



Что такое молния?

- **В каждый момент времени в разных точках Земли сверкают молнии более, чем 2000 гроз.**
- **В каждую секунду 100 молний ударяются в поверхность Земли, и**
- **В среднем 1 кв. км поражается молнией 6 раз в году.**

Для чего изучают молнии?

- **Потому, что считают, что молнии дали толчок к возникновению жизни на Земле**
- **Чтобы защитить себя от их ударов**
- **Чтобы понять, как устроена Земля и её атмосфера**

Молнии - возможные источники зарождения жизни на планете Земля

Атмосфера Земли при зарождении жизни



- Земля образовалась 5 миллиардов лет тому назад
- в течение первых 500 миллионов лет из глубин остывающей Земли извергались газы:

H_2 , N_2 , NH_3 , CH_4 , CO_2 и пары воды.

- **кислорода** в первоначальной атмосфере Земли **не было**

Молнии - возможные источники зарождения жизни на планете Земля

Земля при зарождении жизни



- 4 миллиарда лет тому назад Земля стала остывать, а пары воды - конденсироваться в водоёмы
- 3,5 миллиарда лет тому назад первые фотосинтезирующие (сине-зелёные) водоросли стали производить **кислород** из воды и **CO₂**

- под действием излучения Солнца из кислорода образовывался озон O₃, который стал УФ-щитом Земли

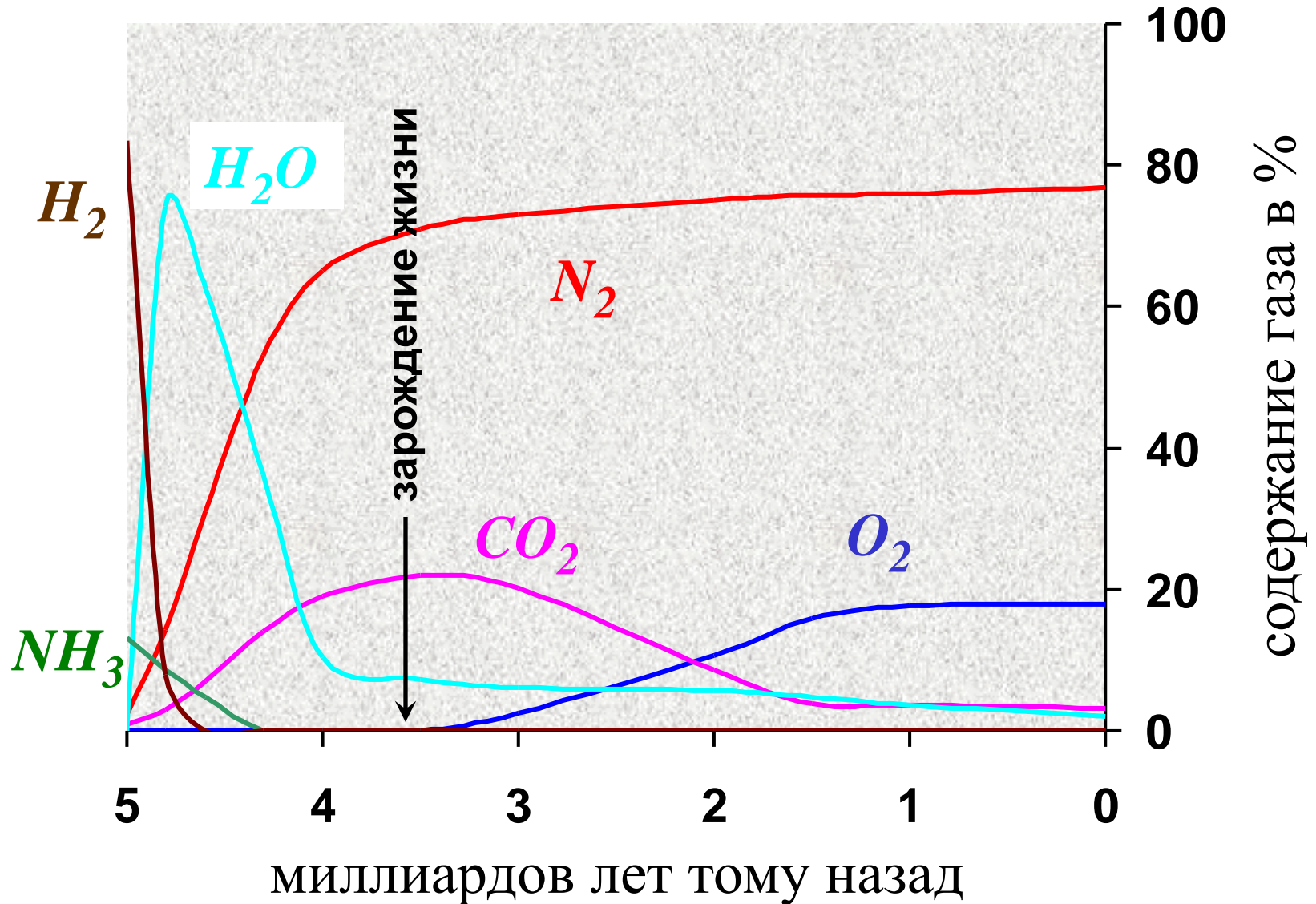
- концентрация кислорода в атмосфере стала расти, а CO₂ и водяных паров - падать

- легкие газы (H₂, CH₄ и NH₃) улетучились в космос



Молнии - возможные источники зарождения жизни на планете Земля

Атмосфера Земли при зарождении жизни



Молнии - возможные источники зарождения жизни на планете Земля



В 1953 году биохимики Stanley Miller and Harold Urey показали, что одни из “кирпичиков” жизни, аминокислоты могут быть созданы путём пропускания разряда молнии через воду, в которой растворены газы “первобытной” атмосферы Земли. Таким образом, была подтверждена одна из ТРЁХ гипотез зарождения жизни на Земле:

- Жизнь была создана на Земле неким ВЫСШИМ разумом или БОГОМ. Научно опровергнуть или доказать это НЕВОЗМОЖНО!
- Жизнь зародилась где-то во Вселенной и как-то была занесена на Землю (метеориты или “пришельцы”)
- Жизнь случайно зародилась на Земле 3,5 миллиарда лет тому назад

Как на самом деле зародилась жизнь **НЕИЗВЕСТНО!**

Молния - это кратковременный электрический разряд



- между различными частями одного и того же облака (>50%)
- между облаком и землёй

Молнии **между облаком и землёй** изучены больше, так как они являются причиной:

- смерти людей (около 100 человек в год)
- выхода из строя электросетей и систем связи
- лесных пожаров

ФУЛЬГУРИТ

- громовая стрела,
- чертов палец,
- сплавленный молнией в трубку песок

При разряде молнии выделяется 10^9 - 10^{10} Дж. Большая часть этой энергии тратится на гром, нагрев воздуха, световую вспышку и другие электромагнитные волны, и только маленькая часть выделяется в том месте, где молния входит в землю. Однако и этой “маленькой” части вполне достаточно, чтобы вызвать пожар, убить человека и разрушить здание.

Молния может разогревать канал, по которому она движется, до $30,000^\circ\text{K}$, что в 5 раз выше, чем температура на поверхности Солнца (внутри Солнца температура конечно выше, 10^7 К). Температура внутри молнии гораздо выше температуры плавления песка, $1600 - 2000^\circ\text{C}$, но расплавится песок или нет зависит также от длительности молнии, которая может составлять от десятков микросекунд до долей секунд. Амплитуда тока молнии обычно равна нескольким десяткам кА, но иногда может превышать и 100 кА. Самые мощные молнии и вызывают рождение фульгуритов.



На раскопках самого крупного фульгурита "Флорида". Две его ветви протягивались от места удара молнии на 5,2 и 4,9м.

Московские ФУЛЬГУРИТЫ



Сосна с корнями наружу, растущая на месте удара молнии.
Почва под сосной состоит практически только из сульфурита.

Московские ФУЛЬГУРИТЫ



Этапы раскопок
БОЛЬШОГО фульгурита

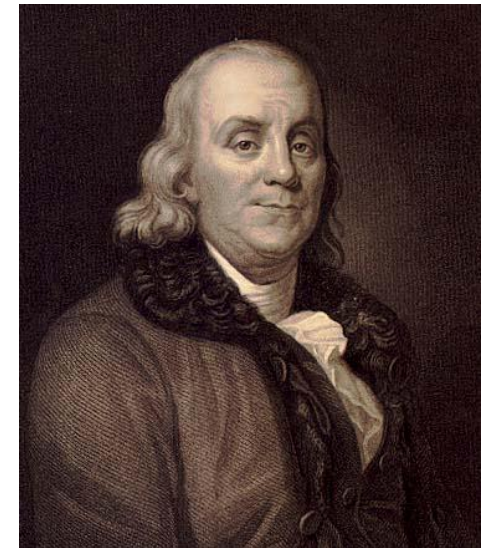
Московские ФУЛЬГУРИТЫ



Вид спереди и сбоку на фульгурит, весящий 7,3 кг

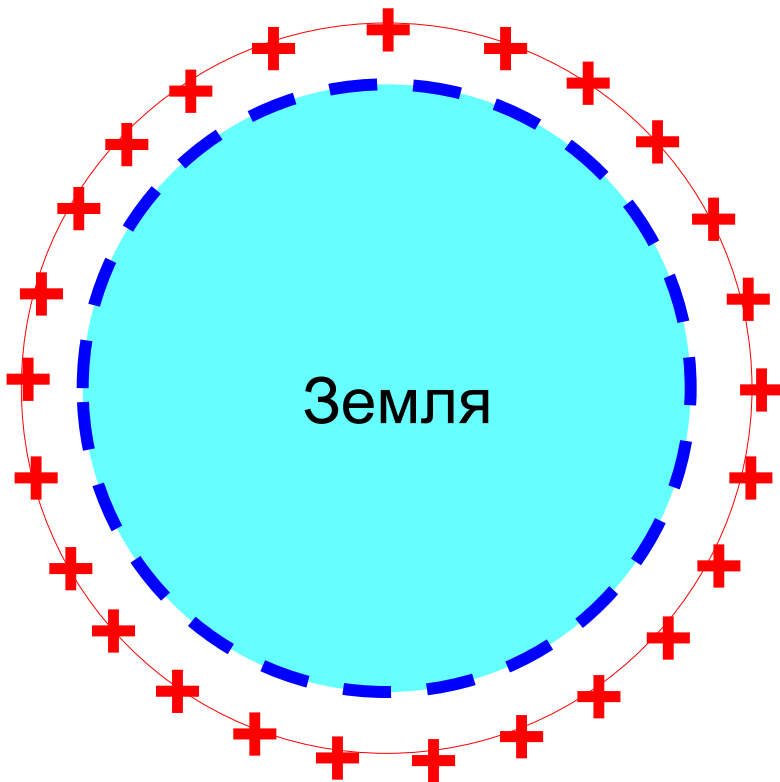
Что общего между 100 \$ купюрой и молнией?

- На 100 \$ изображён Бенжамен Франклин. Кем он был?
- не был президентом США, так был гораздо старше первого президента, Вашингтона, а был
- 10-м сыном в семье мыловара и свечника, и овладев профессией печатника занимался этим делом всю свою жизнь,
- в свободное время был учёным, впервые открывшим, что молния переносит на Землю электрический **отрицательный** заряд, т.е. после каждой молнии электрический заряд Земли становится более отрицательным; установил **первый громоотвод** и запускал в грозу воздушные змеи, сделанные из проволок, которые его чуть-чуть не убили (в 1753 ударом молнии был убит российский исследователь молний Г.В. Рихман),
- одним из т.н. «отцов-основателей» США.



Б.Франклин
1706-1790

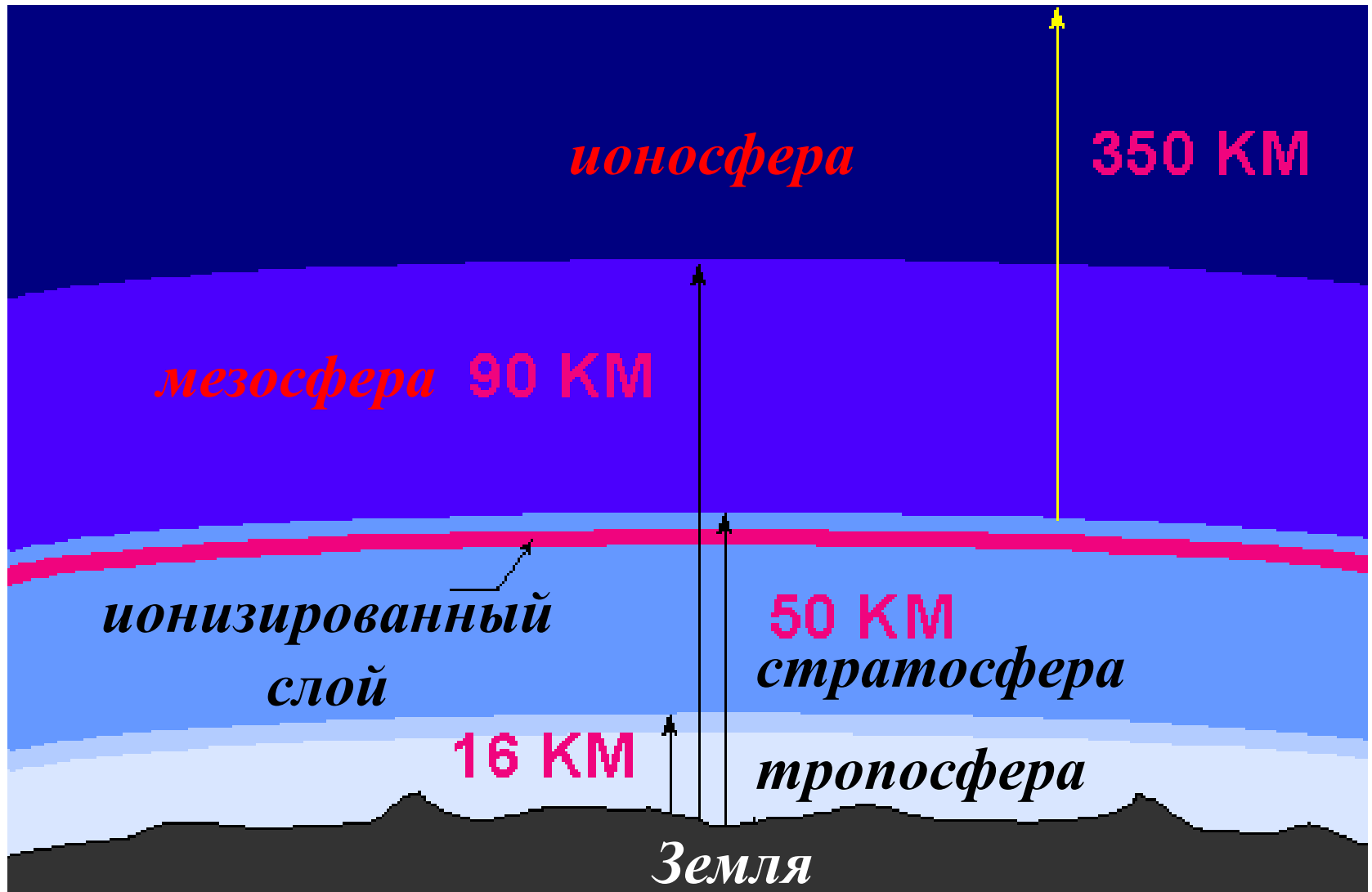
Земля - проводящий шар, заряженный ОТРИЦАТЕЛЬНО



- С помощью измерительных приборов и атмосферных зондов в начале 20-го века было измерено электрическое поле Земли, напряжённость которого около поверхности составляет 100 В/м .
- Переносчиком зарядов в атмосфере Земли служат ионы, концентрация которых увеличивается с высотой и достигает максимума на высоте 50 км , где под действием космического излучения образовался электропроводящий слой.
- Поэтому электрическое поле Земли - это поле сферического конденсатора с приложенным напряжением ок. 400 кВ .
- Под действием напряжения из верхних слоёв в низкие всё время течёт ток $2 - 4 \text{ кА}$ ($1 - 2 \cdot 10^{-12} \text{ А/м}^2$) и выделяется энергия до $1,5 \text{ ГВт}$, но ...

Электрическое поле исчезло бы, если не было бы молний

Слои атмосферы (для справки)



Запомнить на всю жизнь!

В хорошую погоду электрический конденсатор Земли

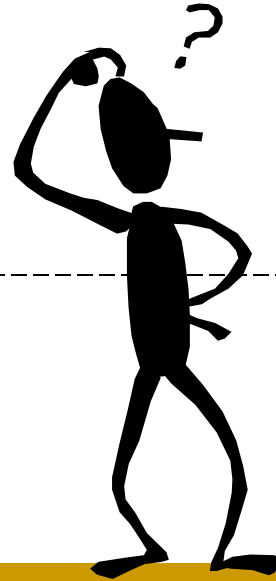
РАЗРЯЖАЕТСЯ,

а при грозе -

-ЗАРЯЖАЕТСЯ

Земля - проводящий шар, заряженный ОТРИЦАТЕЛЬНО

200 Вольт

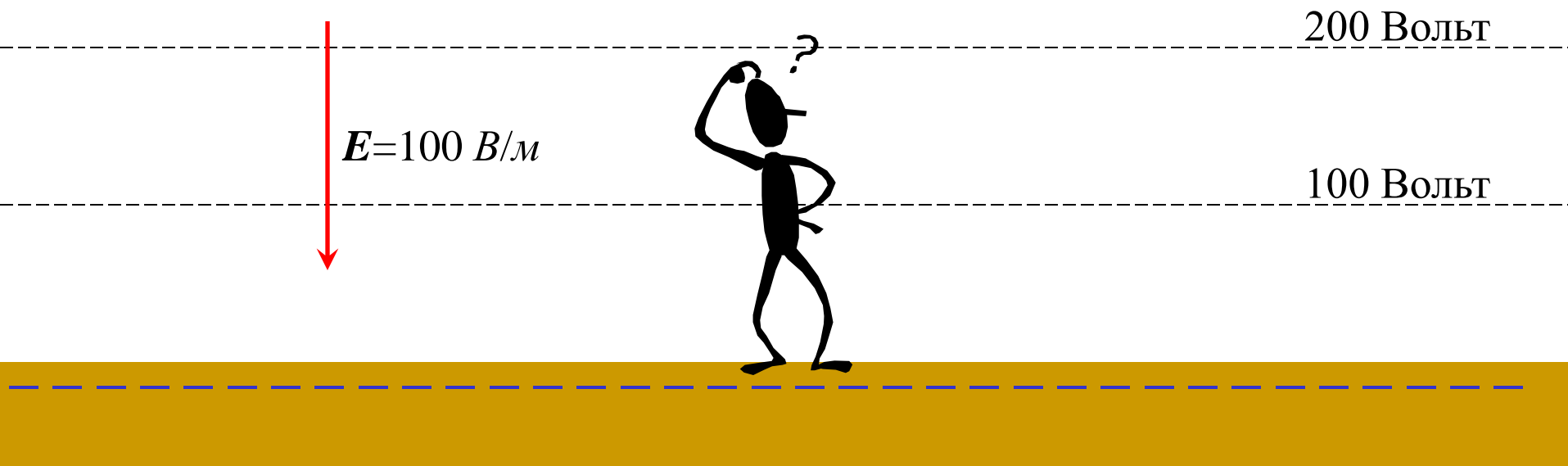


100 Вольт

Известно, что электрический потенциал Земли растёт на 100 Вольт при подъёме над поверхностью на каждый 1 метр.

Как, зная диаметр Земли, вычислить заряд Земли?

Чему равен заряд Земли?



Согласно теореме Гаусса

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

где σ – плотность зарядов на поверхности,

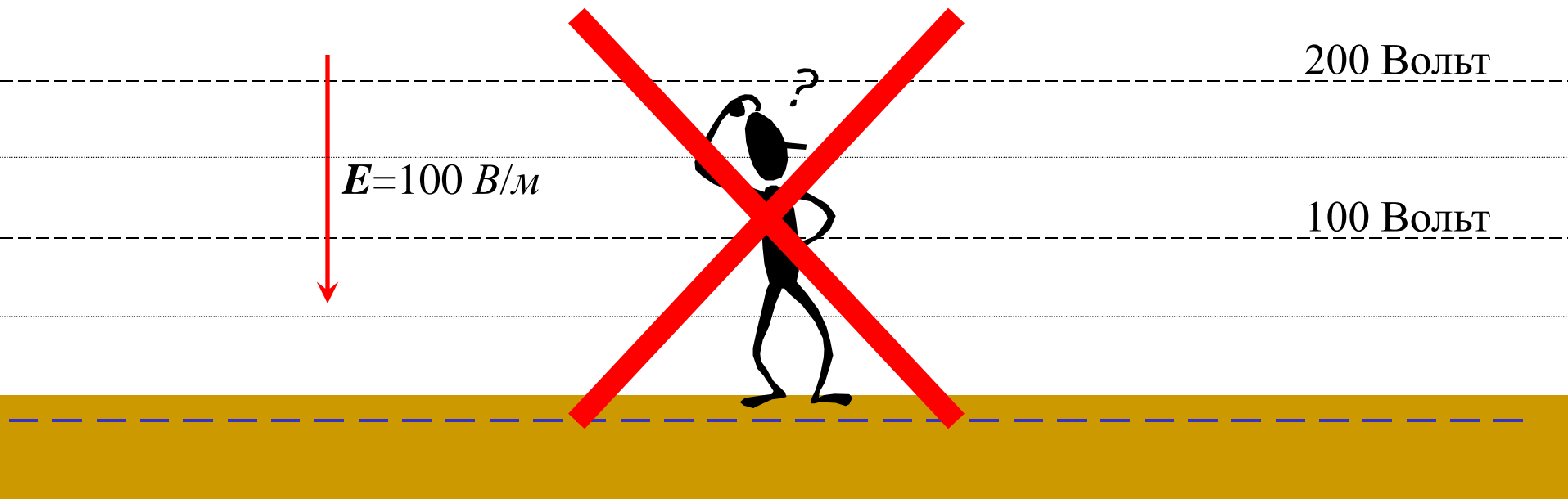
$$\text{а } \varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$$

Так как площадь поверхности Земли равна $4\pi R^2$,

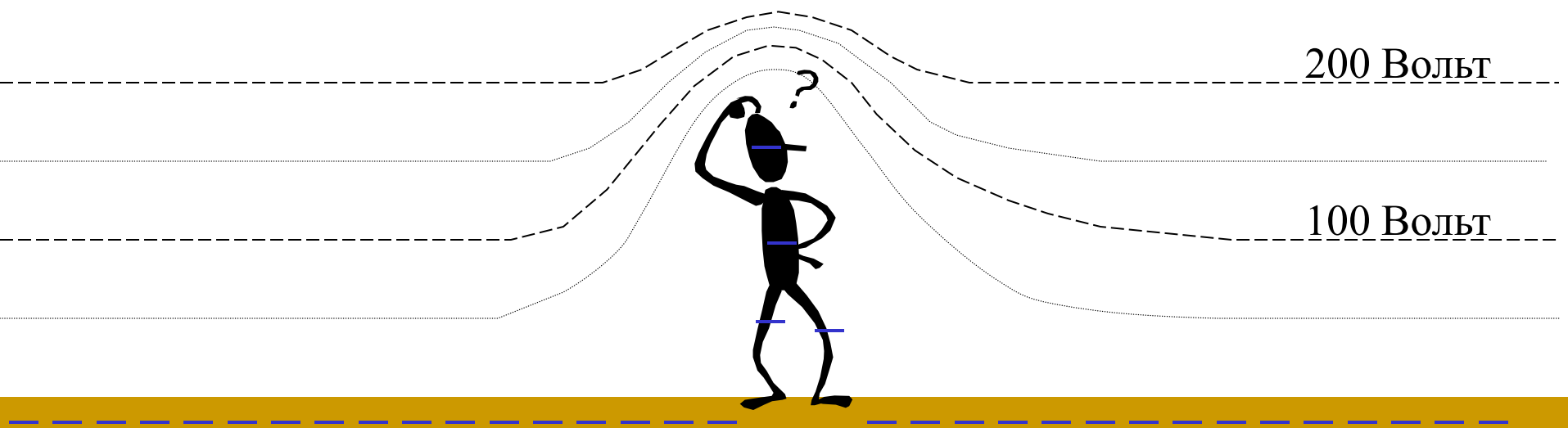
где R – радиус Земли, 6400 км

заряд ЗЕМЛИ = 500 000 Кл

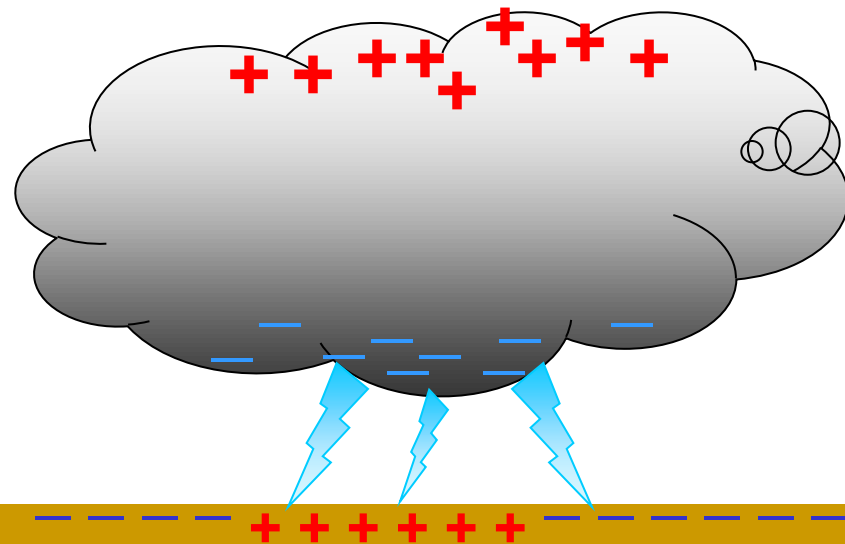
Почему нас не убивает напряжённость поля Земли?



Потому что человек является проводником, искажая поле вокруг себя



Земля заряжена **ОТРИЦАТЕЛЬНО** потому, что низ грозового облака всегда заряжен **ОТРИЦАТЕЛЬНО**

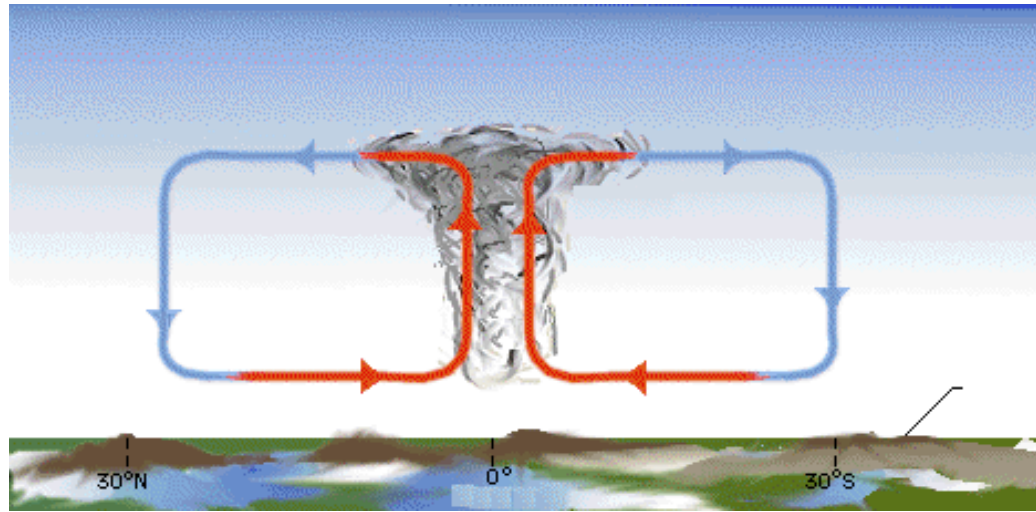


По непонятным причинам в грозовых облаках происходит разделение зарядов:

- мелкие капли, которым восходящий поток воздуха не даёт опускаться вниз, заряжаются **положительно**, а
- крупные, падая вниз, заряжаются **отрицательно**

- Отрицательно заряженный низ облака поляризует поверхность Земли под собой так, что она заряжается положительно
- Когда напряжённость электрического поля достигает величины пробоя для воздуха, возникает молния.

Почему низ грозового облака всегда заряжен отрицательно

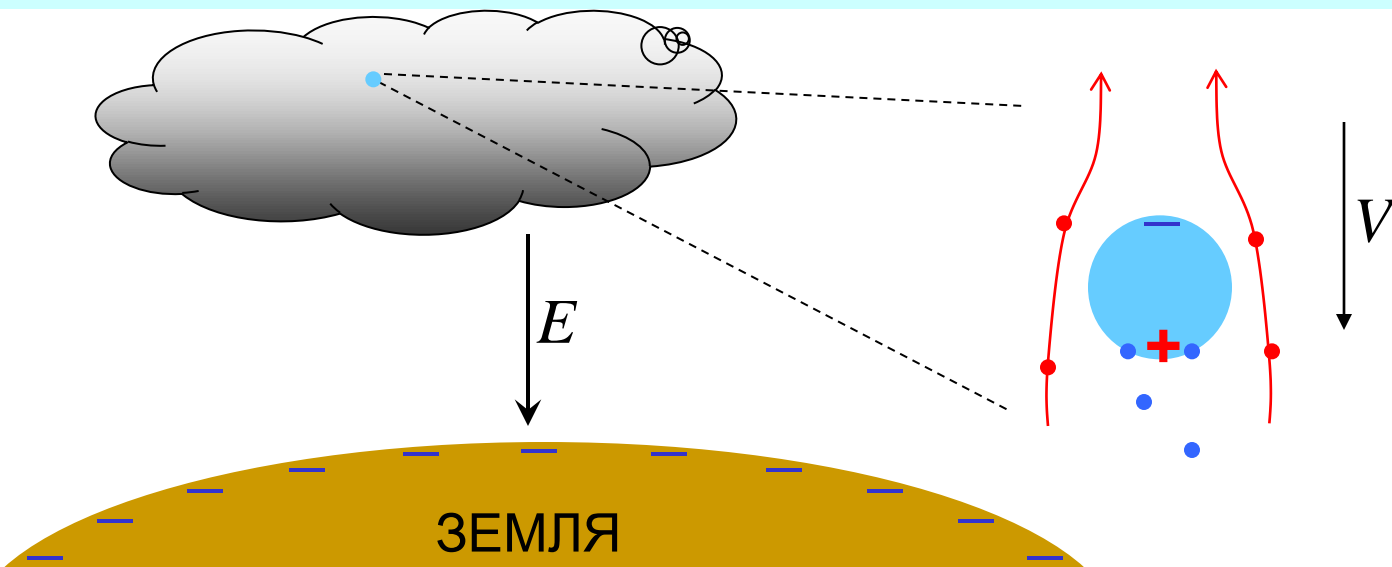


- поверхность Земли неодинаково нагревается,
- там, где теплее, воздух начинает подниматься вверх,
- поднимаясь, воздух охлаждается,
- начинается конденсация водяных паров и выделяется дополнительное тепло,
- воздух снова нагревается и поднимается,
- а крупные капли начинают падать вниз

Почему падающие вниз капли заряжают низ облака
ОТРИЦАТЕЛЬНО?

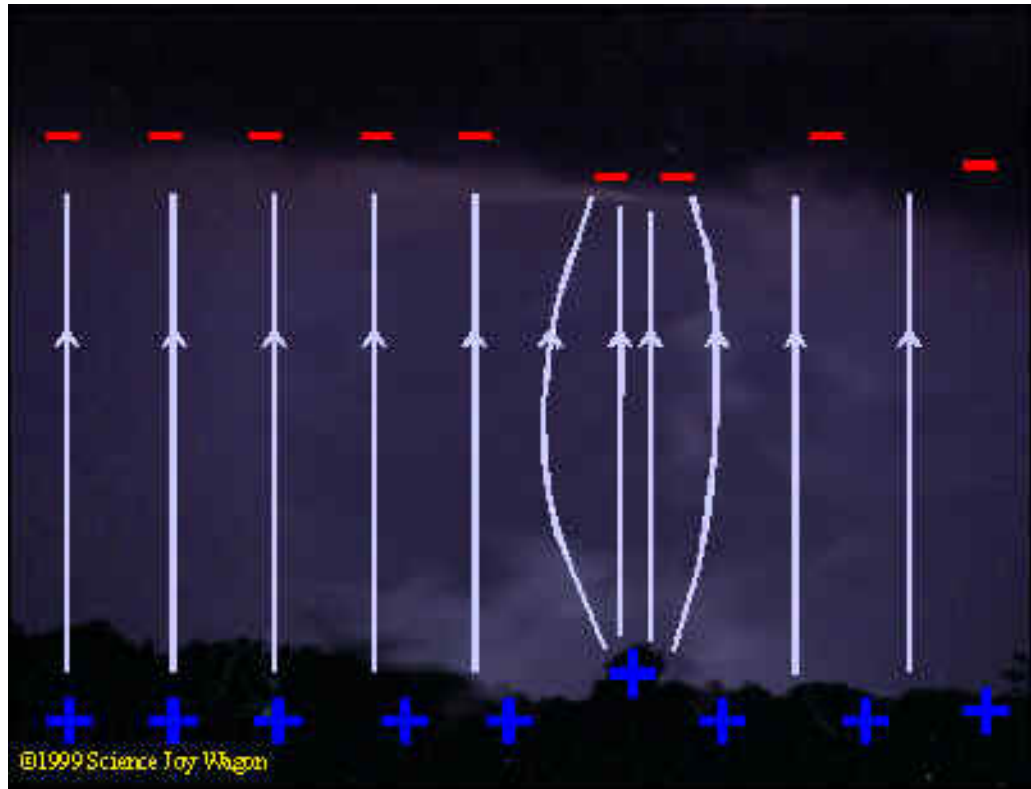
Почему низ грозового облака всегда заряжен отрицательно

гипотеза Вильсона



- Капли в электрическом поле Земли электризуются так, что их нижняя часть становится заряженной **положительно**, а верх - **отрицательно**
 - Двигаясь вниз под действием силы тяжести, нижняя (**положительная**) часть капль наталкивается на и притягивает к себе присутствующие в облаке **отрицательные** ионы; в результате капля становится электро**отрицательной**
 - У верхней (**отрицательной**) части падающей капли гораздо меньше шансов притянуть **положительные** ионы, так как она всё время удаляется от них (сравните, как намокает от дождя переднее и заднее стекло автомобиля)
- Поэтому падающие в облаке капли становятся электроотрицательными, заряжая нижнюю часть облака **ОТРИЦАТЕЛЬНО**

Не стойте при грозе около высоких деревьев



Не запускайте ракеты, когда над вами грозовые тучи



Запуская ракету, вы создаёте над собой канал, где много ионов, и если над вами нависла заряженная туча, то она посылает по этому каналу молнию прямо на вас. Этот способ используется для искусственного вызова молнии именно в том месте, где есть измерительная аппаратура или что-то, что надо испытать на удар молнией

Вопросы для повторения:

- Какие гипотезы о возникновении жизни существуют?
- Какую роль молния играет в одной из этих гипотез?
- Какие разряды молнии бывают?
- Что такое фульгурит?
- Что сделал Б.Франклин в изучении молний?
- Перечислите параметры электрического поля Земли?
- Как распределены заряды в грозовом облаке?
- Почему электрическое поле Земли не исчезает?
- Почему электрическое поле Земли не убивает человека?
- Опишите теорию Вильсона о разделении зарядов в грозовом облаке?
- Где находиться опасно во время грозы?