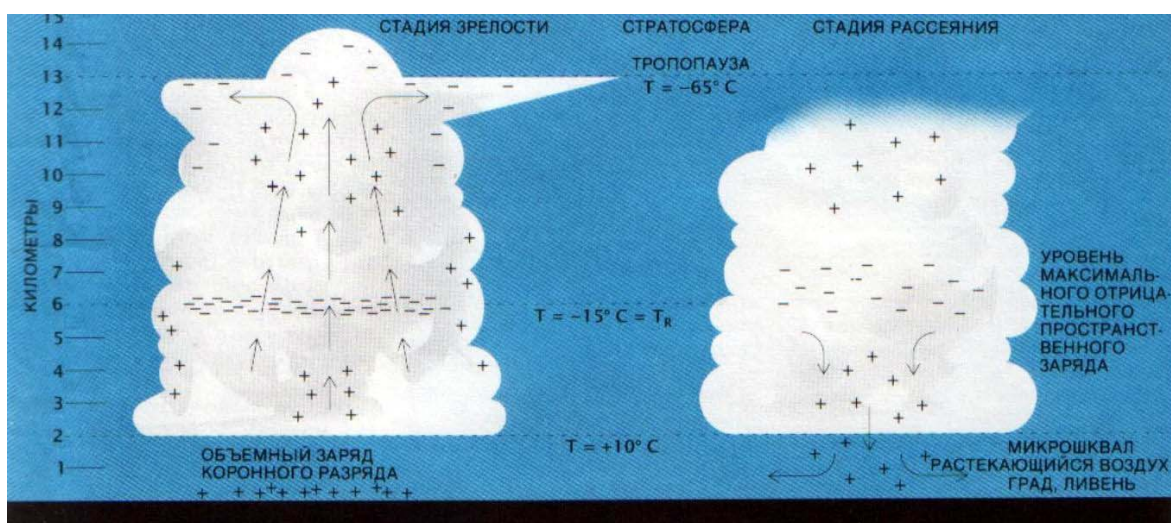


Рис.2.5. Электризация облаков

Эмиссия протонов возникает дополнительно при кристаллизации водяных частиц (превращении их в снежинки, градинки), так как при этом выделяется теплота плавления, равная 335 кДж/л. При соударениях капелек, снежинок, градинок работа ветра в конечном счете

приводит к эмиссии протонов, к изменению величины заряда частиц. Следовательно, атмосферное электричество (АтЭ) и статическое электричество (СтЭ) имеют одинаковую физическую природу. Различаются они масштабом образования зарядов и знаком эмитируемых частиц (электроны или протоны).

О единстве природы АтЭ и СтЭ свидетельствуют опытные данные. Сухой снег представляет собой типичное сыпучее тело; при трении снежинок друг о друга и их ударах о землю и о местные предметы снег должен электризоваться, что и происходит в действительности. Наблюдения на Крайнем Севере и в Сибири показывают, что при низких температурах во время сильных снегопадов и метелей электризация снега настолько велика, что происходят зимние грозы, в облаках снежной пыли бывают видны синие и фиолетовые вспышки, наблюдается свечение остроконечных предметов, образуются шаровые молнии. Очень сильные метели иногда заряжают телеграфные провода так сильно, что подключаемые к ним электролампочки светятся полным накалом. Те же явления наблюдаются во время сильных пыльных (песчаных) бурь.

Наличие множества взаимодействующих факторов дает сложную картину распределения зарядов АтЭ в облаках и их частях. По экспериментальным данным нижняя часть облаков чаще всего имеет отрицательный заряд, а верхняя — положительный, но может иметь место и противоположная полярность частей облака. Облака могут также нести преимущественно заряд одного знака.

Заряд облака (части облака) образуют мельчайшие одноименно заряженные частицы воды (в жидком и твердом состоянии), размещенные в объеме нескольких км³.

Электрический потенциал грозового облака составляет десятки миллионов вольт, но может достигать 1 млрд. В. Однако общий заряд облака равен нескольким кулонам.

Основной формой релаксации зарядов АтЭ является молния— электрический разряд между облаком и землей или между облаками (частями облаков). Диаметр канала молнии равен примерно 1 см, ток в канале молнии составляет десятки килоампер, но может достигать 100 кА, температура в канале молнии равна примерно 25 000°С, продолжительность разряда составляет доли секунды.

Молния является мощным поражающим опасным фактором. Прямой удар молнии приводит к механическим разрушениям зданий, сооружений, скал, деревьев, вызывает пожары и взрывы, является прямой или косвенной причиной гибели людей. Механические разрушения вызываются мгновенным превращением воды и вещества в пар высокого давления на путях протекания тока молнии в названных объектах. Прямой удар молнии называют первичным воздействием атмосферного электричества.

К вторичному воздействию АтЭ относят: электростатическую и электромагнитную индукции; занос высоких потенциалов в здания и сооружения.

Рассмотрим опасные факторы вторичного воздействия АтЭ. Образовавшийся электростатический заряд облака наводит (индуцирует) заряд противоположного знака на предметах, изолированных от земли (оборудование внутри и вне зданий, металлические крыши зданий, провода ЛЭП, радиосети и т. п.). Эти заряды сохраняются и после удара молнии. Они релаксируют обычно путем электрического разряда на ближайшие заземленные предметы, что может вызвать электротравматизм людей, воспламенение горючих смесей и взрывы. В этом заключается опасность электростатической индукции.

Множественно наблюдая вспышки молнии, мы очень плохо представляем себе особенности и размеры этой гигантской атмосферной электрической искры. Прогресс фототехники позволил зафиксировать вспышки множества разнообразных молний и получить реальные их «портреты».

Самая заметная характеристика молнии - это ее длина. Обычно между тучей и землей проскакивает искра длиной в несколько километров.

Установлено, что видимая «толщина» молнии (ее называют каналом) очень скромна: в пределах 1 метра. При этом основной ток протекает по еще более узкому «внутреннему» каналу диаметром всего 1 см.

А вот еще несколько деталей к «портрету» молний.

Разность потенциалов между тучей и землей (напряжение) достигает миллиарда(!) вольт. Разряд молнии длится около 0,1 сек. Средняя сила тока составляет около тысячи ампер, а общий заряд, переносимый молнией, достигает 100 кулонов. Выделяющаяся молнией энергия достигает нескольких миллиардов джоулей.

Нам представляется, что небесная искра по форме напоминает ту, что рисуют на электрошитах или столбах под надписью «Осторожно, убьет!». На самом деле разряд линейной молнии состоит из нескольких последовательных импульсов. Длительность каждого – всего тысячная доля секунды! Промежутки между ними чуть больше – сотые доли секунды. Это за пределами возможностей наших глаз, поэтому мы реально видим сплошные «стрелы молний».

«Стрелы» эти, буквально, раскаленные - более десяти тысяч градусов. Так что молния – это не стрела, а непрерывно пульсирующий поток электрической энергии. Проще говоря, каждый импульс – это пробой воздушного промежутка между тучей и землей.

В действительности образование молнии гораздо более сложный и парадоксальный процесс, чем может показаться, он выходит далеко за пределы школьных знаний. Настолько далеко, что до сих пор многие процессы остаются загадкой для ученых.

А теперь – внимание! – тест для наблюдательных читателей!

Откуда «бьет» молния: сверху вниз, или снизу вверх?

Многие, наверное, задумаются, начнут вспоминать грозовые эпизоды. Подскажем: разогрев и свечение плазменного канала может развиваться по мере его «приземления» - от земли к туче, т.е. снизу вверх. Последовательно сделанные снимки молнии подтверждают этот факт. Следовательно, молнии направляются не только из тучи к земле, как это обычно принято считать, но могут и наоборот, от земли в тучу. Зевсы, Юпитеры, Перуны и прочие боги-громовержцы метали свои «молнии», что называется, «от себя» - их молнии били сверху, из туч. Так это и изображалось на средневековых картинах, описанных явно не с натуры. Опасность и затрудненность непосредственных наблюдений за молниями рождает множество мифов и ошибочных представлений, многие из которых – ровесники современной цивилизации. Вот лишь некоторые из них.

Миф о том, что молния никогда не ударяет в одно место дважды.

Наоборот, практика показала, что молнии предпочитают определенные места, особенно возвышающиеся над местностью. Так, по различным источникам, в Эмпайр Стейт Билдинг ежегодно ударяет от 20 до 100 молний, а однажды зафиксировано 8 ударов в течение 24 минут. Другие небоскребы бывают биты молниями в среднем по 25 раз в год. (Спасибо Франклину - их обитателям ничего не угрожает!).

«Стрелы молний» не упускают случая лишний раз вонзиться в железорудные аномалии и даже в автомобильные кладбища.

Миф о том, что гром всегда следует за молнией.

Очевидно, что резкое расширение воздуха (гром) происходит одновременно с резким повышением температуры в месте разряда молнии. Но вспышку молнии мы видим в тот же момент, когда происходит разряд, а звук из-за малой скорости прохождения существенно запаздывает. Расчет простой: 3-х секундная пауза соответствует удалению в 1 км. Измеряя длительность таких пауз можно приближенно оценить, как далеко в данный момент от нас гроза.

Если время от вспышки молнии до грома постепенно сокращается, значит, гроза приближается к вам. Чем дальше от нас молния, тем длиннее пауза между вспышкой света и громом, да и сам гром слабее. Гром от очень далеких молний вообще не доходит – звуковая энергия рассеивается и поглощается по пути. Полыхающие вдали беззвучные молнии называются зарницами. (Возможно, некоторым ньюйоркцам удалось наблюдать ярчайшие зарницы в ночь на 4 августа).

Часто возникает вопрос: почему мы слышим гром в течение нескольких секунд, тогда как разряд молнии длится практически мгновение? Причин тому две

Во-первых, молния имеет большую – многокилометровую - длину; звук от разных ее участков доходит до нас в разные моменты времени.

Во-вторых, происходит отражение звука от облаков и туч – возникает эхо. Это причина того, что вслед за короткой вспышкой молнии слышатся более или менее долгие раскаты грома («как будто грома грохотанье...»).

Более того, отражение звука от облаков часто умножает силу громовых раскатов. Поскольку явная причинно-следственная связь молнии и грома не всегда заметна, люди оказываются во власти вымыслов, предрассудков, страха, «гром ударов их пугает».

Правда, для этого есть основания, - реальные жертвы. Естественно, не грома (временная глухота – не в счет), а молний.

Существует статистика несчастных случаев и количества жертв от небесного электричества. По некоторым данным, ежегодно от молний в США погибают токоло 200 человек. А всего в мире число жертв достигает 3 тысяч (примерно 8 человек ежедневно). Связь очевидна – чем больше гроз в какой-либо местности, тем больше жертв.

Краткие сведения о географии гроз.

Явление это весьма характерно для нашей планеты, над ней непрерывно бушуют грозы – ежедневно до 44 тысяч. Каждую секунду в землю вонзается свыше 100 молний. Ученые выяснили места, «привлекательные» для гроз и даже создали карту. Судя по ней, грозы недолгобливают океанские просторы и предпочитают жаркие и влажные страны, расположенные близ экватора.

Настоящей «столицей гроз» можно назвать город Багор на острове Ява (Индонезия). Здесь молнии сверкают в среднем 322 дня в году! Европейским «гнездом» молний можно назвать местечко Оравикоски в Финляндии. Там в 1987 г. был установлен своеобразный мировой рекорд: 2276 раз разряжались молнии в землю его окрестностей. Однако стихия была милостива – обошлось без жертв...

Редчайшим, поистине экзотическим событием являются грозы в Египте. Здесь они случаются всего один раз в 200 лет! Достаточно редко посещают грозы американскую Калифорнию - всего раз в два года. Видимо, сухой климат ограничивает их возможности.

В любом случае, где бы вы ни оказались, совет: держитесь подальше от молниопасных мест. Что надо о них знать - отдельная тема. Существует целый свод правил поведения и защиты.

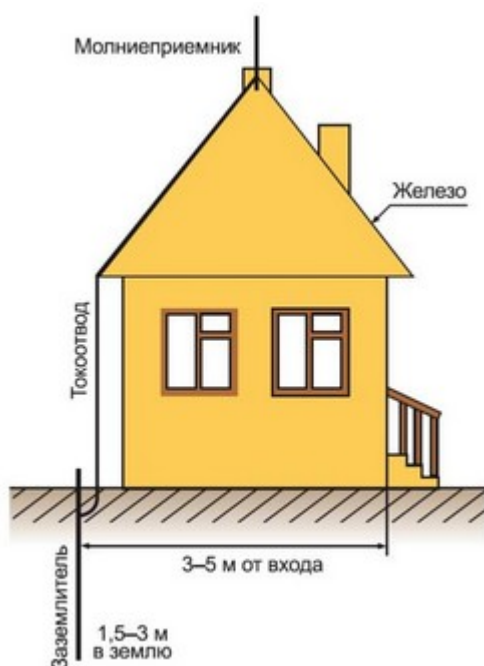


Рис.2.6. Молниеотвод для частного двора

Молниеотвод (рис.2.6) — устройство, устанавливаемое на зданиях и сооружениях и служащее для защиты от удара молнии. В быту также употребляется некорректное, но более благозвучное «громоотвод».

Во время грозы на Земле появляются большие индуцированные заряды, и у поверхности Земли возникает сильное электрическое поле. Напряжённость поля особенно велика возле острых проводников, и поэтому на конце молниеотвода загорается коронный разряд. Воздух вблизи громоотвода в результате коронного разряда сильно ионизируется. Вследствие этого напряжённость электрического поля вблизи острия уменьшается (как и внутри любого проводника), индуцированные заряды не могут накапливаться на здании и вероятность возникновения молнии снижается. В тех же случаях, когда молния всё же возникает (такие случаи очень редки), молния исходит из молниеотвода, не причиняя разрушений.

Молниеотвод состоит из трёх связанных между собой частей:

молниеприёмник — служит для приёма разряда молнии и располагается в зоне возможного контакта с каналом молнии; в зависимости от защищаемого объекта может представлять собой металлический штырь, сеть из проводящего материала или металлический трос, натянутый над защищаемым объектом.

заземляющий проводник или токоотвод — проводник, служащий для отвода заряда от молниеприёмника к заземлителю; обычно представляет собой провод достаточно большого сечения.

заземлитель — проводник или несколько соединённых между собой проводников, находящихся в соприкосновении с грунтом; обычно представляет собой металлическую плиту, заглублённую в грунт.

Элементы молниеотвода соединяются между собой и закрепляются на несущей конструкции. Поскольку вероятность поражения наземного объекта молнией растёт по мере увеличения его высоты, молниеприёмник располагается на возможно большей высоте либо прямо на защищаемом объекте, либо как отдельное сооружение рядом с объектом.

Повысить радиус действия молниеотвода без увеличения высоты можно, если разместить на его острие источник гамма-излучения,



я

Рис. 2.7. Шаровая молния

Шаровая молния (рис. 2.7) считается особым видом молнии, который представляет собой плывущий по воздуху светящийся огненный шар (иногда имеет вид гриба, капли или груши). Размер её обычно колеблется от 10 до 20 см, а сама она бывает голубого, оранжевого или белого тонов (хотя нередко можно увидеть и другие цвета, вплоть до чёрного), цвет при этом бывает неоднородным и нередко изменяется. Люди, которые видели, как выглядит шаровая молния, говорят о том, что внутри она состоит из небольших неподвижных деталей. Что касается температуры плазменного шара, то она до сих пор не определена: хотя по подсчётам учёных она должна составлять от 100 до 1000 градусов Цельсия, очутившиеся поблизости огненного шара люди жара от него не почувствовали. Если он неожиданно взрывается (правда, это бывает далеко не всегда), вся находящаяся неподалёку жидкость испаряется, а стекло и металл плавятся. Был зафиксирован случай, когда плазменный шар, оказавшись в доме, попал в бочонок, где находилось шестнадцать литров только что принесённой колодезной воды. При этом он не взорвался, а вскипятив воду, исчез. После того как вода закончила кипеть, она была горячей в течение двадцати минут. Цветные озера вулкана Келимуту 839044.670 Существовать огненный шар способен довольно длительное время, а при перемещении – неожиданно поменять направление, при этом он даже может на несколько минут повиснуть в воздухе, после чего резко, на скорости от 8 до 10 м/с уйти в сторону. Возникает шаровая молния в основном во время грозы, но также были зафиксированы неоднократные случаи её появления и в солнечную погоду. Появляется она обычно в единственном экземпляре (по крайней мере, современная наука другого не зафиксировала), и нередко самым неожиданным образом: она может спуститься с туч, появиться в воздухе или выплыть из-за столба или дерева. Для неё не составляет труда проникнуть в закрытое пространство: известны случаи её появления из розеток, телевизора и даже в кабинах пилотов. Было зафиксировано немало случаев постоянного возникновения шаровой молнии на одном и том же месте. Так, в небольшом городке под Псковом существует Чёртова поляна, на которой из-под земли периодически выскакивает шаровая молния черного цвета (появляться здесь она стала после падения Тунгусского метеорита). Её постоянное возникновение в одном и том же месте дало возможность учёным попытаться зафиксировать это явление при помощи датчиков, правда, безуспешно: все они были расплавлены во время передвижения шаровой молнии по поляне. Тайны шаровых молний

Учёные долгое время не допускали даже существования такого явления, как шаровая молния: сведения о её появлении относили в основном или к оптическому обману, или к галлюцинациям, что поражают сетчатку глаза после вспышки обыкновенной молнии. Тем более что свидетельства о том, как выглядит шаровая молния, во многом не совпадали, а во время её воспроизведения в лабораторных условиях удавалось получить лишь кратковременные явления. Всё изменилось после того, как в начале XIX ст. физик Франсуа Араго опубликовал отчёт, с собранными и систематизированными свидетельствами очевидцев о явлении шаровой молнии. Хотя эти данные и сумели убедить многих учёных в существовании этого удивительного явления, скептики всё же остались. Тем более загадки шаровой молнии со временем не уменьшаются, а лишь множатся. Прежде всего, непонятна природа появления удивительного шара, поскольку появляется он не только в грозу, но и в ясный погожий день. Непонятен и состав вещества, которое позволяет ему проникать не только через дверные и оконные проёмы, но и через малюсенькие щели, после чего вновь принимать без ущерба для себя изначальную форму (физики этого явления разгадать на данный момент не в состоянии). Некоторые учёные, изучая явление, выдвигали предположение, что в действительности шаровая молния является газом, но в таком случае плазменный шар под воздействием внутреннего тепла должен был бы взлетать вверх напоподобие воздушного шара. Да и природа самого излучения непонятна: откуда оно исходит – лишь с поверхности молнии, или со всего её объёма. Также перед физиками не может не возникнуть вопрос о том, куда пропадает энергия, что находится внутри шаровой молнии: если бы она шла лишь на излучение, шар исчезал бы не через несколько минут, а светился бы пару часов. Несмотря на огромное количество теорий, физики до сих пор не могут дать научно обоснованного объяснения этого явления. Но, существует две противоположные версии, получившие популярность в научных кругах. Гипотеза №1 Доминик Араго не только систематизировал данные о плазменном шаре, но и попытался объяснить, в чём состоит загадка шаровой молнии. По его версии шаровая молния — это специфическое взаимодействие азота с кислородом, во время которого выделяется энергия, создающая молнию. Другой физик Френкель дополнил эту версию теорией о том, что плазменный шар является вихрем шарообразной формы, состоящий из пылевых частиц с активными газами, что стали таковыми из-за полученного электрического разряда. По этой причине вихрь-шар вполне может существовать довольно продолжительное время. В пользу его версии говорит тот факт, что плазменный шар обычно возникает в запыленном воздухе после электрического разряда, а после себя оставляет небольшой дымок со специфическим запахом. Таким образом, эта версия говорит о том, что вся энергия плазменного шара находится внутри него, из-за чего шаровую молнию можно считать накопителем энергии. Гипотеза №2 Академик Петр Капица с этим мнением был не согласен, поскольку утверждал, что для непрерывного свечения молнии нужна дополнительная энергия, которая подпитывала бы шар извне. Он выдвинул версию, что явление шаровой молнии подпитывают радиоволны длиной от 35 до 70 см, возникающие в результате электромагнитных колебаний, возникающих между грозowymi тучами и земной корой. Взрыв шаровой молнии он объяснял неожиданной остановкой подачи энергии, например, изменение частоты электромагнитных колебаний, в результате чего разреженный воздух «схлопывается». Хотя его версия многим пришлась по душе, природа шаровой молнии версии не соответствует. На данный момент современная аппаратура ни разу не зафиксировала радиоволны нужной волны, которые появлялись бы в результате атмосферных разрядов. Кроме того, вода является почти непреодолимым препятствием для радиоволн, а потому нагреть воду, как в случае с бочонком, а тем более вскипятить её, плазменный шар не смог бы. Также ставит гипотезу под сомнение масштаб взрыва плазменного шара: он не только способен расплавить или разнести в куски прочные и крепкие предметы, но и переломать толстые брёвна, а его ударная волна – перевернуть трактор. В то же время обыкновенное «схлопывание» разреженного воздуха проделать все эти трюки не способно, а его эффект подобен лопнувшему воздушному шару. Что делать, встретив шаровую молнию? Что бы ни было причиной возникновения

удивительного плазменного шара, нужно учитывать, что столкновение с ней чрезвычайно опасно, поскольку если переполненный электричеством шар дотронется до живого существа, вполне может убить, а если взорвётся – разнести всё вокруг. Град Увидев огненный

шар дома или на улице, главное, не впасть в панику, не делать резких движений и не бежать: шаровая молния чрезвычайно чувствительна к любым завихрениям воздуха и вполне может последовать за ним. Нужно неторопливо, спокойно свернуть с пути движения шара, пытаясь держаться как можно дальше от него, но ни в коем случае не поворачиваться спиной. Если шаровая молния оказалась в помещении, нужно подойти к окну и открыть форточку: вслед за движением воздуха молния, скорее всего, вылетит наружу. Также категорически нельзя ничего бросать в плазменный шар: это вполне может привести к взрыву, и тогда травмы, ожоги, а в некоторых случаях даже остановка сердца неотвратимы. Если так получилось, что человек не сумел уйти с траектории движения шара, и тот задел его, вызвав потерю сознания, потерпевшего нужно перенести в проветриваемую комнату, тепло закутать, сделать искусственное дыхание и, естественно, сразу же позвонить в скорую помощь.

Атмосферное электричество, как новый источник альтернативной энергии

Поиск альтернативных источников электроэнергии приобрел в последние десятилетия массовый характер. Угроза истощения ископаемых энергетических ресурсов стимулировала исследования по использованию возобновляемых ресурсов: энергии воздуха, воды, геотермального тепла. К ученым, работающим в области альтернативной энергетики, присоединилась и армия изобретателей, «завалившая» сегодня информационное пространство проектами получения «бесплатной» энергии.

Одним из популярных направлений их разработок является использование атмосферного электричества. Наблюдая буйство стихии при грозах, возникает большое искушение укротить электрические силы Земли, использовать их на благо человека.

Попробуем оценить, насколько реально подобраться к этим силам и использовать их на практике. Для начала ответим на вопрос о том, действительно ли запасы электричества Земли велики? Практически каждый слышал или имеет представление о конденсаторе. Одни с ними работали, другие помнят по школьному курсу физики.

По современным представлениям, Земля является аналогом именно такой детали радиотехнических схем. Этот огромный, сферический конденсатор заряжен и создает электрическое поле вокруг нас.

С этого момента потребуются оперировать с числовыми значениями, т.к. множество проектов по использованию электрического поля Земли опираются на совершенно мифические механизмы отбора энергии от подобного конденсатора.

Сначала о емкости Земли. Уже на этом этапе возникают разночтения. При подсчете емкости Земли, как уединенного сферического проводника в пространстве, получено значение около 700 мкФ. А подсчет емкости конденсатора, образованного поверхностью Земли и ионосферой, расположенной на высоте 60-80 км, дает значение, близкое к 1Ф. Расхождение результатов более чем в 1000 раз! И это только начало неопределенностей, связанных с электричеством атмосферы.

Земной конденсатор заряжен до напряжения приблизительно 300 кВ, причем поверхность Земли имеет отрицательный заряд, а ионосфера – положительный. Напряженность поля между «обкладками» такого конденсатора составляет 120 -150 В/м у поверхности и резко падает с высотой.

Как у всякого реального конденсатора, в нем имеется ток утечки. Его значение геофизикам удалось измерить достаточно точно. Эти токи очень малы: в ясную погоду плотность тока утечки составляет всего 10 в минус 12 степени Ам². Но пересчет на всю поверхность Земли дает суммарный ток утечки около 1800 А. Электрический заряд Земли (и, соответственно, ионосферы) оценивается в 5,7х10 в 5 степени кулон. Тогда земной конденсатор должен разрядиться за ... 8-10 минут, а электрическое поле исчезнуть.

На практике мы подобной картины не наблюдаем. Значит, существует некий природный генератор, мощностью более 700 МВт, компенсирующий потерю заряда системы Земля – ионосфера.

Современная наука оказалась бессильной объяснить механизмы подзарядки конденсатора. На сегодня существует более 10 теорий и гипотез, описывающих механизмы и процессы поддержания постоянного заряда Земли. Но экспериментальная проверка и

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru