

Энергия электрического поля

ЗАДАЧА 1. Пластины плоского конденсатора, имеющие заряды $\pm q$ и почти соприкасающиеся, раздвигают на некоторое расстояние (много меньше размеров пластин).

1) Покажите, что минимальная работа, которую необходимо для этого совершить, равна

$$A = \frac{q^2}{2C},$$

где C — ёмкость получившегося конденсатора.

2) Покажите, что $A = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 V$, где E — напряжённость поля в конденсаторе, V — объём конденсатора.

3) Совершённая внешними силами работа A равна увеличению некоторой энергии. Какой именно энергии?

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2015, МЭ, 11) В грозовом облаке высотой $h = 1$ км и площадью $S = 100$ км² во время грозы создалось электрическое поле напряжённостью $E = 1$ МВ/м, которое можно считать однородным.

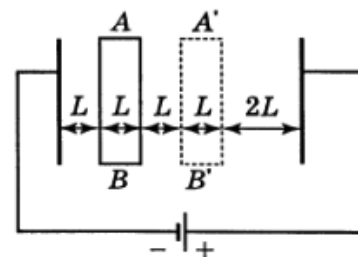
1) Оцените, какой электрический заряд накопился на верхней и на нижней поверхностях облака и какая электрическая энергия запасена в таком облаке. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н · м²/Кл².

2) Оцените отношение электрической силы, действующей на верхнюю (или нижнюю) поверхность облака, к силе тяжести, действующей на всё облако. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², плотность воздуха $\rho = 1,3$ кг/м³.

3) Между верхней и нижней поверхностями облака сверкнула молния, и за время $\tau = 1$ мс израсходовалось 19% запасённой в облаке электрической энергии. Оцените среднюю силу электрического тока в таком грозовом разряде и его среднюю мощность.

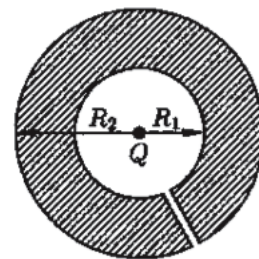
$$(1) \quad \frac{E^2}{8\pi k} S h = W \approx 890 \text{ КДж}, \quad W = \frac{q^2}{2C} \approx 4,4 \cdot 10^{11} \text{ Дж}; \quad (2) \quad \frac{q}{F} = \frac{8\pi k \rho g h}{E^2} \approx 3,4 \cdot 10^{-4}; \quad (3) \quad I \approx 89000 \text{ А}, \quad P \approx 8,4 \cdot 10^{13} \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 1997, ОЭ, 10) Плоский конденсатор подсоединён к источнику постоянной ЭДС \mathcal{E} . В конденсатор параллельно его обкладкам вносят заряженную проводящую пластину толщиной L и располагают её на расстоянии L и $4L$ от каждой из обкладок конденсатора (рис.). Заряд пластины положителен и равен заряду Q конденсатора до внесения пластины. Форма и площадь пластины и обкладок конденсатора одинаковы, расстояние L много меньше размеров пластины. Какую работу необходимо совершить, чтобы переместить пластину из положения AB в положение $A'B'$?



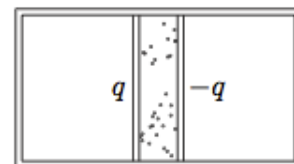
$$\mathcal{E} = \frac{Q}{C}$$

ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 2005, ОЭ, 10) Маленький шарик с зарядом Q находится в центре закреплённого незаряженного полого шара (рис.) с радиусами концентрических поверхностей R_1 и R_2 ($R_1 < R_2$). Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы удалить шарик через узкий канал в проводнике на расстояние от полого шара, значительно большее R_2 ?



$$A = \frac{kQ^2}{2(R_2 - R_1)} = V$$

ЗАДАЧА 5. (Всеросс., 2015, финал, 10) Два диска, по которым равномерно распределены заряды q и $-q$, могут двигаться без трения в длинном непроводящем теплоизолированном цилиндре, расположенном горизонтально (см. рисунок). Расстояние между дисками много меньше их радиуса. Между дисками находится некоторое количество гелия, за дисками газа нет, система находится в равновесии. Заряды дисков мгновенно уменьшают вдвое, после чего ожидают прихода системы в равновесие. Пренебрегая теплообменом, найдите, во сколько раз изменятся температура газа и расстояние между дисками.



$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{L}{2L}; \quad z_2 = 0,8 \frac{L}{2L}$$