

Рис.2

ных частиц, поэтому такие кванты света могут быть поглощены в газе там, где не было затравочных электронов. В результате на новом месте в газе возникает так называемая вторичная лавина.

В процессе расширения и вытягивания и первичные, и вторичные лавины объединяются, перекрываются, образуя хорошо проводящие каналы. Каналы возникают и через некоторое время пропадают. Напряженность поля вблизи концов таких каналов может в несколько раз превышать среднюю напряженность поля в газе до пробоя, поэтому каналы очень быстро (скорость достигает 10^6 м/с) увеличиваются в длине и соединяются с другими каналами, если они встречаются на пути. Этот процесс быстрого продвижения канала в газе от облака к земле называется стримером.

На стадии стримера самостоятельный разряд в газе похож на коронный разряд, т.е. он поддерживается за счет высокой напряженности электрического поля. Конечно, не всем стримерам доводится прорваться от облака до земли, большинство из них не доживает и рвется на части. Если за короткое время жизни нескольких каналов разветвленная и извилистая система этих объединившихся каналов в конце концов на каком-то из путей соединяет общим каналом облако с поверхностью земли, то стадия развития стримера заканчивается, и начинается стадия собственно молнии (рис.2). Ее-то мы и видим, и слышим.

Электрическая проводимость земли гораздо выше, чем проводимость воздуха, поэтому после достижения стримером поверхности земли ток по образовавшемуся проводящему каналу «облако – земля» резко увеличивается (возникает искровой разряд – молния), и при этом место главного механизма образования заряженных частиц занимает термодуцированная ионизация частиц.

«Дерево» соединившихся каналов обеспечивает возможность разряда только для некоторой части зарядов, накопившихся в облаке и, соответственно, на земле. Обычно «дерево» молнии обращено «стволом» вниз и многочисленными «ветвями» к небу. Пробой воздуха в молнии аналогичен пробой одного из конденсаторов в цепочке, изображенной на рисунке 3. Пробитый конденсатор разряжается практически полностью, а все остальные разряжаются лишь немного. Время разряда конденсатора определяется его емкостью и внутренним сопротивлением канала в конденсаторе.

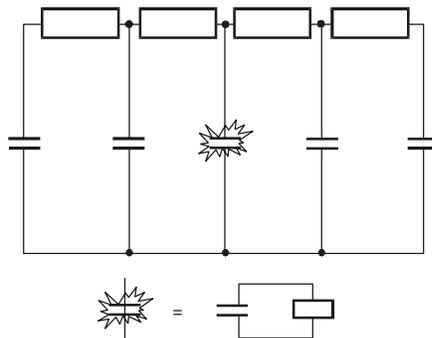


Рис.3

Вначале (сразу после пробоя), хотя напряженность электрического поля в канале уменьшается, ток в молнии быстро нарастает – это связано с увеличением числа носителей заряда вследствие нагрева газа и уменьшения сопротивления канала. По мере разрядки конденсатора мощность, подводимая к каналу молнии, уменьшается. После достижения максимума температура газа в канале молнии за счет излучения падает, заряженных частиц становится меньше, и разряд прекращается.

Основная доля потерь энергии приходится на излучение и нагрев газа в проводящем канале. В звук (в тот самый гром) переходит всего 2–3% энергии, в нагрев частиц в канале – раз в десять больше, т.е. 20–30%,

а все остальное – это излучение. (Звук производится в основном на стадии расширения в воздухе нагревающегося проводящего канала.)

Тепло, которое выделилось в канале молнии, рассеивается в окружающем воздухе значительно медленнее, чем происходят процессы пробоя газа, поэтому существующий некоторое время горячий канал облегчает повторные разряды вдоль того же пути. Часто бывает так, что молния бьет вдоль одного и того же канала несколько раз.

Основные выводы, которые можно сделать, таковы. Однородное в воздушном пространстве электрическое поле при достаточно большой напряженности становится неустойчивым. Возникающий пробой воздуха происходит так, что одной затравочной заряженной частицы (электрона) достаточно, чтобы образовалась обширная проводящая область газа – лавина. Излучение при рекомбинации заряженных частиц в первичных лавинах вызывает ионизацию молекул газа там, где затравочных частиц не было. Появившиеся здесь заряженные частицы становятся основателями вторичных лавин. Лавины вытягиваются вдоль электрического поля, перекрываются и образуют длинный проводящий канал, по которому проходит разряд молнии.

А в заключение – несколько задач для самостоятельного решения.

- Оцените величину напряженности электрического поля, при которой возможна ионизация молекул вследствие электронных ударов.
- Оцените энергию звуковых волн, которые были произведены молнией с длиной канала 10 км и средним диаметром канала 10 см.
- Объясните, почему в средних широтах грозы начинаются поздней весной (в мае) и заканчиваются осенью.

Информацию о журнале «Квант» и некоторые материалы из журнала можно найти в ИНТЕРНЕТЕ по адресам:

Курьер образования

<http://www.courier.com.ru>

Vivos Voco!

<http://www.vivovoco.nns.ru>

(раздел «Из номера»)