

Франклин – изобретатель громоотвода

А. ВАСИЛЬЕВ

В ИЮНЕ 2001 ГОДА УЧАСТНИКИ ПРОХОДИВШЕЙ на теплоходе «Федор Шалапин» Международной конференции по высокотемпературной сверхпроводимости высадились на остров Киж и посетили знаменитый музей-заповедник деревянного зодчества. Его главное украшение – «Храм Преображения Господня» – принадлежит к высшим достижениям северной народной архитектуры и относится к типу «круглых» многоярусных церквей с двадцатью двумя главами. Их лемеховое покрытие составляет надежную защиту от атмосферных осадков. Но деревянные храмы всегда подстерегала и другая опасность – быть уничтоженными огнем при прямом попадании молнии во время грозы, и поэтому Преображенская церковь снабжена громоотводом. Это устройство, однако, не могло быть установлено на храме при его постройке в 1714 году, поскольку было изобретено Бенджамином Франклином (1706 – 1790) лишь в середине XVIII века.

Причиной обращения Франклина к занятиям электричеством послужил случай. Будучи к 1743 году уже видным американским общественным деятелем, он посетил демонстрацию физических опытов в Бостоне. Эти опыты так заинтересовали Франклина, что он купил все использовавшееся при этом оборудование и сам занялся физическими исследованиями. Наилучшим образом представление об этих опытах и о «замечательной способности заостренных предметов извлекать и испускать электрический огонь» дают выдержки из писем Бенджамина Франклина члену Лондонского Королевского общества Питеру Коллинсону:

«Сэр,

...поместите чугунный шар диаметром три-четыре дюйма на горлышке чистой сухой стеклянной бутылки. Подвесьте на тонкой шелковой нити, прикрепленной к потолку, прямо над горлышком бутылки небольшой пробковый шарик, величиной с горошину; длина нитки должна быть такой, чтобы пробковый шарик соприкасался с чугунным шаром сбоку. Наэлектризуйте шар, и пробковая горошина отлетит приблизительно на четыре-пять дюймов, в зависимости от количества электричества... Если в этом положении приблизить к шару острие длинного тонкого кинжала на расстояние шести-восьми дюймов, то отталкивание мгновенно прекратится и пробковая горошина возвратится к шару. Чтобы добиться такого же действия при помощи тупого предмета, Вам придется

подвести его к шару на расстояние до одного дюйма, пока не проскочит искра.

Если Вы станете подводить острие к шару в темноте, то увидите, иногда при расстоянии между ними в один фут или даже больше, как острие начинает светиться подобно светлячку. Чем менее заострен предмет, тем ближе потребуете подвести его, чтобы увидеть свет, и как только свечение становится заметным, Вы сможете извлечь электрический огонь и уничтожить отталкивание.

Чтобы убедиться в том, что острия способны не только извлекать, но и испускать электрический огонь, положите длинную острую иглу на шар, и тогда Вы не сумеете наэлектризовать его настолько, чтобы он оттолкнул пробковую горошину, ... либо прикрепите иглу к концу подвешенного ружейного ствола с таким расчетом, чтобы она выдавалась вперед наподобие крохотного штыка. До тех пор, пока игла остается на своем месте, наэлектризовать ружейный ствол не удастся, потому что электрический огонь будет непрерывно и тихо стекать с конца иглы. В темноте Вы сможете наблюдать картину наподобие уже упоминавшейся выше».

Хотя и до Франклина высказывалось мнение, что молния и разряд, получаемый в опытах по электричеству, есть по сути одно и то же явление, пусть и разных масштабов, опытных доказательств справедливости этой гипотезы не было. Как отмечалось П.Л.Капицей на торжественном заседании по случаю 250-летия со дня рождения Бенджамина Франклина, именно ясность и глубокое понимание изучавшихся им процессов электризации позволили американскому ученому предложить и провести опыт, который впервые наглядно показал электрическую природу грозовых разрядов.

Идея этого опыта заключалась в следующем. Предположим, что между грозовой тучей и землей находится изолированный от земли вертикальный металлический стержень. Если грозовая туча имеет электрический заряд, то заряд противоположного знака наведется в верхней части стержня. Если на этом верхнем конце сделать острие, то наведенный заряд стечет, и стержень зарядится электричеством того же знака, что и туча. Франклин считал, что присутствие этого заряда можно будет обнаружить по искре, которая возникнет, если прикоснуться к стержню свободным концом заземленной проволоки. Он подробно описал, как следует выполнять этот эксперимент, и предложил это сделать

другим, а сам решил выполнить не менее элегантный аналогичный опыт.

Вместо металлического стержня Франклин использовал бечевку, поднимая ее вверх воздушным змеем. Поскольку во время грозы всегда бывает ветер, змей можно запустить, а так как еще и идет дождь, то мокрая бечевка станет проводящей и заменит металлический стержень. Чтобы бечевка легче заряжалась, была предусмотрена возможность стекания наведенного заряда, для чего по углам рамки змея Франклин поместил острия. Для того чтобы изолировать бечевку от земли, внизу к ней была привязана защищенная от дождя шелковая лента. К концу бечевки у земли был подвешен металлический ключ, из которого Франклин во время грозы и извлекал искру.

Таким способом 12 апреля 1753 года Франклин доказал электрическую природу грозового разряда.

Следует отметить, что несколько ранее, 10 мая 1752 года, точно по описанию Франклина французский ученый Далибар изготовил изолированный металлический стержень и от него получил во время грозы электрические искры.

Опираясь на полученные им и другими исследователями данные, Франклин предложил метод борьбы с разрушениями и пожарами, причиняемыми молнией. Когда молния ударяет в здание, корабль или любой другой возвышающийся объект, прохождение тока по плохо проводящей среде сопровождается большим выделением тепла. Если дать возможность электрическому току пройти по хорошо проводящей среде, например по металлу, разрушений и пожаров не будет.

В наши дни небольшой заземленный металлический стержень – громоотвод – венчает почти каждое сооружение и является стандартным элементом его конструкции.

Изучение атмосферного электричества со времен Франклина выделилось в самостоятельный раздел геофизики.

В зонах «хорошей» погоды у поверхности Земли существует стационарное электрическое поле напряженностью около 130 В/м. Земля при этом имеет отрицательный заряд порядка $3 \cdot 10^5$ Кл, а атмосфера в целом заряжена положительно. Наибольших значений напряженности электрического поля Земли достигает в средних широтах, а к полюсам и экватору убывает. Разность потенциалов между Землей и ионосферой достигает 250 кВ. Электрическое состояние атмосферы в значительной степени определяется ее электропроводностью, которая, в свою очередь, зависит от разнообразных факторов, управляющих количеством ионизированных ионов в воздухе. Среди этих

факторов – космические лучи, пронизывающие всю толщу атмосферы, ультрафиолетовое и корпускулярное излучение Солнца, излучение радиоактивных веществ, находящихся в земле и воздухе, и т.п.

В зонах «плохой» погоды пылевые бури и извержения вулканов, метели и разбрызгивание воды прибоем и водопадами, пар и дым промышленных предприятий довольно активно стимулируют проявления атмосферного электричества. Однако главную роль играют облака и осадки. В слоистых и слоисто-кучевых облаках плотность объемных зарядов на порядок превышает их плотность в чистой атмосфере. В слоисто-дождевых облаках плотность электрического заряда выше еще в несколько раз. Линейные молнии, генерируемые облаками, являются разновидностью искрового разряда, возникающего в отсутствие электродов в массе заряженных и хорошо изолированных друг от друга частиц. При средней длине молниевых разрядов в несколько километров наблюдаются внутриоблачные молнии длиной до 100 км. Токи наземных молний при средних значениях пиковых величин порядка 20 кА иногда достигают 500 кА.

Когда у поверхности Земли под действием тех или иных факторов напряженность электрического поля оказывается равной 500–1000 В/м, вблизи острых предметов начинается электрический разряд, сопровождаемый характерным шумом. При дальнейшем усилении напряженности электрического поля разряд становится видимым, иногда приобретая коронную форму. Эти свечения – так называемые огни Святого Эльма – особенно сильны бывают в горах и на море, предоставляя широкое поле фантазиям бывалых путешественников.

Возвращаясь к основоположнику учения об атмосферном электричестве, отметим, что Бенджамин Франклин занимался и другими аспектами натуральной философии. Так, он создал карту течения Гольфстрима, изобрел музыкальный инструмент с трущимися стеклянными шарами, экономичную печку с подогревом воздуха на входе (до сих пор распространенную в Америке и во Франции), уличные фонари, двойные очки для старческой дальновзоркости и многое другое. Открытия Франклина в области атмосферного электричества произвели ошеломляющее впечатление на современников. Лондонское Королевское общество присудило ему в 1753 году свою высшую награду – медаль Копли, а три года спустя избрало его своим членом. К этому времени, однако, Бенджамин Франклин был уже настолько вовлечен в общественно-политическую жизнь страны, что научные изыскания ему пришлось оставить.

Вниманию наших читателей!

Если вы интересуетесь математикой и физикой, любите решать задачи, хотите углубить ваши знания или расширить их, то вашим другом и помощником может стать журнал «КВАНТ».

Наш журнал распространяется только по подписке.

Раз в два месяца выходит очередной номер журнала и приложение к нему.

Подписаться на «КВАНТ» можно с любого номера в любом почтовом отделении связи. Подписной индекс (в каталоге «Роспечать») 70465.