

Плазма

Часть 2

Земная природная плазма

Учитель физики Яковлева Татьяна Юрьевна

Школа № 377

Санкт - Петербург

Четвёртое состояние вещества было открыто Уильямом Круксом в 1879 г. и названо «плазмой» Ирвингом Ленгмюром в 1928 г. Важнейшая особенность плазмы - квазинейтральность.

Земная природная плазма

- Молния
- Огни святого Эльма
- Ионосфера
- Северное сияние
- Языки пламени

(низкотемпературная плазма)

Типичные параметры плазмы молнии

Заряд $Q \sim 5$ Кл

Длина $L \sim 2$ км (до 190 км)

Диаметр $d \sim 1$ см

Сила тока $I \sim 40$ кА (до 120 кА)

Энергия $W \sim 500$ МДж

Напряженность электрического поля $E \sim 300$ В/м

Температура $T \sim 2 \cdot 10^4$ К

Концентрация частиц (плотность плазмы) $n \sim 2,5 \cdot 10^{19}$ см⁻³

(число электронов или ионов в единице объёма)

Состав тот же, что и у воздуха.





**Одновременно на Земле
действует около
полутора тысяч гроз.**

**Ежегодно на земном шаре
бывает более
16 миллионов гроз.**

**Ежесекундно в
атмосфере происходит
около
100 грозовых разрядов.**



Среднегодовое число дней с грозой в разных городах РФ:

Петропавловск-
Камчатский — 1,

Мурманск — 4,

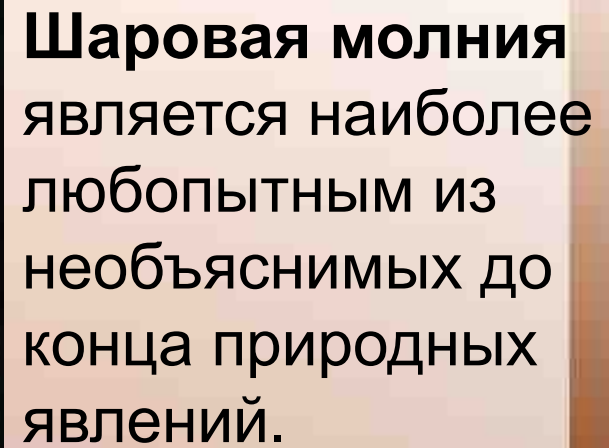
Санкт-Петербург — 16,

Москва — 24,

Екатеринбург — 28,

Сочи — 50.





Наука пока не может объяснить, почему возникает шаровая молния и что, в точности, она собой представляет.

**Шаровые молнии. Снимок
сделан в 1967 году в Бостоне.**



Большинство очевидцев описывают **шаровые молнии** как шары диаметром от 10 до 30 см, но иногда встречаются шаровые молнии размером до метра. Встречаются шаровые молнии различных цветов – желтые, красные, белые, огненные, голубых и зеленых оттенков, а также разных форм – в форме шара, овала, диска, кольца, но чаще всего – это шар желтого цвета.

В июне 2010 г. в национальном парке Йеллоустоун в США в результате удара шаровой молнии в толпу зрителей, ждущих извержения гейзера, пострадали 9 человек.



Меры предосторожности во время грозы обусловлены тем, что молния бьёт в основном в более высокие предметы. Это происходит потому, что электрический разряд идёт по пути наименьшего сопротивления, то есть по более короткому пути.



Эйфелева башня, Париж. 19.06.2013

Во время грозы ни в коем случае нельзя:

- находиться возле линий электропередачи;
- прятаться от дождя под деревьями (особенно под высокими или одиноко стоящими);
- лучше укрыться в салоне автомобиля, шины которого изолируют нас от поверхности земли, или в здании с громоотводом;



Гроза в Омске 11 июня 2014



Вращение ветряных турбин создает регулярные разряды молний



Удар молнии в дерево

- **не рекомендуется** купаться в водоемах во время грозы, (так как голова пловца выступает из воды, кроме того, вода обладает хорошей электропроводностью), опасно находиться в лодке ;
- находиться в открытом пространстве, в "чистом поле", так как в этом случае человек значительно выступает над поверхностью - надо сесть на корточки, но не лечь;
- забираться на возвышенности, на крыши домов;



Корио бэй, Австралия. Декабрь 2013 г.

http://vk.com/al_feed.php?z=photo-6136139_320167394%2Falbum-6136139_00%2Frev



http://vk.com/pochemu?z=photo-42307767_324808921%2Fwall-42307767_213834

- **не рекомендуется** пользоваться металлическими предметами, стоять рядом с ними;
- находиться возле окон;
- ездить на велосипеде и мотоцикле;
- пользоваться мобильным телефоном - надо его отключить.



Несоблюдение этих правил часто приводит к гибели людей или получению ожогов и тяжелых травм.



Мост «Золотые ворота» в Калифорнии
Сан-Франциско – Окленд-Бей.





Извержение вулкана Сакурадзима в Японии.



Гроза в штате Техас, США

http://vk.com?sel=67442063&z=photo58808856_333833307%2Fwall_41053875_550857



Ночная гроза над Гранд Каньоном.

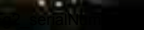
http://vk.com/feed?photo_25030010_000000037%2Falbum_25030010_486670000%2Fwall_41053875_550857



http://vk.com/im?sel=2731510&z=photo-53031916_326096585%2Falbum-53031916_00%2Fwall_41053875_550857



<http://mirfactov.com/category/foto-dnya/page/4/>



Огни святого Эльма

(англ. Saint Elmo's fire,
Saint Elmo's light).



Выглядит это атмосферное явление необычно – как светящиеся кисточки или огоньки на шпилях и остриях высоких зданий. В старину это явление частенько могли наблюдать моряки на концах мачт (первое документальное упоминание такого эффекта появилось в 1886 году). Появление его связывали с проявлением мистических или религиозных сил.

«Виной» всему является коронный разряд, возникающий при большой напряженности электрического поля в атмосфере (около 500 В/м и выше). Поэтому частенько огни святого Эльма наблюдаются во время грозы или при её приближении, и зимой во время метелей.



Огни святого Эльма.



Сегодня на флоте огни святого Эльма встречаются редко из-за конструкции кораблей, отличающихся от судов XIX века.



http://yandex.ru/images/search?img_url=http%3A%2F%2Fufodos.org.ua%2Fpu%2F8%2F02439550.jpg&uinfo=sw-840-sh-525-ww-801-wh-465-pd-2-wp-600
ufodos.org.ua



http://yandex.ru/images/search?img_url=http%3A%2F%2Ffile.mobilmusic.ru%2F34%2F11%2Fca%2F328633.jpg&uinfo=sw-840-sh-525-ww-801-wh-465-pd-2-wp-600

В авиации огни святого Эльма появляются на стеклах, законцовках крыльев и статических разрядниках при пролете неподалеку от грозового фронта или через него. Наблюдают огни святого Эльма также и во время метелей или песчаных бурь, когда движущиеся с большой скоростью частицы электризуют атмосферу.



Огни святого Эльма на ветровом стекле кабины пилотов самолета-заправщика KC-10 Extender
Фото: BBC США



«Огни святого Эльма» на самолёте при извержении вулкана (1982 г.)



В настоящее время разработаны методы, позволяющие получать подобный разряд искусственным путем.

Например, если на электризованную синтетическую одежду направить иголку, то с определенного расстояния на кончике иголки возникает разряд, хорошо видимый в темноте, при этом слышно потрескивающее шипение.

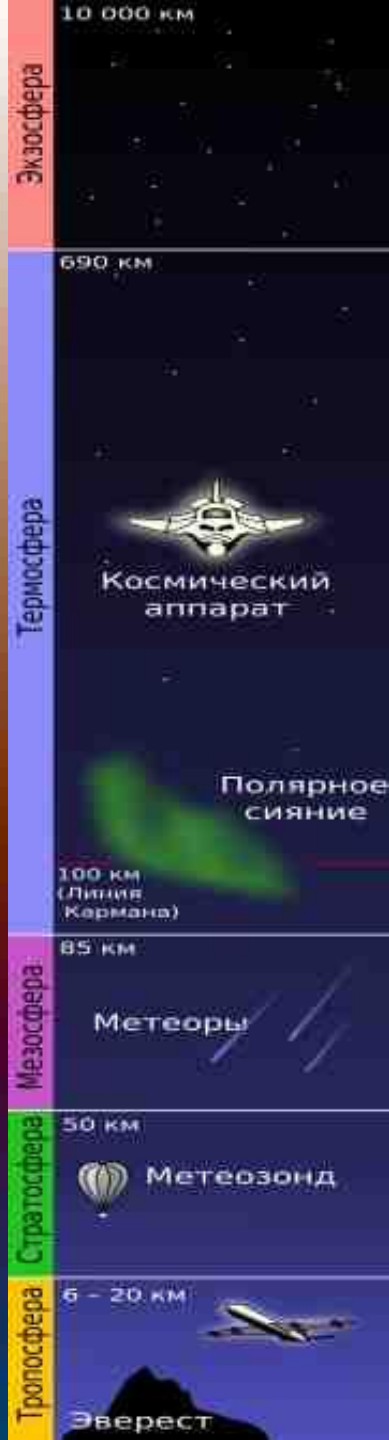
Возможно также вызвать разряд на кончике иголки, приблизив её к экрану цветного телевизора с кинескопом, или же рядом с аппаратом, подобным трансформатору Теслы, на расстоянии большем, чем необходимо для дугового разряда.

Около Земли плазма существует в космосе в виде солнечного ветра, заполняет магнитосферу Земли (образуя радиационные пояса Земли) и ионосферу.

Процессами в околоземной плазме обусловлены магнитные бури и полярные сияния.

Отражение радиоволн от ионосферной плазмы обеспечивает возможность дальней радиосвязи на Земле.

Возможные значения плотности плазмы n (число электронов или ионов в см^3) расположены в очень широком диапазоне: от $n \sim 10^{-6}$ в межгалактическом пространстве и $n \sim 10$ в солнечном ветре до $n \sim 10^{22}$ для твёрдых тел и ещё больших значений в центральных областях звёзд.



Ионосфера

Ионосфе́ра — верхняя часть атмосферы Земли, состоящая из мезосферы, мезопаузы и термосферы, сильно ионизированная вследствие облучения космическими лучами, идущими, в первую очередь, от Солнца.

Ионосфера состоит из смеси газа нейтральных атомов и молекул (в основном азота N_2 и кислорода O_2) и квазинейтральной плазмы (число отрицательно заряженных частиц лишь примерно равно числу положительно заряженных).

Степень ионизации становится существенной уже на высоте 60 километров.

В зависимости от плотности заряженных частиц N в ионосфере выделяются слои D, E и F.

Слой D

В области D (**60—90 км**) концентрация заряженных частиц составляет $n_{\text{max}} \sim 10^2\text{—}10^3 \text{ см}^{-3}$ — это область слабой ионизации. Основной вклад в ионизацию этой области вносит рентгеновское излучение Солнца. Слой D характеризуется резким снижением степени ионизации в ночное время суток.

Слой E

Область E (**90—120 км**) характеризуется плотностями плазмы до $n_{\text{max}} \sim 10^5 \text{ см}^{-3}$.

В этом слое наблюдается рост концентрации электронов в дневное время, поскольку основным источником ионизации является солнечное коротковолновое излучение.

Слой E в силу относительно высокой концентрации свободных носителей тока **играет важную роль в распространении средних и коротких волн.**

Слой F

Областью F называют **всю ионосферу выше 130—140 км**. Максимум ионообразования достигается на высотах 150—200 км. Однако вследствие диффузии и относительно долгой длительности жизни ионов образовавшаяся плазма распространяется вверх и вниз от области максимума. Из-за этого **максимальная концентрация электронов и ионов в области F находится на высотах 250—400 км**.

В дневное время также наблюдается образование «ступеньки» в распределении электронной концентрации, вызванной мощным солнечным ультрафиолетовым излучением. Область этой ступеньки называют областью F1 (150—200 км). Она заметно **влияет на распространение коротких радиоволн**.

Выше лежащую часть слоя F называют слоем F2. Здесь плотность заряженных частиц достигает своего максимума — $N \sim 10^5\text{—}10^6 \text{ см}^{-3}$. На больших высотах преобладают более лёгкие ионы кислорода (до высот 400—1000 км), а ещё выше — ионы водорода (протоны) и в небольших количествах — ионы гелия.

Особенностью слоя F является то, что он **отражает радиоволны в диапазоне частот от нескольких мегагерц до 10 мегагерц, что делает возможным передачу радиосигналов коротковолнового диапазона на значительные расстояния**.

Несмотря на то, что ионный состав слоя F зависит от солнечной активности, его способность отражать электромагнитные волны с частотой, меньшей 10 МГц, стабильна.

Модель ионосферы представляет собой распределение значений характеристик плазмы в виде функции

- географического положения,
- высоты,
- дня года,
- а также солнечной и геомагнитной активности.

Для задач геофизики, состояние ионосферной плазмы может быть описано четырьмя основными параметрами:

- электронной плотностью;
- электронной температурой;
- ионной температурой;
- ионным составом (в силу наличия нескольких типов ионов).

Распространение радиоволн, например, зависит исключительно от распределения электронной концентрации.

Обычно **модель ионосферы** — это компьютерная программа. Она может быть основана на физических законах, определяющих распределение характеристик плазмы в пространстве (учитывающих взаимодействие ионов и электронов с солнечным излучением, нейтральной атмосферой и магнитным полем Земли). Проводят корректировку физической модели ионосферы с помощью оперативно получаемых экспериментальных данных.

Магнитные бури и причины их возникновения

Магнитные возмущения могут наблюдаться одновременно на всем земном шаре, но могут иметь и локальный характер. Возбужденные вариации, наблюдаемые одновременно на всем земном шаре, называются магнитными бурями. Одна из характерных особенностей магнитных бурь — внезапность их появления.

Продолжительность магнитных бурь колеблется от двух до трех суток. В последние годы с помощью ракет и искусственных спутников Земли установлено, что источником поля магнитных вариаций являются токи индукционного характера, возникающие в высоких слоях атмосферы — от ста до нескольких тысяч километров. Такие токи вызываются главным образом потоками заряженных частиц, выбрасываемых Солнцем.



Процессами в околоземной плазме обусловлены магнитные бури и полярные сияния.

Полярные сияния возникают вследствие бомбардировки верхних слоёв атмосферы заряженными частицами, движущимися к Земле вдоль силовых линий геомагнитного поля из области околоземного космического пространства, называемой плазменным слоем.



Москва с Санкт-Петербургом!
Вид из космоса. Вдали — полярное сияние.

Фотографии с международной космической станции (МКС) Александра Герста.



Дания и Копенгаген, Норвегия и Осло, Швеция и Стокгольм, север Германии и дальше. И, конечно же, северное сияние.

<http://mirfactov.com/foto-dnya-2-04-2012/>

Полярное сияние (лат. Aurora Borealis, Aurora Australis) — свечение (люминесценции) верхних слоёв атмосфер планет, обладающих магнитосферой, вследствие их взаимодействия с заряженными частицами солнечного ветра.



Полярное сияние на станции Новолазаревская в Антарктиде



Норвегия. Северное сияние. <http://mirfactov.com/category/foto-dnya/page/8/>



Якутия.

http://vk.com/feed?z=photo-21245447_322215293%2Fwall35580300_2751



Северное сияние.Архангельск 2013 г.

http://vk.com/wisdom_academy?z=photo-64834463_320643752%2F4901db1300b40e0817







Полярное сияние.
1 - 2 февраля 2014 года:
Финляндия, Норвегия и
Швеция.



Северное сияние над пеплом от вулкана Эйяфьядлайёкюдль в Исландии

<http://mirfactov.com/foto-dnya-4-06-2012/>



Полярное сияние над Хельсинки, Финляндия

При столкновении энергичных частиц плазменного слоя солнечного ветра с верхней атмосферой происходит возбуждение атомов и молекул газов, входящих в её состав. Излучение возбуждённых атомов в видимом диапазоне и наблюдается как полярное сияние.



Полярное сияние, сфотографированное ранним утром в Северном полярном круге.

Спектры полярных сияний зависят от состава атмосфер планет: так, например, если для Земли наиболее яркими являются линии излучения возбуждённых кислорода и азота в видимом диапазоне, то для Юпитера — линии излучения водорода в ультрафиолете.



Северное сияние.Архангельск

http://vk.com/wisdom_academy?z=photo-64834463_320635204%2Fwall-34638472_64438



Поскольку ионизация заряженными частицами происходит наиболее эффективно в конце пути частицы и плотность атмосферы падает с высотой в соответствии с барометрической формулой, то высота появлений полярных сияний достаточно сильно зависит от параметров атмосферы планеты, так, для Земли с её достаточно сложным составом атмосферы красное свечение кислорода наблюдается на высотах 200—400 км, а совместное свечение азота и кислорода — на высоте ~110 км. Кроме того, эти факторы обуславливают и форму полярных сияний — размытая верхняя и достаточно резкая нижняя границы

Северное сияние. Россия, Кольский полуостров, горный массив Хибины.

© Ермолицкий Александр



Полярное сияние, Мурманская область, Россия





Помимо всем привычного Северного сияния зеленоватых оттенков, существует сияние именуемое Красная Аврора окрашено оно в красные тона, удивительно красивое зрелище









"СуперКорона" Северного сияния. Апатиты. Автор: Sebastian Saarloos. http://vk.com/feed?z=photo-6136139_323162119%2Falbum-6136139_00%2Frev



Ночное небо и северное сияние над ледником Йокульсарлон, Исландия



Ледниковое озеро Йокульсарлон, Исландия

Языки пламени (низкотемпературная плазма)

Низкотемпературной называют плазму, у которой средняя энергия электронов меньше характерного потенциала ионизации атома (<10 эВ); температура её обычно не превышает 10^5 К.





Редкое природное явление –
огненный смерч в штате Миссури
(США)



Дверь в ад – так называют это место, находящееся в
Туркмении. Здесь природный газ горит постоянно с 1971
года. <http://mirfactov.com/category/foto-dnya/page/8/>

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**