

Плоский конденсатор

ЗАДАЧА 1. Две параллельные пластины, по которым равномерно распределены заряды $+q$ и $-q$ соответственно, расположены очень близко друг к другу (а именно, расстояние между пластинами много меньше размеров пластин).

а) Чему равна напряжённость поля в области снаружи пластин?

б) Найдите напряжённость E поля в области между пластинами, если площадь каждой пластины равна S .

Краевыми эффектами пренебречь.

$$\frac{S^0 q}{b} = \mathcal{E} \quad (q:0 \text{ (в)})$$

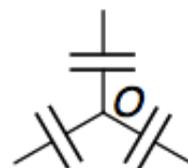
ЗАДАЧА 2. Найдите разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора, если заряд конденсатора равен q , площадь пластин S , расстояние между пластинами d . Выведите отсюда формулу ёмкости плоского конденсатора.

$$\frac{p}{S^0 q} = \frac{q}{b} = \mathcal{D} : \frac{S^0 q}{pb} = p\mathcal{E} = \mathcal{D}$$

ЗАДАЧА 3. (*Всеросс., 2019, ШЭ, 11*) Пластины плоского конденсатора площадью S каждая несут заряды $+q$ и $-q$. Найдите, каким станет напряжение U на конденсаторе, если на каждую пластину поместить дополнительно по заряду $+q$. Расстояние между пластинами равно d . Считайте, что $d \ll \sqrt{S}$.

$$\frac{S^0 q}{pb} = \mathcal{D}$$

ЗАДАЧА 4. (*«Росатом», 2011 и 2013, 11*) Три незаряженных конденсатора с ёмкостями C , $2C$ и $3C$ соединены вместе одними своими концами в точке O . Затем на вторые концы конденсаторов подают потенциалы φ_1 (на C), φ_2 (на $2C$) и φ_3 (на $3C$). Определить потенциал точки O .



$$\frac{q}{\varphi_1 C + \varphi_2 2C + \varphi_3 3C} = \varphi_O$$

ЗАДАЧА 5. На одной из пластин плоского конденсатора ёмкостью C находится заряд $+q$, а на другой $+4q$. Определите разность потенциалов между пластинами конденсатора.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial b} = \mathcal{D}$$

ЗАДАЧА 6. Найдите силу притяжения пластин плоского конденсатора друг к другу. Заряд конденсатора равен q , площадь пластин S .

$$\frac{S^0 q^2}{\tau b} = \mathcal{F}$$

ЗАДАЧА 7. (*«Физтех», 2014*) Плоский воздушный конденсатор, отсоединённый от источника, имеет заряд Q и заряжен до напряжения U_0 . Расстояние между обкладками равно d .

1) Найдите силу притяжения обкладок.

2) Какую минимальную работу надо совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками в 1,5 раза?

$$\frac{F}{U_0 Q} = V \quad (\tau : \frac{p\tau}{U_0 Q} = \mathcal{F} \quad (1))$$

ЗАДАЧА 8. («Физтех», 2014) Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0 заряжен до напряжения U_0 и отсоединён от источника. Расстояние между обкладками увеличили на 30%.

- 1) Каким стало напряжение на конденсаторе?
- 2) Какую минимальную работу пришлось совершить при этом?

$$\frac{Q}{C_0} \frac{0,3C_0}{\epsilon} = V \quad (\epsilon : 0,3\epsilon = 1 \quad \epsilon)$$

ЗАДАЧА 9. Пластины плоского воздушного конденсатора являются дисками радиуса R , имеют поверхностные плотности заряда $\pm\sigma$ и расположены на расстоянии $d \ll R$ друг от друга. Потенциал бесконечно удалённой точки равен нулю.

- 1) Изобразите схематически линии электрического поля пластин во всём пространстве (внутри и вне конденсатора).
- 2) Объясните, почему потенциал в центре конденсатора равен нулю.
- 3) Пусть ось x совпадает с осью симметрии конденсатора и направлена от отрицательной пластины к положительной, а координата центра конденсатора равна нулю. Найдите зависимость потенциала φ электрического поля пластин от координаты x в пространстве внутри конденсатора вдали от краёв пластин.
- 4) Нарисуйте эскиз графика функции $\varphi(x)$ при всех x .

$$\frac{\sigma}{\rho} \gg x \gg \frac{\sigma}{\rho} \quad \text{или} \quad \frac{0,3\sigma}{\epsilon d} = \sigma \quad (\epsilon)$$

ЗАДАЧА 10. («Курчатов», 2016, 11) Плоский воздушный конденсатор обладает одинаковыми круглыми обкладками радиусом R . По обкладкам распределены заряды $+Q$ и $-Q$, а расстояние между обкладками равно d ($d \ll R$). На оси симметрии конденсатора между пластинами на расстоянии x от обкладки с зарядом $+Q$ находится частица с зарядом q ($|q| \ll |Q|$). Найдите потенциальную энергию взаимодействия этой частицы с конденсатором, считая, что потенциальная энергия равна нулю тогда, когда частица находится на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

$$\left(x - \frac{\sigma}{\rho}\right) \frac{\sigma q}{\epsilon d} = M$$

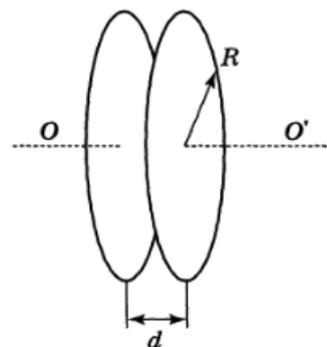
ЗАДАЧА 11. («Физтех», 2020, 11) Обкладки конденсатора — круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$. Система находится в вакууме.

1. Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
2. Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
3. С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

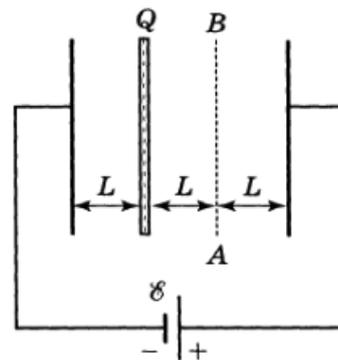
$$\frac{d}{\rho} \frac{\sigma}{\epsilon} = \tau_1 \quad (\epsilon : \frac{\sigma L}{\rho S} \frac{\sigma}{\epsilon} = \partial \quad (\tau : \frac{d\sigma}{\rho \epsilon} = 1 \quad \epsilon)$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2000, ОЭ, 10) В электростатических полях Муха-Цокотуха умеет летать только по эквипотенциальным поверхностям. Её поместили между обкладками заряженного плоского конденсатора на оси OO' на расстоянии $\frac{9999}{20000}d$ от одной из них (d — расстояние между обкладками). Обкладки конденсатора имеют форму дисков радиуса R , причём $R \gg d$. На каком расстоянии r от конденсатора будет Муха, когда окажется вне конденсатора на его оси симметрии (рис.)?



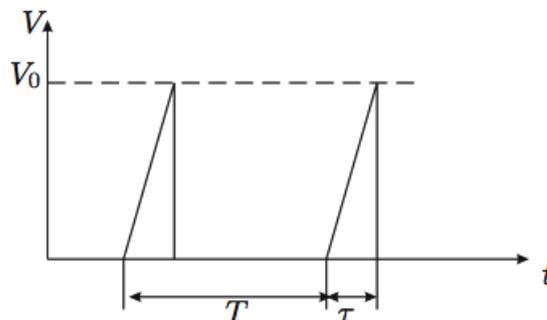
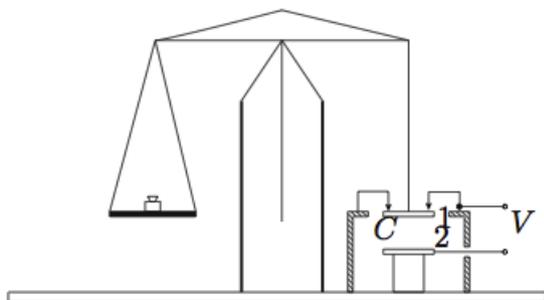
$$r \approx \frac{9999}{20000} d = 0,49995d$$

ЗАДАЧА 13. (Всеросс., 1997, ОЭ, 11) Плоский конденсатор подсоединён к источнику с постоянной ЭДС \mathcal{E} . В конденсатор параллельно его обкладкам вносят тонкую пластину, состоящую из соприкасающихся латунного и медного листов, и располагают её на расстояниях L и $2L$ от каждой из обкладок (рис.). Заряд пластины положителен и равен заряду Q конденсатора до внесения пластины. Форма и площадь пластины и обкладок конденсаторов одинаковы, расстояние L намного меньше размера пластины. Затем латунный лист (левая часть пластины) удерживают на месте, а медный перемещают в положение AB . Какую силу необходимо приложить к медному листу в положении AB для его удержания?



$$F = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 L^2}$$

ЗАДАЧА 14. (Всеросс., 2000, финал, 11) В электростатическом вольтметре сила притяжения между металлическими пластинами плоского конденсатора C измеряется с помощью аналитических весов (рис. слева). При постоянном напряжении $V_1 = 500$ В между пластинами 1 и 2 весы уравниваются равновесом массой $m_1 = 200$ мг. На пластины конденсатора подаётся периодическая последовательность треугольных импульсов напряжения с длительностью $\tau = 5 \cdot 10^{-4}$ с и периодом повторения $T = 0,01$ с (рис. справа). Чему равна амплитуда импульсов V_0 , если в этом случае весы уравниваются равновесом массой $m_2 = 30$ мг? Период собственных колебаний весов много больше T .



$$V_0 = \sqrt{\frac{3m_1 g T}{\epsilon_0 C}} = 1500 \text{ В}$$

Задача 15. (МОШ, 2014, 11) Школьник Владислав проводит опыты по разрядке конденсатора через резистор. В инструкции к приборам Владислав прочитал: «Если зарядить конденсатор до заряда 1 мКл, то за секунду через резистор пройдёт заряд 0,2 мКл». Определите, какой заряд пройдёт через данный резистор при разрядке конденсатора, заряженного до 1 мКл, за две секунды, за три секунды и за n секунд.

$$q_{\text{п}} = q_0 - I \cdot t$$

Задача 16. (МОШ, 2014, 11) Школьник Вася, проводя опыт с разрядом конденсатора через резистор, обнаружил, что каждую секунду заряд конденсатора уменьшается на одну десятую процента.

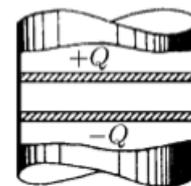
А) Через сколько секунд заряд на конденсаторе уменьшится в два раза? Ответ округлите до целых.

В) Школьник Петя проводит аналогичный опыт, при этом в цепи у Пети ёмкость конденсатора в два раза меньше ёмкости конденсатора Васи, а сопротивление — в четыре раза меньше сопротивления резистора Васи. На сколько процентов каждую секунду будет уменьшаться заряд на конденсаторе в электрической цепи Пети? Ответ округлите до десятых.

$$I = \frac{q}{t}$$

Электротермодинамика

Задача 17. (Савченко, 6.5.2) Два проводящих поршня площади S , расположенные в трубе из диэлектрика, образуют плоский конденсатор, заполненный воздухом при атмосферном давлении p_0 . Во сколько раз изменится расстояние между поршнями, если их зарядить разноимёнными зарядами? Система хорошо проводит тепло, трение отсутствует.



$$\frac{\partial q}{\partial z} + I \text{ в } \frac{\partial q}{\partial z} \text{ раз}$$

Задача 18. (Всеросс., 1995, ОЭ, 10) Одноатомный идеальный газ в количестве $\nu = 1$ моль находится в теплоизолированном цилиндре с поршнем. Дно цилиндра заряжено зарядом q , а поршень — зарядом $(-q)$. Газ медленно получает от нагревателя количество теплоты Q . На сколько изменится температура газа? Считайте, что электрическое поле однородно, трения нет. Диэлектрическая проницаемость газа равна единице.

$$\frac{\partial q}{\partial z} = I \nu$$

Задача 19. («Покори Воробьёвы горы!», 2019, 10–11) $\nu = 2$ моля одноатомного идеального газа находится в теплоизолирующем вертикальном цилиндре с подвижным поршнем площадью S и массой m . Дно цилиндра равномерно заряжено зарядом q , а поршень — зарядом $(-q)$. Расстояние между дном сосуда и поршнем намного меньше диаметра цилиндра. Газ медленно получает от нагревателя количество теплоты Q . На какое расстояние при этом сдвинется поршень? Считайте, что электрическое поле остается однородным, трения нет. Диэлектрическая проницаемость газа равна единице, электрическая постоянная ϵ_0 , ускорение свободного падения g , давление над поршнем равно p_0 .

$$\frac{(S \nu m + \epsilon_0 S^2 d) g + \epsilon_0 q^2}{S^2 \epsilon_0^2} = \nu \Delta$$