10-2. Будем считать, что хаотически прыгающие шарики движутся вертикально.
Столкновения можно не принимать во внтмание, так как они не изменяют распределение скоростей шариков. Рассмотрим систему за время τ, равное времени полета некоторого фиксированного шарика

$$\tau = 2\sqrt{\frac{2h}{g}} = 0{,}639\,c. \qquad (1)$$

Воспользуемся вторым законом Ньютона в импульсной форме,учитывая, что за время τ соударения с дном испытывают все шарики системы. Импульс шарика у дна:

$$P = m\sqrt{2gh} \qquad (2)$$

Изменение импульса системы за время τ

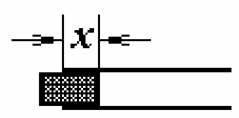
$$\Delta P = N \cdot 2P = 2Nm\sqrt{2gh} \qquad (3)$$

Тогда искомое среднее давление определим из равенства

$$P_{cp}a^2\tau = \Delta P \Rightarrow P_{cp} = \frac{\Delta P}{a^2\tau} = \frac{Nmg}{a^2} = 49\ \Pi a \qquad (4)$$

Приведем более изщный способ решения этой задачи. Так как в среднем положение центра масс всех шариков не изменяется, то сумма внешних сил, действующих на все шарики равна нулю. Такими внешними силами являются сила тяжести Nmg и сила реакции дна сосуда, которая по третьему закону Ньютона равна силе давления (естественно, средней) шариков на дно Pa^2, приравнивая эти выражения сразу получим окончательный результат (4).

10-3. “Изюминка” задачи заключается в том, что по мере вхождения (или выхода) плотно пригнанной пробки сила трения не остается постоянной (вспомните свои “экспериментальные” усилия).



Будем считать, что сила трения, действующая на пробку, прямо пропорциональна длине части пробке в бутылке:

$$F_{mp} = \alpha x. \qquad (1)$$

Тогда работа этой силы на том же расстоянии

$$A_{mp} = \sum_i F^2_{mp}\Delta x_i = \frac{\alpha x^2}{2}. \qquad (2)$$

В случае с одной пробкой

$$A_{mp} = Q = \left(c_1 + c_2\right)\Delta T = \frac{\alpha l^2}{2}, \qquad (3)$$

где l — длина пробки.

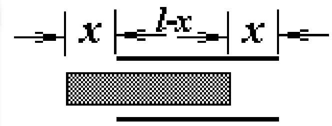
При добавлении еще одной пробки следует помнить, что работа в этом случае (первая пробка уже вся в бутылке, т. е. $F_{mp} = \alpha x = const$)

$$\begin{aligned} A^*_{mp} &= \frac{\alpha l^2}{2} + \alpha \cdot l \cdot l = 3\alpha \frac{l^2}{2}, \\ A^*_{mp} &= c_2\left(\Delta T + \Delta T^*\right) + \left(c_2 + c_1\right)\Delta T^* = 3\left(c_1 + c_2\right)\Delta T, \end{aligned} \qquad (4)$$

где ΔT^* — искомое повышение температуры. Из (4) находим

$$\Delta T^* = \Delta T \frac{3c_1 + 2c_2}{2c_2 + c_1} = \Delta T \frac{3\xi + 2}{\xi + 2} = 4{,}0\, K.$$

10-4. Пусть в некоторый момент из конденсатора вынули часть пластины длиной x. Тогда емкость образовавшейся батареи



$$C = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon a\left(a - x\right)}{d\left(\varepsilon + 1\right)} + \frac{\varepsilon_0 a x}{d}. \qquad (1)$$

Заряд конденсатора в этот момент времени

$$Q = CU = U\frac{\varepsilon_0 a}{d}\frac{2\varepsilon\left(a - x\right) + x\left(\varepsilon + 1\right)}{\varepsilon + 1}. \qquad (2)$$

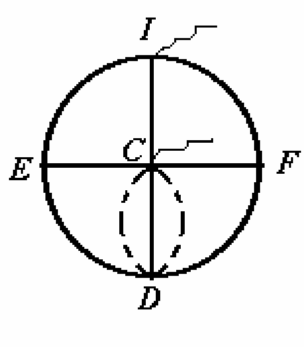
Соответственно, ток

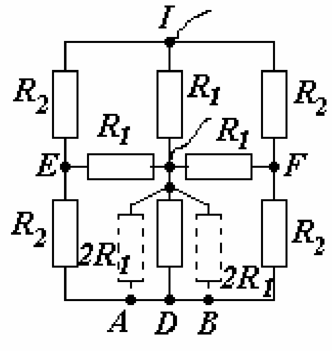
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = U_0 \frac{\varepsilon_0 a}{d}\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} v.$$

Искомое количество теплоты

$$Q = I^2 R \frac{a}{v} = U_0^2 \frac{\varepsilon_0^2 a^3}{d^2}\left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1}\right)^2 v R. \qquad (3)$$

10-5. Схема состоит из резисторов двух типов: типа “радиус” $R_1 = 2{,}5 ом$ и типа “дуга” $R_2 = 3{,}93\, ом.$





Один из вариантов решения: представить резистор $СД$ как два параллельно соединенных резистора $2R_1$. Далее перемычку AB можно убрать, так как точки A и B