ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
11 класс

**Задача 1. Влажный воздух в трубке**

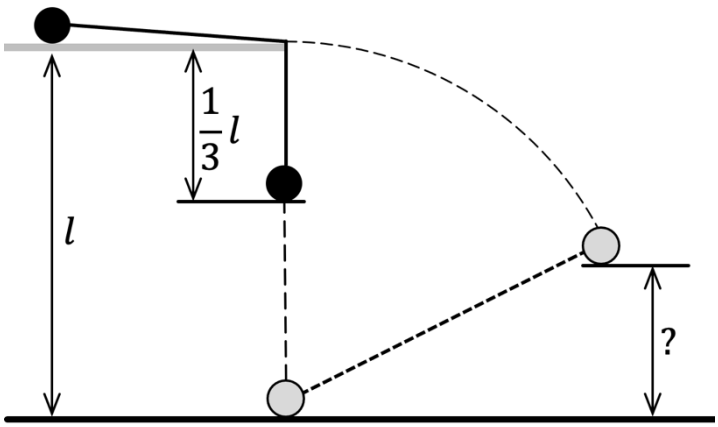
В горизонтальной стеклянной трубке, один конец которой герметично запаян, находится влажный воздух, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной $l = 76$ мм. Относительная влажность воздуха в трубке равна $\varphi_0 = 60\%$, атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт. ст.

Трубку медленно поворачивают в вертикальное положение открытым концом вверх. Температура воздуха в течение опыта остаётся постоянной. Определите относительную влажность воздуха после того, как трубка займёт вертикальное положение. Капиллярными эффектами пренебречь.

**Задача 2. Два шарика и нить**

Два маленьких шарика одинаковой массы соединены невесомой нерастяжимой нитью длиной $l$. Высота гладкого горизонтального стола также равна $l$. В начальный момент один шарик находится на столе, другой свисает за его край, причём длина вертикального участка нити равна $l/3$. Систему отпускают из состояния покоя. Трением нити о край стола пренебречь.

Достигнув пола, нижний шарик прилипает к нему; в этот же момент верхний шарик достигает края стола и слетает с него. На какой высоте над полом будет находиться верхний шарик, когда нить снова окажется натянутой?



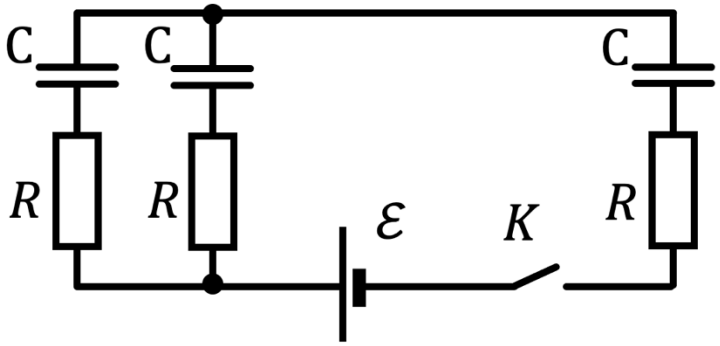
**Задача 3. Две шайбы и пружина**

На гладком горизонтальном столе находятся две шайбы массами $m_1 = 150$ г и $m_2 = 450$ г, соединённые лёгкой пружиной жесткостью $k$ = 20 Н/м. В начальный момент пружина не деформирована, шайбы покоятся. Первой шайбе сообщают скорость $v_0 = 12$ м/с в направлении второй. Найдите максимальную скорость второй шайбы при дальнейшем движении.

**Задача 4. Зарядка трёх конденсаторов**

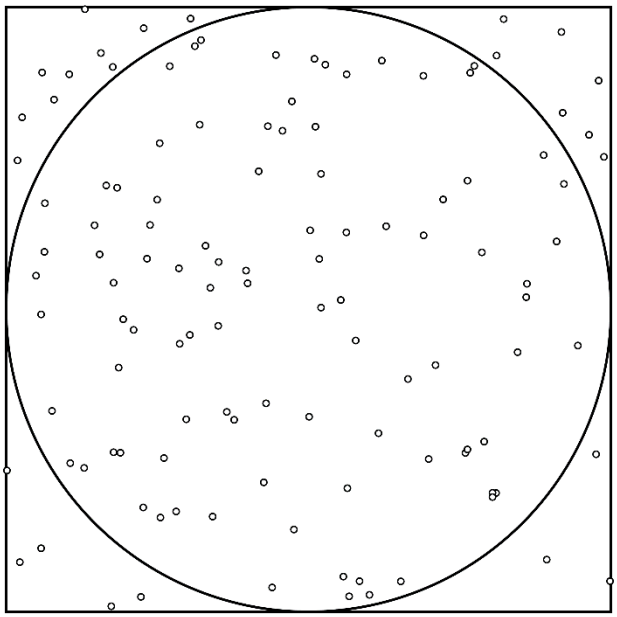
В схеме, изображённой на рисунке, ёмкости всех конденсаторов одинаковы и равны $C$, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны $R$. ЭДС идеального источника равна $\mathcal{E}$, его внутреннее сопротивление равно нулю. До замыкания ключа $K$ все конденсаторы разряжены.

Какую работу совершит источник за всё время зарядки конденсаторов? Какое количество теплоты выделится за это время в каждом из трёх резисторов?




**Задача 5. Метод Монте-Карло**

В квадрат вписана окружность. Независимо и равномерно по площади квадрата случайным образом нанесены 120 точек, показанные на рисунке. Найдите приближённое значение числа $\pi$. Оцените также погрешность результата.



ФИЗИКА
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания
заданий
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
11 класс

**Задача 1. Влажный воздух в трубке**

В горизонтальном положении столбик ртути не создаёт перепада давления между запертым воздухом и атмосферой, поэтому начальное давление воздуха в трубке равно

$$p_1 = p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.} \qquad (1 \text{ балл})$$

После поворота трубки открытый конец оказывается сверху, а запертый воздух — под столбиком ртути. Давление воздуха возрастает на гидростатическое давление столбика ртути высотой 76 мм:

$$p_2 = p_0 + 76 = 836 \text{ мм рт. ст. (2 балла)}$$

Температура постоянна. Пока водяной пар не начал конденсироваться, его парциальное давление изменяется при сжатии во столько же раз, во сколько изменяется полное давление смеси (2 балла):

$$\frac{p_{v2}}{p_{v1}} = \frac{p_2}{p_1}.$$

Относительная влажность определяется выражением (1 балл)

$$\varphi = \frac{p_v}{p_{\text{нп}}},$$

где $p_{\text{нп}}$ — давление насыщенного водяного пара при данной температуре. Поскольку температура не меняется, $p_{\text{нп}}$ остаётся постоянным.
Следовательно,

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_0} = \frac{p_2}{p_1}. \text{ (2 балла)}$$

Отсюда

$$\varphi_2 = 0.60 \cdot \frac{836}{760} = 0.60 \cdot 1.10 = 0.66. \quad (2 \text{ балла})$$

Полученное значение меньше 100 %, поэтому конденсация действительно не начинается и сделанное предположение самосогласованно.

**Ответ:** $\boxed{\varphi_2 = 66\%}$.

**Задача 2. Два шарика и нить**

Рассмотрим движение до момента удара нижнего шарика о пол. Высота стола равна $l$, а в начальный момент нижний шарик находится ниже поверхности стола на $l/3$. Значит, до пола ему необходимо опуститься на расстояние

$$h = l - \frac{l}{3} = \frac{2l}{3}.$$ (1 балл)

Из-за не растяжимости нити оба шарика в этот момент имеют одинаковую по модулю скорость $v$. Потеря потенциальной энергии нижнего шарика переходит в кинетическую энергию обоих шариков (1 балл):

$$mg\frac{2l}{3} = 2 \cdot \frac{mv^2}{2} = mv^2.$$

Поэтому

$$v^2 = \frac{2gl}{3}.$$ (1 балл)

В момент удара нижнего шарика о пол верхний шарик находится на краю стола на высоте $l$ и имеет горизонтальную скорость $v$. Нижний шарик прилипает к полу. Пока нить провисает, верхний шарик движется как свободно брошенное тело (1 балл).

Выберем начало координат в точке, где находится прилипший нижний шарик, ось $y$ направим вертикально вверх, а ось $x$ — горизонтально в сторону полёта. Тогда

$$x = vt,$$ (1 балл)

$$y = l - \frac{gt^2}{2}.$$ (1 балл)

Нить снова натянется, когда расстояние между шариками станет равным её длине $l$:

$$x^2 + y^2 = l^2.$$ (1 балл)

Подставим выражения для координат:

$$v^2t^2 + \left(l - \frac{gt^2}{2}\right)^2 = l^2.$$ (1 балл)

Раскрывая скобки и сокращая $l^2$, получаем

$$t^2\left(v^2 - lg + \frac{g^2t^2}{4}\right) = 0.$$

Решение $t = 0$ соответствует начальному моменту. Для следующего натяжения нити

$$\frac{g^2t^2}{4} = lg - v^2.$$

С учётом $v^2 = 2gl/3$:

$$t^2 = \frac{4}{g^2}\left(gl - \frac{2gl}{3}\right) = \frac{4l}{3g}.$$ (1 балл)

Высота шарика над полом в этот момент равна

$$y = l - \frac{g}{2} \cdot \frac{4l}{3g} = l - \frac{2l}{3} = \frac{l}{3}.$$ (1 балл)

Можно дополнительно проверить, что сразу после схода со стола нить действительно провисает. Для малого $t > 0$

$$x^2 + y^2 = l^2 + (v^2 - gl)t^2 + O(t^4),$$

а $v^2 - gl = -gl/3 < 0$, поэтому расстояние между шариками становится меньше $l$.

**Ответ:** $\boxed{h = \frac{l}{3}}$.

**Задача 3. Две шайбы и пружина**

Выясним в какой момент скорость второй шайбы будет максимальной. Когда первой шайбе сообщили скорость в направлении второй шайбы, расстояние между ними начинает уменьшаться, и пружина сжимается. Возникшая сила упругости приводит в движение второе тело и его скорость будет увеличиться до тех пор, пока пружина будет сжата. Как только пружина начнёт разжиматься скорость второго тела начнёт уменьшаться. Следовательно скорость второй шайбы будет максимальна в тот момент, когда пружина окажется в недеформированном состоянии, то есть, как и в первоначальный момент. Значит энергия упругой деформации пружины не будет входить в уравнение (1 балл). Полная механическая энергия также сохраняется. Запишем законы сохранения энергии и импульса:

$$m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$ (3 балла)

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$ (3 балла)

Решив эту систему уравнений, получим:

$$v_2 = \frac{2m_1 v_0}{m_1 + m_2}$$ (2 балла)

$$v_2 = 6\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$$ (1 балл)

**Ответ:** $\boxed{v_2 = 6\ \text{м/с}}$.

**Задача 4. Зарядка трёх конденсаторов**

Две левые ветви схемы совершенно одинаковы, поэтому ток между ними в любой момент делится поровну.

Эквивалентная ёмкость цепи равна

$$C_{\text{eq}} = \frac{2C \cdot C}{2C + C} = \frac{2C}{3}. \text{(1 балл)}$$

За всё время зарядки через источник проходит заряд

$$q = C_{\text{eq}}\mathcal{E} = \frac{2C\mathcal{E}}{3}. \text{(1 балл)}$$

Поэтому работа источника равна

$$A = \mathcal{E}q = \frac{2C\mathcal{E}^2}{3}. \text{(2 балла)}$$

Энергия, запасённая в конденсаторах после окончания зарядки, равна энергии эквивалентной ёмкости:

$$W_C = \frac{C_{\text{eq}}\mathcal{E}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}.$$

Следовательно, суммарное количество теплоты, выделившееся во всех резисторах,

$$Q_\Sigma = A - W_C = \frac{C\mathcal{E}^2}{3}.$$

Остаётся распределить эту теплоту между резисторами. Обозначим ток через правую ветвь через $I$. В двух одинаковых левых ветвях токи равны $I/2$. Тогда мгновенные мощности на резисторах находятся в отношении

$$P_1 : P_2 : P_3 = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R : \left(\frac{I}{2}\right)^2 R : I^2 R = 1 : 1 : 4. \text{(4 балла)}$$

Это отношение сохраняется в течение всего переходного процесса, поэтому в том же отношении распределяется и теплота:

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = 1 : 1 : 4.$$

Всего имеется шесть долей. Следовательно, в каждом из двух левых резисторов выделится

$$Q_1 = Q_2 = \frac{1}{6}Q_\Sigma = \frac{C\mathcal{E}^2}{18}, \text{(1 балл)}$$

а в правом резисторе

$$Q_3 = \frac{4}{6}Q_\Sigma = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}. \text{(1 балл)}$$

**Ответ:** $A = \frac{2C\mathcal{E}^2}{3}$; $Q_1 = Q_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{18}$; $Q_3 = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}$.

**Задача 5. Метод Монте-Карло**

Пусть радиус окружности равен $R$. Тогда сторона квадрата равна $2R$, площадь круга равна $\pi R^2$ (1 балл), а площадь квадрата – $4R^2$ (1 балл). Для равномерно распределённой случайной точки вероятность попасть внутрь круга составляет

$$p = \frac{\pi R^2}{4R^2} = \frac{\pi}{4}. \text{(2 балла)}$$

Следовательно,

$$\pi = 4p.$$

На рисунке из 120 точек внутри круга находятся 95, а вне круга – 25 (1 балл). Поэтому экспериментальная оценка вероятности попадания равна

$$\hat{p} = \frac{95}{120}.$$

Отсюда

$$\hat{\pi} = 4\hat{p} = 4 \cdot \frac{95}{120} = \frac{19}{6} \approx 3.167. \text{(1 балл)}$$

Для сравнения: фактическое отклонение полученной оценки от табличного значения числа $\pi$ составляет лишь

$$|3.167 - 3.142| \approx 0.025, \text{(2 балла)}$$

то есть около $0.8\%$ (2 балла). Это означает, что конкретная выборка оказалась удачной.

**Ответ:** $\boxed{\pi \approx 3.17}$, относительное отклонение полученной оценки от табличного значения числа $\pi$ составляет $\boxed{0.8\%}$.

**Максимальный балл за каждую задачу – 10 баллов.**

**Максимальный балл за комплект – 50 баллов.**