

## 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  $S = 100$  км<sup>2</sup> во время грозы создалось электрическое поле напряжённостью  $E = 1$  МВ/м, которое можно считать однородным.

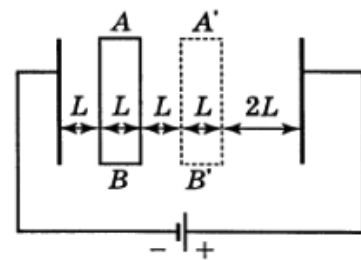
1) Оцените, какой электрический заряд накопился на верхней и на нижней поверхностях облака и какая электрическая энергия запасена в таком облаке. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k = 9 \cdot 10^9$  Н · м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

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/с<sup>2</sup>, плотность воздуха  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>.

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.

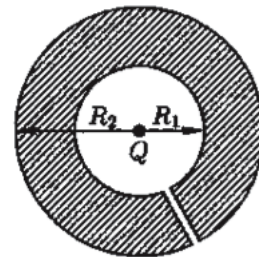
$$(1) \quad \frac{E^2}{2\varepsilon_0} S h = 890 \text{ КДж}, \quad W = \frac{3 \pi k}{4} \frac{q^2}{S^2 h} \approx 4,4 \cdot 10^{11} \text{ Дж}; \quad (2) \quad \frac{6 \pi \varepsilon_0 E^2}{F} = \frac{8 \pi k \rho g h}{E^2} \approx 3,4 \cdot 10^{-4}; \quad (3) \quad I \approx 89000 \text{ А}, \quad P \approx 8,4 \cdot 10^{13} \text{ Вт}$$

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  $A'B'$ ?



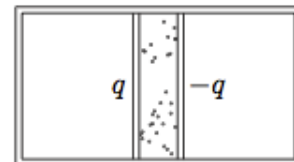
$$\mathcal{E} \frac{Q}{\varepsilon_0} = W$$

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  $R_2$ ?



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

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.



$$\frac{T_2}{T_1} = 2, \quad \frac{z_2}{z_1} = 0,8$$