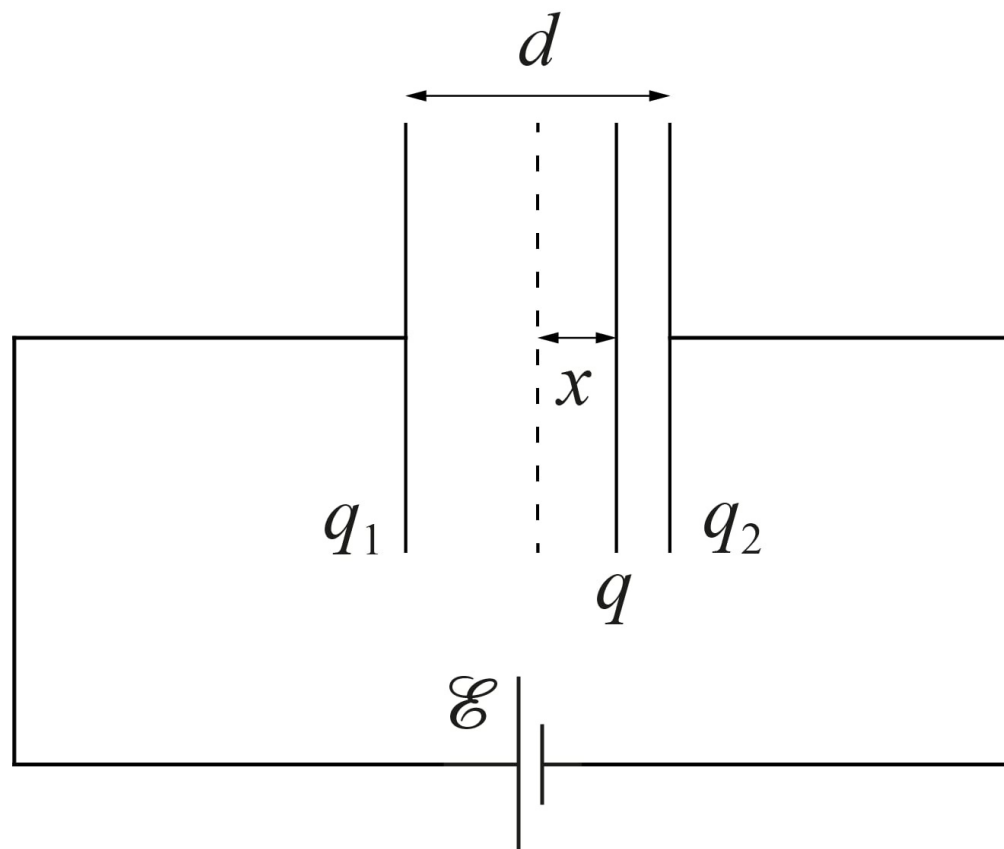




Часть А. Заряженная пластина в конденсаторе.

Посередине между одинаковыми незаряженными металлическими обкладками плоского конденсатора с площадью S и расстоянием между ними $d \ll \sqrt{S}$ находится такая же по форме диэлектрическая пластина массы m , заряженная равномерно по поверхности зарядом $q > 0$. Обкладки конденсатора подключили к источнику постоянного напряжения $\mathcal{E}$ с нулевым внутренним сопротивлением. Затем пластину отпускают. При движении пластины обкладки конденсатора остаются неподвижными.

Обозначим за x отклонение пластины от начального положения, за q_1 – заряд левой обкладки, а за q_2 – заряд правой обкладки.



A1^{0.50} Выразите заряды обкладок конденсатора $q_1(x)$ и $q_2(x)$ через $\mathcal{E}$, S , d , q , x и физические постоянные.

A2^{0.50} Выразите силу электростатического взаимодействия $F(x)$ пластины с обкладками через $\mathcal{E}$, S , d , q , x и физические постоянные.

Можно показать, что зависимость смещения пластины $x(t)$ от времени имеет следующий вид

$$x(t) = Ae^{at} + Be^{-at} + C,$$

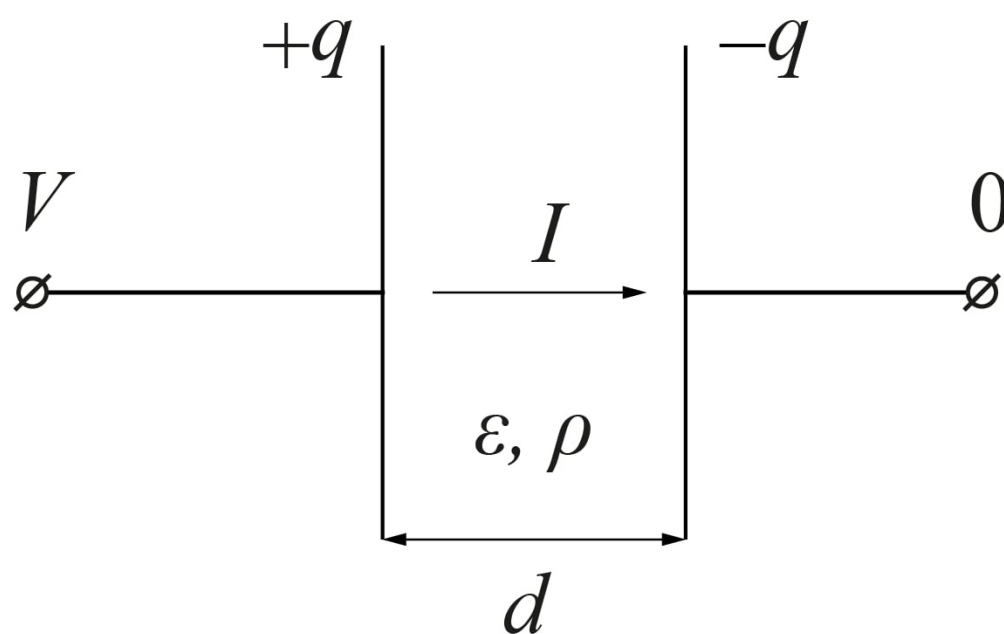
где a зависит только от $\mathcal{E}$, S , d , q и m , а A , B и C определяются начальными условиями.

A3^{1.00} Выразите a , A , B и C через $\mathcal{E}$, S , d , q , m и физические постоянные.

A4^{1.00} Выразите скорость пластины v^* в момент удара об обкладку конденсатора через $\mathcal{E}$, S , d , q , m и физические постоянные.

Часть В. Конденсатор с диэлектриком

Плоский конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними $d \ll \sqrt{S}$ заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ и удельным сопротивлением ρ . Диэлектрик и обкладки имеют хороший электрический контакт. Пусть разность потенциалов между обкладками конденсатора равна V .



B1^{0.30} Найдите заряды q на металлических обкладках конденсатора. Ответ выразите через V , S , d , ϵ и физические постоянные.

B2^{0.30} Найдите силу тока I , протекающего через диэлектрик. Ответ выразите через V , S , d , ρ и физические постоянные.

Из двух предыдущих пунктов следует, что схема такого конденсатора в электрической цепи эквивалентна некоторому соединению резистора с сопротивлением R и конденсатора с емкостью C .

B3^{0.40} Найдите R и C , а также укажите вид соединения данных элементов (последовательно или параллельно).

Теперь сложный конденсатор подключается к источнику постоянного напряжения $\mathcal{E}$, имеющему внутреннее сопротивление r . В начальный момент времени конденсатор не заряжен.

B4^{2.00} Найдите зависимость от времени силы тока $I(t)$, протекающего через источник. Ответ выразите через $\mathcal{E}$, r , R , C и t .

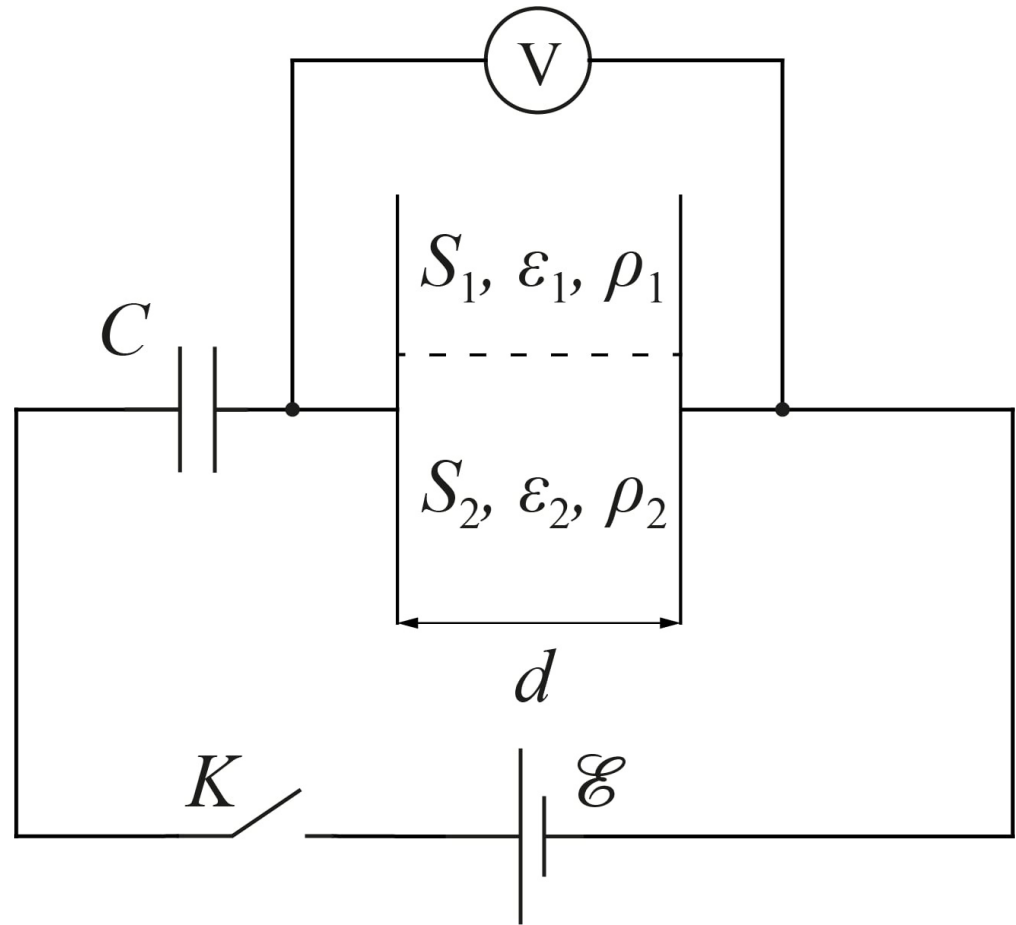
Часть С. Конденсатор с двумя диэлектриками

Плоский конденсатор с расстоянием между обкладками d заполнен двумя диэлектриками. Один – с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 , удельным сопротивлением ρ_1 и площадью контакта с обкладками S_1 , а другой – с диэлектрической проницаемостью ϵ_2 , удельным сопротивлением ρ_2 и площадью контакта с обкладками S_2 . Оба диэлектрика имеют хороший электрический контакт с обкладками конденсатора.

C1^{0.40} Найдите эквивалентную ёмкость C_0 данного конденсатора. Ответ выразите через S_1 , S_2 , ϵ_1 , ϵ_2 , d и физические постоянные.

C2^{0.40} Найдите эквивалентное сопротивление R_0 данного конденсатора. Ответ выразите через S_1 , S_2 , ρ_1 , ρ_2 и d .

Данный конденсатор последовательно с конденсатором ёмкости C подключают к источнику постоянного напряжения $\mathcal{E}$, имеющему нулевое внутреннее сопротивление. Пока ключ был разомкнут, конденсаторы были не заряжены. Напряжение на сложном конденсаторе измеряется идеальным вольтметром V .



C3^{0.40} Найдите заряд $q_C(0)$ на конденсаторе ёмкости C сразу после замыкания ключа. Ответ выразите через $\mathcal{E}$, C и C_0 .

C4^{1.30} Найдите зависимость показаний вольтметра $V(t)$ от времени t после замыкания ключа. Ответ выразите через $\mathcal{E}$, C , C_0 , R_0 и t .

C5^{0.50} Какое количество теплоты Q_{R_0} выделится на сопротивлении R_0 ? Ответ выразите через $\mathcal{E}$, C и C_0 .

Примечание:

$$\int \frac{dx}{ax+b} = \frac{1}{a} \ln(ax+b) + C$$

$$\int e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a} + C$$