РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
2017 – 2018 учебный год
11 класс
Максимальный балл- 50

Задача № 1

В теплоизолированном герметичном сосуде объемом V_0 находится ν молей одноатомного идеального газа. Сосуд разделен на две части подвижной перегородкой, не пропускающей газ, причем слева и справа от перегородки находятся равные количества газа. Первоначально перегородка располагается посередине сосуда (делит его на равные части). Известно, что при этом температура газа слева от перегородки равна T_0.
1) Чему равны температура и давления газа справа от перегородки в первоначальном состоянии?
2) Какими станут давление и объем газа слева и справа от перегородки после установления равновесия, если к газу в левой части сосуда при помощи нагревателя, находящегося внутри сосуда, подвести количество теплоты Q? Рассмотрите случай, когда перегородка проводит тепло.

Возможное решение

1) Так как перегородка подвижная, то давления газа в обеих частях сосуда равны. Обозначим начальное давление P_0. По условию количество вещества в обеих частях сосуда так же равны, объемы частей тоже равны, значит, равны и температуры.
Из уравнения состояния выразим давление $P_0\frac{V_0}{2}=\frac{\nu}{2}RT_0$, откуда $P_0=\frac{\nu RT_0}{V_0}$.
2) Если перегородка проводит тепло, то температуры в обеих частях сосуда будут равны и после нагрева. А значит, в итоге перегородка опять окажется посередине, а все подведенное тепло уйдет на увеличение внутренней энергии всего газа. $Q=\frac{3}{2}\nu R\Delta T$.
Конечное давление $P=P_0+\frac{2Q}{3V_0}$.
Объем левой части $V=\frac{V_0}{2}$

Критерии оценивания

1	*Часть 1* Доказательство равенства давлений и температуры в обеих частя сосуда в изначальном состоянии	2 балла
2	Определение начального давления	2балла
3	*Часть 2* Обоснование равенства конечных температур	2балла
4	Обоснование конечного положения перегородки	2 балла
5	Вычисление конечного давления	2 балла
	Всего за задачу	**10 баллов**

Задача № 2

На горизонтальной поверхности лежат две шайбы с массами m и 2m на расстоянии l_0 друг от друга. Более тяжелой шайбе сообщают скорость υ_0 в направлении другой шайбы.

После абсолютно неупругого центрального удара шайбы остановились на расстоянии $l_1 = \frac{2}{3}l_0$ от места соударения. Найдите скорость υ_0, если коэффициент трения между шайбами и поверхностью равен μ.

Возможное решение

Энергия шайбы изменяется за счет работы силы трения. Запишем теорему об изменении кинетической энергии для тяжелой шайбы:

$$\frac{2mv_1^2}{2} - \frac{2mv_0^2}{2} = -F_{\text{тр}}l_0$$

где υ_1- скорость шайбы с массой 2m перед ударом, $F_{\text{тр}}=\mu mg$. Отсюда получим, что $\upsilon_0^2=v_1^2+2\mu g l_0$

Для абсолютно неупругого центрального столкновения запишем закон сохранения импульса:

$$2m\upsilon_1=3m\upsilon_2,$$

откуда найдем скорость движения υ_2 слипшихся шайб сразу после столкновения.

Применим теорему об изменении кинетической энергии для движения слипшихся шайб:

$$0 - \frac{3mv_2^2}{2} = -F_{\text{тр}}^{/}l_1$$

где $F_{\text{тр}}^{/} = 3\mu mg$.

Решая получившуюся систему уравнений, получим:

$$v_0=\sqrt{5\mu g l_0}$$

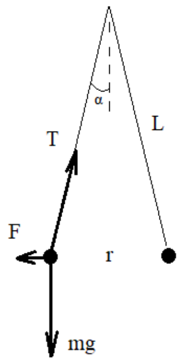
Критерии оценивания

1	Записана теорема об изменении кинетической энергии для движения тяжелой шайбы до столкновения	2 балла
2	Записана формула для вычисления силы трения	1 балл
3	Записан закон сохранения импульса	3 балла
4	Записана теорема об изменении кинетической энергии для движения слипшихся после столкновения шайб	2 балла
5	Выполнены необходимые преобразования	1 балл
6	Получен правильный ответ	1 балл
Всего за задачу		**10 баллов**

Задача № 3

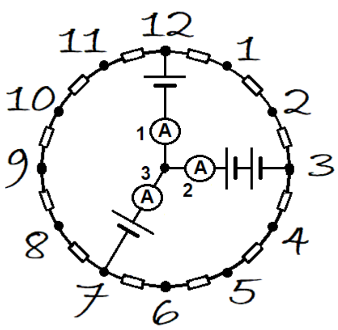
Два одинаковых маленьких проводящих шарика подвешены на длинных непроводящих нитях к одной точке. Шарики заряжены одинаковыми зарядами и находятся на расстоянии r друг от друга. Один из шариков разрядили. Каким стало расстояние между шариками после установления нового положения равновесия?

Возможное решение и критерии оценивания

1	Рисунок с расставленными силами * 	1 балл
2	Условие равновесия шариков в проекции на горизонтальную ось: $F = T\sin\alpha$ $F= Tr/(2L)$.	2 балла
3	Условие равновесия шариков в проекции на вертикальную ось: $mg = T\cos\alpha$; $mg \cong T$ ($\cos\alpha \cong 1$ так как α мал).	2 балла
4	По закону Кулона $F = kq^2/r^2$.	1 балл
5	Или $kq^2/r^2 = mgr/(2L)$. (1)	1 балл
6	После того, как один шарик разрядят, шарики столкнуться и оставшийся заряд поделиться пополам	1 балл
7	Условие нового равновесия: $k(q/2)^2/x^2 = mgx/(2L)$. (2)	1 балл
8	Сопоставляя (1) и (2) получаем что искомое расстояние x: $x = r/\sqrt[3]{4}$.	1 балл
Всего за задачу		**10 баллов**

(*) – для тех, кто задачу решил не полностью. Если задача решена полностью без рисунка, то можно ставить полный балл

Задача № 4



В схеме, приведенной на рисунке, каждый из 12 кусочков окружности имеет сопротивление R, все четыре источника имеют ЭДС равные ε и нулевые внутренние сопротивления. Найдите показания идеальных амперметров 1-3. Какой из них показывает наименьшее значение?

Возможное решение и критерии оценивания

1	Применим второе правило Кирхгофа для контура 12-7-центр. По дуге течет ток $I_{12-7} = 2\ \varepsilon/(5R)$ в направлении от 12 к 7.	2 балл
2	Применим второе правило Кирхгофа для контура 12-3-центр.	2 балл

	По дуге течет ток $I_{12\text{-}3} = 3\ \varepsilon/(3R) = \varepsilon/R$ в направлении от 12 к 3.	
3	Применим второе правило Кирхгофа для контура 7-3-центр. По дуге течет ток $I_{7\text{-}3} = \varepsilon/(4R)$ в направлении от 7 к 3.	2 балл
4	Первое правило Кирхгофа для узла 3 дает: $I_{A2} = \varepsilon/(4R) + \varepsilon/R = 5\varepsilon/(4R)$, ток течет к центру.	1 балл
5	Первое правило Кирхгофа для узла 12 дает: $I_{A1} = 2\varepsilon/(5R) + \varepsilon/R = 7\ \varepsilon/(5R)$, ток течет от центра.	1 балл
6	Первое правило Кирхгофа для узла 7 дает: $I_{A3} = 2\varepsilon/(5R) - \varepsilon/(4R) = 3\ \varepsilon/(20R)$, ток течет к центру.	1 балл
7	Наименьшее показание у амперметра A_3	1 балл
	Всего за задачу	**10 баллов**

Задача № 5

На фабрике по производству медицинских шприцев в отделе контроля качества возникла необходимость в наиболее точном определении внутреннего диаметра отверстия конуса, на который прикрепляется игла. Известен коэффициент поверхностного натяжения воды 72,7 мН/м при комнатной температуре. Число π принять равным 3.14, ускорение свободного падения 9,81 м/с^2, плотность воды 1000 кг/м^3.
Оборудование: медицинский шприц, стаканчик с водой.

Возможное решение

1. Наберем воду в шприц до максимального деления.
2. Расположив шприц вертикально над стаканчиком, плавно выдавливаем капельки воды, считая их.
3. Зная количество капель, объем вытекшей воды находим массу одной капли m_0 и ее объем V_0.
4. Понимая, что масса одной капли определяется из соотношения $\pi d = m_0 g$, определяем внутренний диаметр конуса шприца для прикрепления иглы.
5. Оценим погрешность.

Поскольку диаметр $d = mg/\pi = \rho * V_0 * g/\pi$, $V_0 = V/N$, где V – объем вытекшей воды, N – число отсчитанных капель.

Принимая, что N мы знаем абсолютно точно, то относительная погрешность измеренного диаметра совпадает с относительной погрешностью измерения объема вытекшей воды.

$\varepsilon d = \varepsilon V = \Delta V/V$, где

ΔV- цена деления шприца (зависит от конкретной модели производителя)

V – измеренный объем.

$\Delta d = \varepsilon d * d$, где d-полученное измерение диаметра в ходе эксперимента.

Критерии оценивания

1	Нахождение объема одной капли	1 балл
2	В работе указано, что шприц во время эксперимента располагался вертикально	1 балл
3	Нахождение массы капли	1 балл
4	Число капель в эксперименте превышает либо равно 10 шт	1 балл
5	Число капель в эксперименте превышает либо равно 20 шт	2 балла

6	Число капель в эксперименте превышает либо равно 30 шт	3 балла
7	Запись соотношения $\pi d = mg$	1 балл
8	Приведены логичные рассуждения по расчету погрешности	1 балл
9	Относительная погрешность измерения не превышает 5%	2 балла
10	Относительная погрешность измерения более 5% и менее 10%	1 балл
11	Относительная погрешность измерения превышает 10%	0 баллов
Всего за задачу		**10 баллов**