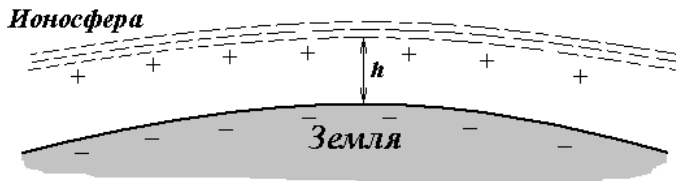


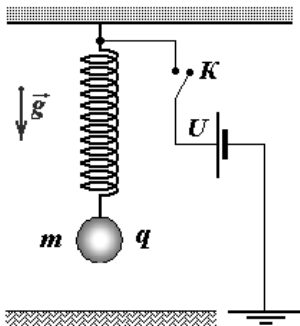
Условие

<u>Задание 1. *Электрическое поле Земли***

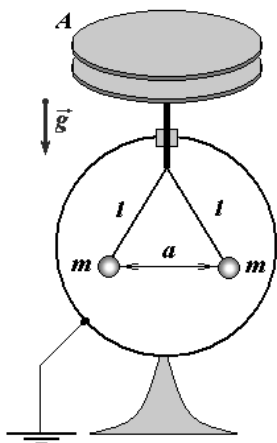
Между поверхностью Земли и ионосферой существует электрическое поле, которое можно считать примерно однородным. Напряжённость поля Земли $E_0 = 100 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, а его направление соответствует отрицательному заряду Земли. Будем считать, что отрицательный заряд равномерно распределён по поверхности нашей планеты несмотря на то, что физические свойства суши и воды заметно различаются. На высоте $h \approx 50$ км в атмосфере находится однородный слой положительно заряженных частиц, называемых ионосферой. Суммарный электрический заряд Земли и ионосферы равен нулю. Радиус Земли $R_3 = 6,4 \cdot 10^6$ м, ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Диэлектрическую проницаемость воздуха примите равной диэлектрической проницаемости вакуума $\epsilon \approx 1$.



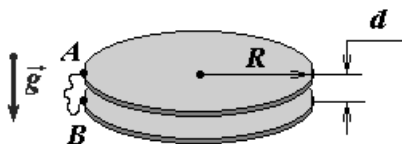
1.1 Для измерения электрического заряда Земли предлагается следующий эксперимент. Подвесим незаряженный проводящий шарик массы $m = 2,0$ г и радиуса $r = 1,0$ см на проводящей пружине малой электроемкости. При этом шарик растянул пружину на $\Delta l_1 = 2,5$ см. После установления равновесия шарик при помощи ключа K подключили к источнику постоянного напряжения $U = 20$ кВ. Вычислите удлинение пружины Δl_2 после замыкания ключа K в новом положении равновесия. Найдите относительное изменение удлинения пружины $\epsilon = \frac{\Delta l_2 - \Delta l_1}{\Delta l_1}$ после замыкания ключа K . Сделайте выводы о возможности измерения заряда планеты подобным способом. Считайте, что в этом пункте на шарик действует только электрическое поле Земли.



1.2 Для более точного измерения напряжённости поля Земли использовали электрометра, основной частью которого служат два небольших одинаковых шарика массой $m = 1,5$ г каждый, подвешенных на легких проводящих нитях длины $l = 50$ см каждая. Проводящий корпус электрометра заземлен и экранирует поле Земли. На стержне электроскопа укреплен проводящий диск радиусом $R = 1,0$ м.



Два таких же проводящих параллельных диска, соединенные проводником АВ, для зарядки посредством электростатической индукции в поле Земли сблизил на малое расстояние d . После разрыва проводника АВ верхний диск А подносят на малое расстояние к диску электроскопа, не касаясь его. Затем аналогичным образом заряжают следующий диск A' и кладут его на диск А. Процесс зарядки повторяют $N = 10$ раз. Оцените расстояние a , на которое разойдутся лепестки электроскопа после зарядки. Укажите знак электрического заряда шариков электроскопа в описанном эксперименте.

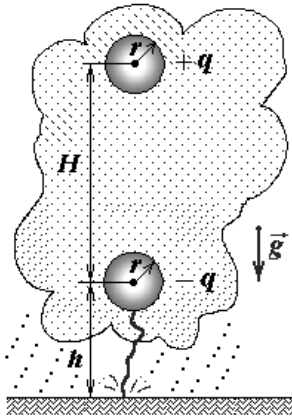


1.3 Предполагая, что удельное сопротивление воздуха постоянно и равно $\rho = 2,9 \cdot 10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, найдите силу тока I утечки с поверхности Земли через атмосферу к ионосфере. Оцените время разрядки τ Земли вследствие существования тока утечки.

1.4 Удивительно, но, несмотря на ток утечки, электрический заряд Земли с течением времени практически не меняется. Следовательно, должен существовать ток подзарядки планеты, который компенсирует ее разрядку с течением времени. Основной механизм подзарядки Земли осуществляется в результате грозовой активности в атмосфере.

При зарождении грозового фронта в результате электризации капелек воды в восходящих потоках воздуха в атмосфере образуются области положительного (в верхней части облака) и отрицательного (в его нижней части) зарядов¹. Считайте, что эти области накопления зарядов имеют форму шара радиуса $r \approx 0,10 \text{ км}$. Расстояние между этими областями примите равным $H = 5,0 \text{ км}$, а расстояние от нижнего края грозового облака до земли $h \approx 1,0 \text{ км}$.

Известно, что при напряженности электрического поля $E_1 = 3,0 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$ (и более) наступает пробой воздуха, при котором он становится проводником. Примем, что в этот момент ударяет молния. Оцените, при каком минимальном заряде $q_{\min}$ заряженной области облака в Землю может ударить молния? В данном пункте считайте поверхность Земли хорошим проводником.



1.5 Считая, что при ударе мощной молнии, длящемся $\tau_2 = 40$ мс средняя сила тока $I_2 = 200$ кА, и что грозы на планете в течение года происходят равномерно, оцените среднее количество ударов молний в Землю на Земле в течение суток.

Подсказка. Потенциал заряженного шара радиуса R и имеющего заряд q равен

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}.$$