

Владислав ОРЛОВ
 Дворец творчества детей и молодежи
 «Неоткрытые острова». Студия «Интеллект», г. Москва
 Руководитель: Н.Ю. Анашина, методист, педагог
 ДО ДТДМ «Неоткрытые острова»



ПОЧЕМУ МОЛНИЯ СВЕРКАЕТ МИГ ОДИН, А РАСКАТЫ ГРОМА СЛЫШАТСЯ ГОРАЗДО ДОЛЬШЕ?

ВВЕДЕНИЕ

Проблемная ситуация

Нам интересно изучать природу вокруг нас и все что с ней связано. На один из праздников наш папа нам подарил набор «Юный физик». Мы проводили опыты, и папа нам рассказывал много интересного. Один из наших опытов был связан с электричеством, и папа нам привел пример молнии, как природного электричества. Нас очень заинтересовало это, так как иногда летом в Крыму, мы наблюдали это явление. Приходилось сидеть дома и со страхом и восторгом наблюдать могущество природы!!!

Проблемная ситуация и формулирование проблемного вопроса

Наверное, люди раньше очень боялись грозы, потому что для них это было совершенно непонятное явление. Мы живем в окружении электрических приборов, хотя, честно говоря, не особо понимаем, что такое электричество. В студии «Интеллект» нам объяснили, что природа электричества заложена в самом веществе, что в каждом атоме есть положительно и отрицательно заряженные частицы. И что электрический ток — это движение заряженных частиц. Ну хорошо, по проводам движутся заряженные частицы, но мы не слышим никакого грома или хотя бы шуршания. Если молния — это большой поток таких частиц, почему возникает гром?

Захотелось глубже разобраться в том, что же такое молния и что такое гром? В первую очередь, как всегда, мы обратились к спра-

вочнику. И вот что узнали: **молния** — мгновенный разряд скопившегося атмосферного электричества в воздухе, а **гром** — грохот, сопровождающий молнию во время грозы.

Это не совсем понятное объяснение: почему же мы видим сначала молнию, и только потом слышим раскаты грома?

И как часто это бывает, если у нас появлялся один вопрос, то он тут же обрастал множеством других вопросов. И самые основные — проблемные вопросы.

Какие физические явления порождают звук при разряде молнии?

Какие физические свойства воздуха при вспышке молнии растягивают треск от разряда молнии во времени?

В результате мы решили создать проект **цель** которого:

1. Разобраться в процессах, приводящих к образованию электрического заряда в тучах.
2. Понять причину разряда, образования молнии и грома, а так же объяснить разницу во времени между сверканием молнии и продолжительностью раскатов грома.

Выдвижение гипотезы и формулирование задач проекта

Гипотеза. Возможно, на продолжительность раскатов грома влияют разные факторы, а именно, свойства звука и условия, при которых происходит разряд молнии?

Зная, что молния и гром происходят одновременно, а до нас приходят с интервалом во времени, можно предположить: так как молния и гром проходят одно и то же расстояние, но за разное время, следовательно, у них разная скорость движения.

Попробуем выяснить кое что в справочниках, попытаемся кое в чем разобраться самим. Для этого наметим выполнить такие **задачи**:

- выяснить, что такое молния, ознакомиться с характеристиками молнии;
- разобраться, что такое гром, ознакомиться с характеристиками звука;
- провести опыты, связанные с получением электрического разряда в воздухе, наблюдать, какие эффекты возникают при этом;
- подумать, в каких условиях происходит разряд молнии в атмосфере;
- попытаться разобраться, почему возникает звук при электростатическом разряде, проделать опыты с разрядами электростатического электричества;
- подумать, какие процессы протекают при разряде очень большого заряда электричества в атмосфере;
- провести расчеты по скорости прохождения звука от разных участков молнии;
- сделать выводы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Что такое молния? Характеристики молнии

Обратимся немного к истории:

Молния и гром первоначально воспринимались людьми как выражение воли богов и, в частности, как проявление божьего гнева. Человек с давних времен пытался постичь природу молний и грома, понять их естественные причины. В древние века над этим размышлял Аристотель. Над природой молний задумывался Лукреций.

Многие столетия, включая и средние века, считалось, что молния — это огненный пар, зажатый в водяных парах туч. Расширяясь, он прорывает их в наиболее слабом месте и быстро устремляется вниз, к поверхности земли.

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.

Изучать то, что произойдет непонятно где и когда, очень сложно. А именно так в течение долгих лет работали ученые, исследующие природу молний. Однако ученые очень давно пытались создать проводящий канал между грозовой тучей и землей. Опыты Б. Франклина были чрезвычайно опасными, и один из тех, кто их пытался повторить, — российский академик Г.В. Рихман — в 1753 году погиб от удара молнии.



Рис. 1. В 1990-х годах исследователи научились вызывать молнии, не подвергая опасности свою жизнь. Один из способов вызвать молнию — запустить с земли небольшую ракету прямо в грозовую тучу. Вдоль всей траектории ракета ионизирует воздух и создает, таким образом, проводящий канал между тучей и землей. И если отрицательный заряд низа тучи достаточно велик, то вдоль созданного канала происходит разряд молнии, все параметры которого регистрируют приборы, расположенные рядом со стартовой площадкой ракеты. Чтобы создать еще лучшие условия для разряда молнии, к ракете присоединяют металлический провод, соединяющий ее с землей.

Одновременно с Франклином исследованием электрической природы молнии занимались М.В. Ломоносов и Г.В. Рихман. Благодаря их исследованиям в середине XVIII века была доказана электрическая природа молнии. С этого времени стало ясно, что молния представляет собой мощный электрический разряд, возникающий при достаточно сильной электризации туч.

Электризация тел

Разберем для начала, что такое электризация тел. Проводя опыт с расчесыванием пластмассовой расческой, мы можем услышать легкое потрескивание, а если этот опыт проделать в темноте перед зеркалом, то можно

увидеть, как между волосами и расческой проскакивают небольшие искорки. Это интересное явление люди заметили давно. Впервые его описал древнегреческий философ Фалес Милетский, живший в VI веке до новой эры. Древние ткачи заметили удивительную особенность янтаря — янтарное веретено для пряжи, если потереть о шерсть, притягивает пушинки и мелкие предметы. Древние считали, что это действует особый «дух». «Янтарь» — по-гречески «электрон». От этого слова и произошло название «электричество». Позднее выяснилось, что таким свойством обладает не только янтарь, но и стекло, сера, смола, пробка, шелк и многие другие вещества.

Но что же вызывает электризацию облаков? Ведь они не трутся друг о друга, как это происходит при образовании заряда на волосах и на расческе.

Эти льдинки находятся в постоянном движении, вызванном восходящими потоками теплого воздуха от нагретой поверхности земли. Мелкие льдинки легче, чем крупные, увлекаются восходящими потоками воздуха. Поэтому «шустрые» мелкие льдинки, двигаясь в верхнюю часть облака, все время сталкиваются с крупными. При каждом таком столкновении происходит электризация, при которой крупные льдинки заряжаются отрицательно, а мелкие — положительно. Со временем положительно заряженные мелкие льдинки оказываются в верхней части облака, а отрицательно заряженные крупные — внизу. Другими словами, верхушка грозы заряжена положительно, а низ — отрицательно (рис. 2).



Рис. 2. Нам с земли не видно, но внутри грозовых туч все кипит и бурлит. Грозовое облако — это огромное количество пара, часть которого конденсировалось в виде мельчайших капелек или льдинок. Верх грозового облака может находиться на высоте 6–7 км, а низ нависать над землей на высоте 0,5–1 км. Выше 3–4 км облака состоят из льдинок разного размера, так как температура там всегда ниже нуля

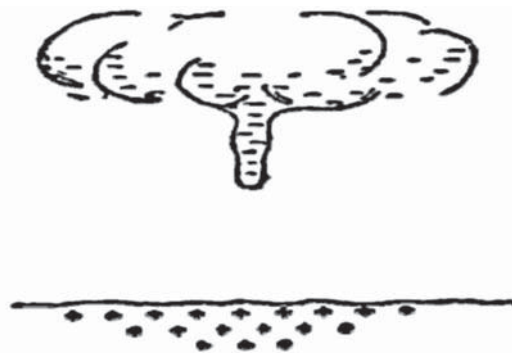


Рис. 3. Сначала из тучи по направлению к земле начинают течь электроны в небольшом количестве, в узком канале, образуя в воздухе нечто подобное ручейку. На рисунке показано это начало образования молнии. В той части тучи, где начинается образование канала, скопились электроны, обладающие большой скоростью движения, благодаря которой они, сталкиваясь с атомами воздуха, разбивают их на ядра и электроны

Все готово для разряда молнии, при котором происходит пробой воздуха и отрицательный заряд с нижней части грозовой тучи перетекает на землю.

Освобождающиеся при этом электроны устремляются также по направлению к земле и, снова сталкиваясь с атомами воздуха, расщепляют их. Это похоже на падение снега в горах, когда сначала небольшой ком, катясь вниз, обрастает прилипающими к нему снежинками, и, все, ускоряя свой бег, превращается в грозную лавину. И здесь электронная лавина захватывает все новые объемы воздуха, расщепляя его атомы на части. При этом воздух разогревается, а при повышении температуры его проводимость усиливается; он из изолятора превращается в проводник. Через полученный проводящий канал воздуха из тучи начинает стекать электричество все в большем количестве. Электричество приближается к земле с огромной скоростью, достигая 100 километров в секунду. Для сравнения напомним, что скорость полета снаряда из современных орудий не превышает двух километров в секунду.

Через сотые доли секунды электронная лавина достигает земли. Этим заканчивается только первая, так сказать, «подготовительная» часть молнии: молния пробила себе дорогу к земле. Вторая, главная часть развития молнии еще впереди.

Рассмотренную часть образования молнии называют лидером. Это иностранное слово означает по-русски «ведущий». Лидер про-

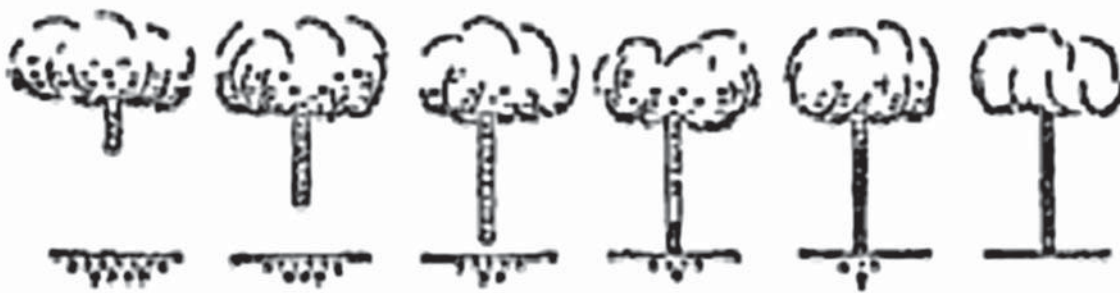


Рис. 4

ложил дорожку второй, более мощной части молнии, которую называют главной.

Как только канал дошел до земли, электричество начинает протекать через него гораздо более бурно и быстро. Теперь происходит соединение отрицательного электричества, скопившегося в канале, и положительного электричества, которое попало в землю с каплями дождя и путем электрического влияния — происходит разряд электричества между тучей и землей. Такой разряд представляет собою электрический ток огромной силы — эта сила гораздо больше, чем сила тока в обычной электрической сети. Ток, протекающий в канале, очень быстро нарастает, а достигнув наибольшей силы, начинает постепенно спадать. Канал молнии, через который протекает такой сильный ток, очень разогревается и поэтому ярко светится. Но время протекания тока в грозном разряде очень мало.

На рис. 4 показано постепенное продвижение лидера молнии по направлению к земле (первые три рисунка слева). На трех последних рисунках видны отдельные моменты образования второй (главной) части молнии.

Человек, смотрящий на молнию, конечно, не сможет различить ее лидера от главной части, так как они следуют друг за другом чрезвычайно быстро, по одному и тому же пути.

После соединения двух электричеств разного рода ток обрывается. Однако, молния обычно на этом не заканчивается. Часто по пути, проложенному первым разрядом, сразу же устремляется новый лидер, а за ним, по тому же пути, идет снова главная часть разряда. Так завершается второй разряд.

Таких отдельных разрядов, состоящих каждый из своего лидера и главной части, может образовываться до 50 штук. Чаше же всего их бывает 2–3 штуки. Появление отдельных разрядов делает молнию прерывистой, и часто человек, смотрящий на молнию, видит ее мерцание.

Средняя длина молнии 2,5 км, некоторые разряды простираются в атмосфере на рассто-

яние до 20 км. Воздух в канале молнии разогревается до 30 тысяч градусов — это в пять раз больше, чем температура поверхности Солнца.

Молнии могут возникать как между отдельными кучевыми облаками, так и между дождевыми облаками и землей. Молния — это своего рода гигантская электрическая дуга, обладающая невероятной силой. С учетом того, что такая фантастическая мощность высвобождается в течении нескольких миллисекунд, разряд молнии вполне можно назвать своего рода электрическим взрывом невероятной силы.

Понятно, что воздух вместе с каплями воды при такой температуре канала молнии мгновенно разогревается и расширяется, что неизбежно вызывает появление ударной волны, которая затем вырождается в звуковую, и затухает по мере распространения в воздушной среде. Таким образом становится очевидным, что такое гром.

Что такое гром? Звуковая волна

Для начала разберем, что такое звуковая волна?

В словаре говорится, что **звук — это продольная волна, которая распространяется в атмосфере.**

Вообще, **волна** — это распространение, или передача движения от одной частицы вещества к другой, что видно из рис. 5.

Проведем еще один опыт. Возьмем несколько теннисных шариков и разместим их таким образом, что бы при попадании в один из них другим теннисным шариком они начинали как бы «бить» друг друга поочередно. Скорость, которая была у первого шарика, будет уменьшаться с каждым шариком. И в итоге, теннисные шарики остановятся.

Такое явление, когда шарики по очереди друг друга толкают, очень похоже на то, как частицы воздуха (молекулы, атомы, ионы) толкают друг друга при распространении зву-

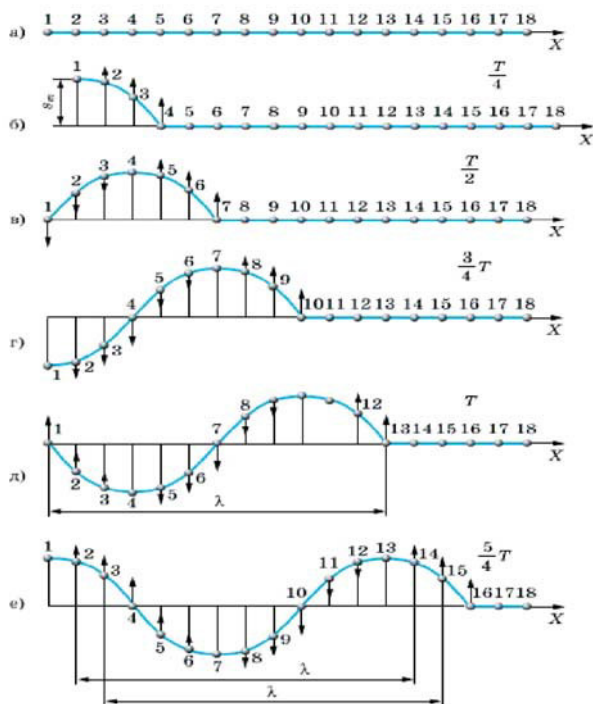


Рис. 5. Что такое волна

ковой волны. А тот процесс, когда со временем волна сходит на нет, называется **затуханием волны**.

Так же точно передается движение виткам длинной спиральной пружины, когда мы

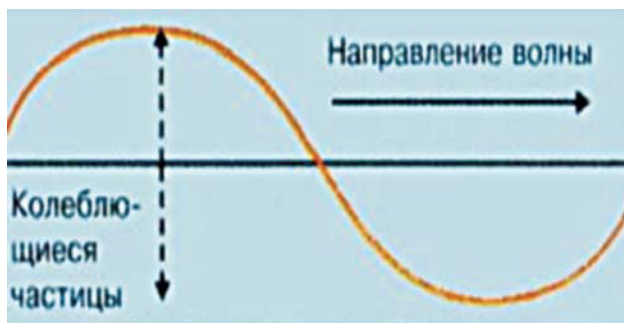
ее толкаем рукой. Сгущения витков докатывается до конца пружины, отталкиваются и возвращаются назад. Правда, уже медленнее, затухая. Отраженная волка — это и есть эхо. На занятиях мы все проделывали этот моделирующий опыт с пружиной (рис. 6).

Мы знаем, что воздух состоит из молекул, таких «маленьких шариков»... И если мы, например, дернем струну у гитары, струна начнет колебаться и толкать молекулы воздуха вокруг нее. А они будут толкать соседние молекулы, а те — следующие.

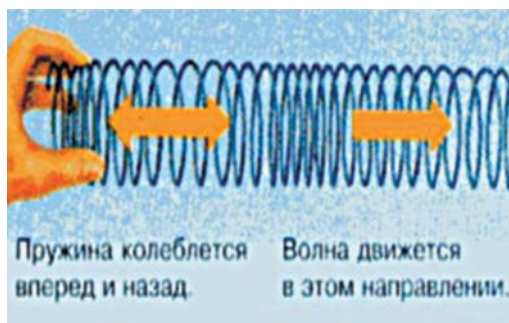
...И так звуковая волна от струны будет распространяться. И чем ближе мы расположены к источнику звука, тем громче мы слышим. Потому что дальше волна затухает



Рис. 6



Поперечная волна



Продольная волна

Рис. 7. На графике изображение поперечной волны, справа — моделирование продольной волны с помощью пружины

ет! Скорость молекул становится меньше, а значит, и ударяют по барабанной перепонке они слабее. А если вообще далеко от струны? Звук не будет слышно, потому, что волна затухнет...

Давайте разберемся, какие волны встречаются в природе и в быту. Волны бывают разные, их разделяют на поперечные и продольные.

Поперечная волна вызывается на воде. И вдоль шнура. Представим, что будет происходить с резиновым шнуром, закрепленным к стене, если конец этого шнура поднимать и опускать, чередуя действия вверх-вниз. По шнуру распространится волна, и распространение колебаний будет идти в эту сторону, а колебательный процесс будет идти поперек этого направления. Такую **волну называют поперечной**.

Проведем опыт. Возьмем в руки веревку. Один из нас ее крепко держит, а второй будет вызывать в ней колебания (поднимать вверх и вниз руку). Значит, такая волна называется поперечная (рис. 6).

Следующий опыт с пружиной. Если мы возьмем пружину большую, закрепим ее около стены и вызовем колебания простым толчком с одной стороны этой пружинки, то произойдет интересная вещь.

В каких-то моментах появится сжатие пружины, а в некоторых будет растяжение. Все опять обусловлено тем, что молекулы связаны между собой и импульс от одной молекулы передается к другой. При этом колебание частиц пружины будет происходить в том же направлении, в котором и происходит распространение волны. Распространение волны идет слева направо, а направление колебания этой точки будет происходить тоже слева на-

право, вдоль распространения волны. Такую **волну называют продольной**.

Если поперечные волны мы можем увидеть на воде и вдоль резинового шнура, то продольные волны мы знаем хорошо и активно ими пользуемся. Например, звуковые волны, они — продольные.

Аналогично происходит и с громом.

Почему возникает звук при электростатическом разряде?

Гром — звуковое явление в атмосфере, сопровождающее разряд молнии.

Гром представляет собой колебания воздуха под влиянием очень быстрого повышения давления на пути молнии, вследствие нагревания приблизительно до 30 000 °С.

Попробуем опытным путем дома, получить аналогию грома. Проведем опыт.

Возьмем сковородку и нальем туда подсолнечное масло. Как следует нагреем ее и **ОСТОРОЖНО** добавим несколько капель воды. Что же произойдет?

А вот что... Вода начнет «бегать» по сковородке и издавать шипящие звуки. Аналогично и с громом, только надо учесть, что температура раскаленной сковородки и температура канала, по которому проходит разряд, отличается в тысячи раз!!!!

Вернемся к причинам грома: мы видели, что ток в канале молнии образуется в течение очень короткого промежутка времени. При этом в канале воздух очень быстро и сильно нагревается, а от нагревания он расширяется. Расширение протекает так быстро, что оно напоминает взрыв. Этот взрыв дает сотрясение воздуха, которое сопровождается сильными звуками. После внезапного прекращения тока

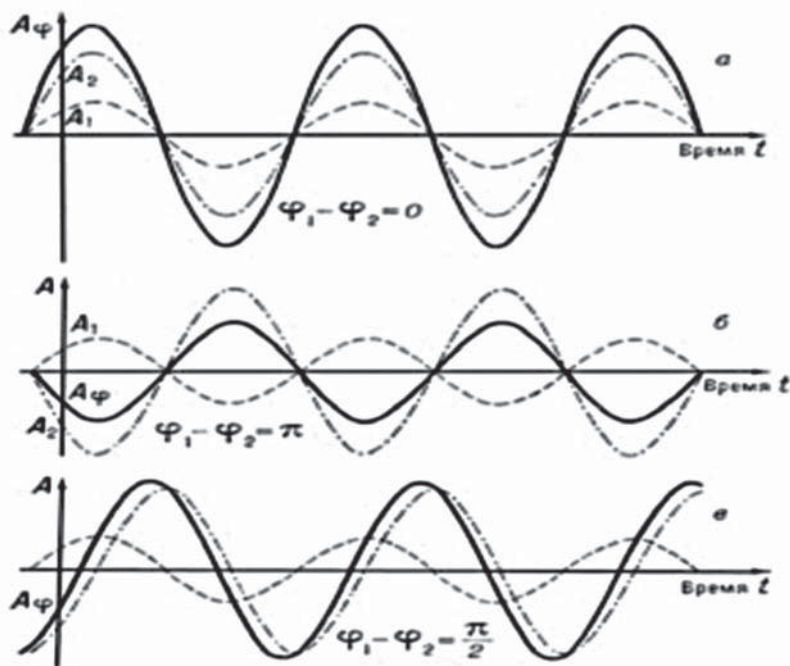


Рис. 8. Сложение двух волн одинаковой частоты в фазе, противофазе, при смещении фаз на 90° . (Волны обозначены пунктиром, результирующая волна — сплошная линия)

температура в канале молнии быстро падает, так как тепло уходит в атмосферу.

Канал быстро охлаждается, и воздух в нем тоже, поэтому он резко сжимается. Это также вызывает сотрясение воздуха, которое снова образует звук. Понятно, что многократные разряды молнии могут вызвать продолжительный грохот и шум. В свою очередь, звук отражается от туч, земли, домов и других предметов и, создавая многократные эхо, удлинит громы. Поэтому и происходят раскаты грома.

Продолжительность звука грома также зависит от длины молнии. Если она длиной 15–20 км, то от дальних участков молнии звук докатится далеко не сразу и не такой громкий.

Но иногда в затухающем ворчании грома вдруг как гроыхнет! Откуда у грома силы взялись, ведь молния больше не сверкала? Это может объяснить свойство звуковых волн складываться. Пришла запоздавшая волна и совпала она с волной затухающе. Горб встретился с горбом, сложился... гроыхнул с неожиданной силой. Говорят, что волны встретились «в фазе» Как это бывает, демонстрирует схема на рис. 8.

Небольшие расчеты

Как всякий звук, гром распространяется в воздухе со сравнительно небольшой скоростью — приблизительно 330 метров в секунду. Если наблюдатель видит сначала молнию и

только через некоторое время слышит гром, то он может определить расстояние, которое отделяет его от молнии. Пусть, например, между молнией и громом прошло 5 секунд. Так как за каждую секунду звук пробегает 330 метров, то за пять секунд гром прошел расстояние в пять раз большее, а именно 1650 метров. Значит, молния ударила примерно в двух километрах от наблюдателя.

В тихую погоду гром доносится через 70–90 секунд, проходя 25–30 километров. Грозы, которые проходят от наблюдателя на расстоянии меньше, чем три километра, считаются близкими, а грозы, проходящие на большем расстоянии — дальними.

Выводы

1. Молния — это поток заряженных частиц в ионизированном воздухе. Молния сверкает короткое время (доли миллисекунды), потому что скорость движения заряженных частиц в воздухе — до 150 километров в секунду. И вообще **у молнии такие характеристики:**

- длина линейной молнии составляет несколько километров, но может достигать 20 километров и более;
- основной канал молнии имеет несколько ответвлений длиной 2–3 километра;
- диаметр канала молнии составляет от 10 до 45 сантиметров;
- длительность существования молнии составляет десятые доли секунды;

- средняя скорость движения молнии 150 километров в секунду;

- Температура заряженных частиц — плазмы — в молнии превышает 10 000 °С.

2. Звук — это продольная волна в атмосфере. Скорость его распространения в воздухе при нормальном давлении 330–340 метров в секунду.

3. Температура заряженных частиц в молнии превышает 10 000 °С. Поэтому воздух вокруг канала молнии почти мгновенно расширяется, возникает ударная волна, которая то разбегается, то сжимается.

4. Кроме того, мгновенно испаряется вода в воздухе, что также сопровождается треском.

5. На продолжительность раскатов молнии влияет длина молнии, которая может достигать до 20 километров. От дальних участков молнии гром доходит позже.

6. Звуковые волны отражаются и складываются. Основные волны могут складываться с отраженными, или пришедшими от дальних участков, тогда может возникнуть дополнительный удар грома, хотя молнии не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы узнали, что такое молния, какие у нее свойства, что такое звук и характеристики звука.

Поняли, почему возникает гром при разряде молнии, почему могут возникнуть дополнительные удары грома, хотя молния не сверкала.

Разобрались, почему раскаты грома длятся гораздо дольше молнии.

Попробовали добыть нужную информацию в интернете.

Проделали некоторые моделирующие опыты, а мама нас фотографировала.

Наконец, мы поняли, как строится проект: что такое проблемы, проблемная ситуация, что такое цель и задачи проекта.

ЛИТЕРАТУРА

Веккионе Г. Занимательные опыты. 100 интересных экспериментов. М.: АСТ Астрель, 2001.

Гальперштейн Л. Забавная физика. М.: Детская лит-ра, 1994.

Гонтарук Т. Энциклопедия я познаю мир. Космос. М.: АСТ Астрель, 2005.

Дженис Ван Клив. 201 потрясающий магический эксперимент. Лучшая книга для умных и любознательных. М.: Астрель, 2009.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Параметры молнии

Длина линейной молнии составляет несколько километров, но может достигать 20 километров и более.

Основной канал молнии имеет несколько ответвлений длиной 2–3 километра.

Диаметр канала молнии составляет от 10 до 45 сантиметров.

Длительность существования молнии составляет десятые доли секунды.

Средняя скорость движения молнии 150 километров в секунду.

Температура заряженных частиц — плазмы — в молнии превышает 10 000 °С.

Сила тока внутри канала молнии доходит до 200 000 А.

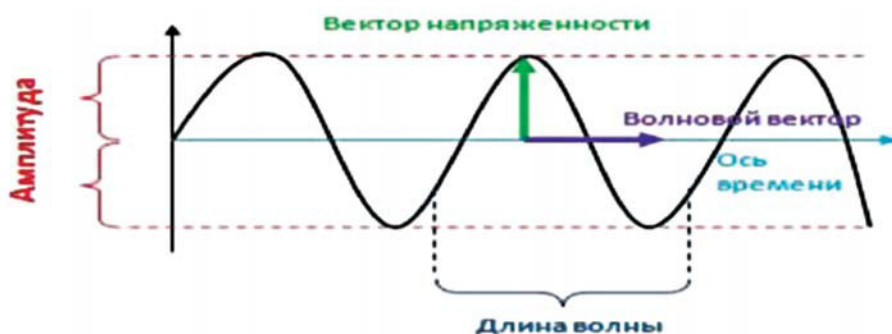
Напряженность электрического поля внутри грозового облака составляет от 100 до 300 вольт на сантиметр, но перед разрядом молнии в отдельных небольших объемах она может доходить до 1600 вольт на сантиметр.

Средний заряд грозового облака составляет 30–50 кулонов.

В каждом разряде молнии переносится от 1 до 10 кулонов электричества.

Приложение 2

Характеристики волны



Параметры волны