11 класс. Муниципальный тур. 2017/8 учебный год. Лазарев А.Н.

Задача 1.Ну очень полезное соотношение.

За последние 10 секунд свободного падения, тело пролетело 5/9 всего пути. С какой высоты падало тело.

Решение. Устное

$$t_1 = t_2 = t_3 \Rightarrow S_1 : S_2 : S_3 = 1:3:5 \Rightarrow S_1 = \frac{1}{9}S \quad S_2 = \frac{3}{9}S \quad S_3 = \frac{5}{9}S$$

Тело свободно $V_0 = 0$ падало 30 секунд с высоты $H = \frac{gt^2}{2} = 4500m$ метров.

***Ответ*:** $S = 4500ì$.

Критерии оценки.

Знание соотношения $S_1 : S_2 : S_3 : S_4 ... = 1:3:5:7...$ 2 балла

Определение из этого соотношения времени падения – знаменатель доли пути является квадратом номера последнего промежутка падения 4 балла

Определение высоты падения 4 балла

Альтернативноерешение.

$$\frac{4}{9}S = \frac{gt^2}{2} \quad \frac{5}{9}S = V \cdot 10 + \frac{g \cdot 10^2}{2} \Rightarrow \frac{\frac{4}{9}S}{\frac{5}{9}S} = \frac{\frac{gt^2}{2}}{gt \cdot 10 + \frac{g \cdot 10^2}{2}} \Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{5t^2}{100t + 500} \Rightarrow$$

$$V = gt$$

$$\frac{4}{5} = \frac{t^2}{20t + 100} \Rightarrow t^2 - 16t - 80 = 0 \Rightarrow t = 20c$$

Тело свободно $V_0 = 0$ падало 20+10=30 секунд с высоты $H = \frac{gt^2}{2} = 4500m$ метров.

***Ответ*:** $S = 4500ì$.

Критерии оценки.

Определение пути пройденного телом, за время t и, последние 10 секунд 4 балла

Определение скорости в начале последнего отрезка, в 10 секунд 2 балла

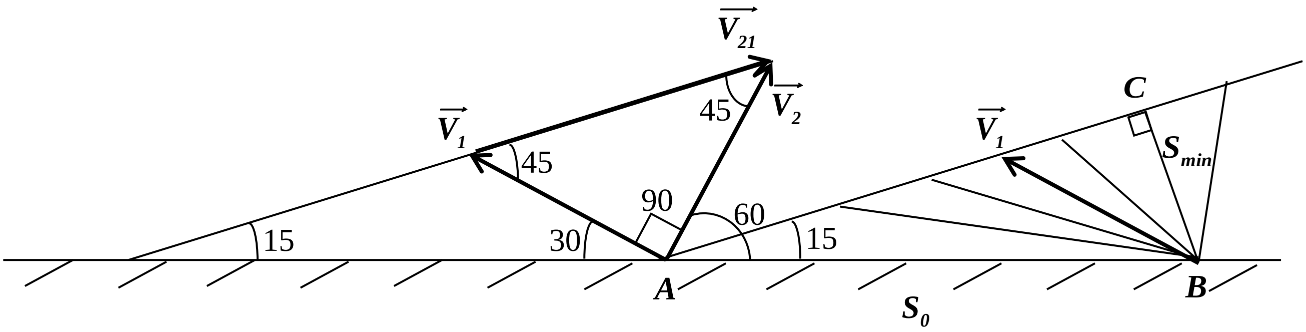
Определение времени падения 2 балла

Определение всей высоты падения 2 балла

Задача 2. Опять два тела.

Два тела, находящиеся на горизонтальной поверхности Земли на расстоянии 40 м друг от друга, одновременно брошены навстречу друг другу с одинаковыми скоростями 20 м/с, но под разными углами: первое под углом 30° к горизонту, а второе под углом 60° к горизонту. Определить минимальное и максимальное расстояние между телами.

Возможное решение.



Второе тело в системе отсчета связанной с первым телом будет двигаться с постоянной скоростью $\vec{V}_{21} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$ вдоль прямой АС. Расстояние между телами сначала будет равномерно уменьшаться, а после точки С увеличиваться. Минимальным расстоянием между телами будет длина перпендикуляра ВС $S_{min} = S_0 \sin 15^o = S_0\sqrt{\dfrac{1-\cos 30^o}{2}} = 11m$. Но только в том случае, если тела будут в движении. Время движения второго тела относительно первого до точки С $t_1 = \dfrac{S_0 \cos 15^o}{V_{21}} = \dfrac{S_0\sqrt{\dfrac{1+\cos 30^o}{2}}}{V\sqrt{2}} = 1{,}4ñ$. Первым упадет первое тело через $t = 2\dfrac{V \sin 30^o}{g} = 2c$, на расстоянии $S_2 = \dfrac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} = 34{,}4m$ от точки бросания. Второе тело продолжает удаляться и упадет на Землю, пролетев от точки бросания такое же расстояние, как и первое тело $\sin 60^o = \sin 120^o$. Наибольшим расстояние между телами будет после падения их на Землю

$$S_{max} = \left|2\,S_2 - S_0\right| = 28{,}8 < 40m \Rightarrow S_{max} = 40m$$

Ответ: $S_{min} = 11m, \quad S_{max} = 40m$

Критерии оценки.

Доказательство равномерности относительного движения и его изображение на рисунке (это уже было, поэтому только)	2 балла
Определение нужных углов и минимального расстояния по рисунку	2 балла
Определение величины относительной скорости и времени сближения тел	2 балла
Сравнение времени сближения со временем движения первого тела для обоснования способа определения минимального расстояния между телами	2 балла
Обоснование и определения наибольшего расстояния	2 балла

Задача 3. Пружинный маятник

К невесомой нерастянутой пружине жесткостью k подвесили груз массой m и сразу отпустили. Определить амплитуду колебаний маятника и максимальную скорость груза.

Возможное решение.

Максимальное растяжение пружины равно сумме растяжения до положения равновесия и амплитуды. А найти его можно из закона сохранения энергии: работа силы тяжести равна потенциальной энергии максимально растянутой пружины.

$$mgx_m = \frac{kx_m^2}{2}, \quad x_m = \frac{2mg}{k}, \quad x_m = x_0 + a$$

$$x_0 = \frac{mg}{k}, \Rightarrow a = x_m - x_0 = \frac{2mg}{k} - \frac{mg}{k} = \frac{mg}{k}$$

Максимальную скорость маятника найдем из закона сохранения энергии: кинетическая энергия груза при прохождении положения равновесия, равна потенциальной энергии пружины при амплитудном отклонении маятника от положения равновесия.

$$\frac{mV_m^2}{2} = \frac{ka^2}{2} \Rightarrow V_m = \sqrt{\frac{ka^2}{m}} = a\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{mg}{k}\sqrt{\frac{k}{m}} = g\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ответ: $a = \frac{mg}{k} \qquad V_m = g\sqrt{\frac{m}{k}}$

Критерии оценки.

Соотношение $x_m = x_0 + a$	2 балла.
Максимальное смещение	4 балла.
Положение равновесия	2 балла.
Закон сохранения энергии	2 балла.

Задача 4.Изохорный процесс.

После изохорного повышения температуры молекулярного кислорода вдвое, его давление повысилось втрое. Определить молярную массу и состав кислорода после нагревания.

Возможное решение.

$$\boldsymbol{P = nkT \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2kT_2}{n_1kT_1} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{2}}$$

$$\boldsymbol{\frac{n_2}{n_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = 1{,}5N_1}$$

В результате диссоциации молекул кислорода на атомы, число частиц увеличилось в полтора раза. Это означает, что распалась на атомы половина молекул. Если начальное количество молекулярного кислорода ν, то после диссоциации его осталось $\frac{\nu}{2}$, а количество атомарного кислорода ν.

$$\mu = \frac{m}{\nu} = \frac{m_1 + m_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{\mu_1\nu_1 + \mu_2\nu_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{32\frac{\nu}{2} + 16\nu}{\frac{\nu}{2} + \nu} = 21\frac{1}{3} \text{ г/моль}$$

Ответ: $\mu = 21\frac{1}{3}$ г/моль, 0,5 моль молекулярного и 1 моль атомарного кислорода.

Критерии оценивания

Понимание физической ситуации задачи:

так как $\frac{P_2}{P_1} \neq \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \mu_2 \neq \mu_1$ и нагревание молекулярного кислорода приводит к его диссоциации 4 балла.

Определение количества молекулярного и атомарного кислорода после диссоциации 4 балла

Расчет молярной массы смеси молекулярного и атомарного кислорода 2 балла

Альтернативное решение.

$$PV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \frac{P_2V}{P_1V} = \frac{\frac{m}{\mu_2}RT_2}{\frac{m}{\mu_1}RT_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{\mu_1T_2}{\mu_2T_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3 = 2\frac{\mu_1}{\mu_2} \Rightarrow \mu_2 = \frac{2}{3}\mu_1 = \frac{2\cdot 32}{3} = 21\frac{1}{3} \textit{(г/моль)}$$

Состав? Общее количество вещества после диссоциации $\nu' = \frac{m}{\mu} = \frac{32\nu}{21\frac{1}{3}} = 1{,}5\nu$ Количество вещества возросло в полтора раза.

Молекула кислорода распадается на два атома $O_2 \rightarrow O + O$, атомарного кислорода вдвое больше чем распавшегося молекулярного кислорода, тогда молекулярного кислорода осталось $\frac{\nu}{2}$, а атомарного стало ν.

Критерии оценивания

Понимание физической ситуации задачи:

так как $\frac{P_2}{P_1} \neq \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \mu_2 \neq \mu_1$ и нагревание молекулярного кислорода приводит к его диссоциации 4 балла.

Определение общего количества вещества после диссоциации 2 балла

Определение количества молекулярного и атомарного кислорода после диссоциации 4 балла

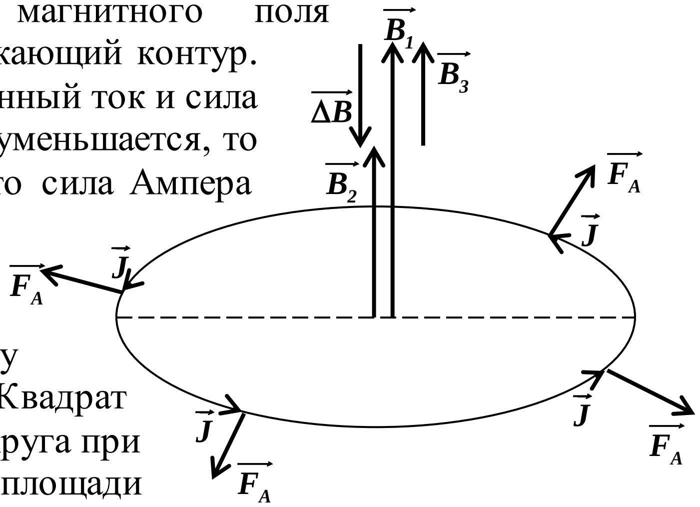
Ответ: $\mu = 21\frac{1}{3}$ г/моль, 0,5 моль молекулярного и 1 моль атомарного кислорода.

Задача 5. Гибкий контур с подсказкой.

Квадратный контур, из гибкого медного провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Индукция магнитного поля B уменьшается. До какого значения индукции магнитного поля заряд в контуре компенсируется, то есть суммарный заряд через поперечное сечение контура равен нулю. Какой заряд протечет через поперечное сечение контура, если вектор индукции магнитного поля уменьшится вдвое. Сторона квадрата a, а сопротивление контура R.

Возможное решение.

При изменении индукции магнитного поля изменяется магнитный поток, пересекающий контур. Появляется ЭДС индукции, индукционный ток и сила Ампера. Поскольку магнитный поток уменьшается, то индукционный ток направлен так, что сила Ампера направлена от центра контура наружу.



Так как провод гибкий, то это приводит к увеличению площади контура и дополнительному изменению магнитного потока. Квадрат трансформируется в круг, а площадь круга при одинаковом периметре больше площади квадрата. Убывание магнитной индукции ведет к уменьшению магнитного потока через контур, а рост площади контура – к его увеличению. Действие этих встречных факторов взаимно компенсируется. Заряд не течет до тех пор, пока увеличивается площадь или не перестаёт убывать магнитная индукция. И только после того как контур превратится в круг, а поле будет продолжать убывать, через поперечное сечение контура потечет заряд. Суммарный заряд, протекший через поперечное сечение мягкого контура будет меньше, чем через поперечное сечение жесткого контура.

$$\Delta q=\int Jdt=\int\frac{\varepsilon}{R}dt=\int\frac{-\frac{d\hat{O}}{dt}}{R}dt=-\int\frac{d\hat{O}}{R}=-\frac{1}{R}\int d\hat{O}=-\frac{\Delta\hat{O}}{R}$$

$$\Delta q=\frac{-\Delta\hat{O}}{R}=\frac{-\left(\Delta\hat{O}_1+\Delta\hat{O}_2\right)}{R}$$

$$\Delta\hat{O}_1=\hat{O}_{21}-\hat{O}_{11}=B\pi r^2\cos 0-Ba^2\cos 0=B\left(\pi r^2-a^2\right)$$

$$\left[2\pi r=4a\Rightarrow r=\frac{2a}{\pi}\right]\ \Delta\hat{O}_1=B\left(\frac{4a^2}{\pi}-a^2\right)=Ba^2\left(\frac{4}{\pi}-1\right)>0$$

$$\Delta\hat{O}_2=\hat{O}_{22}-\hat{O}_{12}=\frac{B}{2}\pi r^2\cos 0-B\pi r^2\cos 0=-\frac{B\pi r^2}{2}<0$$

$$\Delta q=\frac{-\Delta\hat{O}}{R}=\frac{\Delta\hat{O}_2-\Delta\hat{O}_1}{R}=\frac{\frac{B\pi r^2}{2}-Ba^2\left(\frac{4}{\pi}-1\right)}{R}=\frac{\frac{2Ba^2}{\pi}-Ba^2\left(\frac{4}{\pi}-1\right)}{R}=$$

$$=\frac{-\frac{2Ba^2}{\pi}+Ba^2}{R}=\frac{Ba^2\left(\pi-2\right)}{\pi R}$$

$$\Delta q=\frac{-\Delta\hat{O}}{R}=\frac{-\left(\hat{O}_2-\hat{O}_1\right)}{R}=\frac{\hat{O}_1-\hat{O}_2}{R}=0$$

$$\hat{O}_1-\hat{O}_2=Ba^2\cos 0-B_1\pi r^2\cos 0=$$

$$\left[2\pi r=4a\Rightarrow r=\frac{2a}{\pi}\right]$$

$$=Ba^2-B_1\pi\left(\frac{2a}{\pi}\right)^2=Ba^2-B_1\frac{4a^2}{\pi}=0\Rightarrow B_1=\frac{\pi B}{4}$$

$B_1=\frac{\pi B}{4}>\frac{B}{2}$ Поэтому дальнейшее уменьшение индукции приведет к протеканию через поперечное сечение не скомпенсированного заряда.

Если ученик будет сознательно находить сумму модулей зарядов протекающих во встречных направлениях, то такое решение считать верным.

Ответ: $B_1=\frac{\pi B}{4}$ $\qquad \Delta q=\frac{Ba^2\left(\pi-2\right)}{\pi R}$

Критерии оценивания

Вывод формулы $\Delta q=\frac{-\Delta\hat{O}}{R}$	2 балла.
Понимание физической ситуации и обоснование причины изменения площади контура:	
обоснование направления начального индукционного тока	1 балл,
обоснование направления силы Ампера	1 балл,
расчет увеличения площади контура	1 балл.
Определение индукции	3 балла.
Расчет заряда	2 балла.

Альтернативное решение.

Детальный расчет изменения встречных магнитных потоков не обязателен. Достаточно найти разность начального и конечного магнитных потоков. Если ученик понимает физическую суть задачи, догадывается и обосновывает причину изменения площади контура, то можно считать достаточным такое решение задачи.

$$\Delta q = \int J dt = \int \frac{\varepsilon}{R} dt = \int \frac{-\frac{d\hat{O}}{dt}}{R} dt = -\int \frac{d\hat{O}}{R} = -\frac{1}{R}\int d\hat{O} = -\frac{\Delta \hat{O}}{R}$$

$$\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R} = \frac{-\left(\hat{O}_2 - \hat{O}_1\right)}{R} = \frac{\hat{O}_1 - \hat{O}_2}{R} = 0$$

$$\hat{O}_1 - \hat{O}_2 = Ba^2 \cos 0 - B_1 \underleftrightarrow{\pi r^2} \cos 0 =$$

$$\left[2\pi r = 4a \Rightarrow r = \frac{2a}{\pi}\right]$$

$$= Ba^2 - B_1 \pi \left(\frac{2a}{\pi}\right)^2 = Ba^2 - B_1 \frac{4a^2}{\pi} = 0 \Rightarrow B_1 = \frac{\pi B}{4}$$

$$\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R} = \frac{-\left(\hat{O}_2 - \hat{O}_1\right)}{R} = \frac{\hat{O}_1 - \hat{O}_2}{R}$$

$$\hat{O}_1 - \hat{O}_2 = Ba^2 \cos 0 - \frac{B}{2} \underleftrightarrow{\pi r^2} \cos 0 = Ba^2 - \frac{B}{2}\pi r^2$$

$$\left[2\pi r = 4a \Rightarrow r = \frac{2a}{\pi}\right] \Rightarrow$$

$$\hat{O}_1 - \hat{O}_2 = \left(Ba^2 - \frac{B}{2}\pi\left(\frac{2a}{\pi}\right)^2\right) = B\left(a^2 - \frac{2a^2}{\pi}\right) = Ba^2\left(1 - \frac{2}{\pi}\right) = \frac{Ba^2(\pi - 2)}{\pi}$$

$$\Delta q = \frac{\hat{O}_1 - \hat{O}_2}{R} = \frac{Ba^2(\pi - 2)}{\pi R}$$

Ответ: $B_1 = \frac{\pi B}{4}$ $\qquad \Delta q = \frac{Ba^2(\pi - 2)}{\pi R}$

Критерии оценивания

Вывод формулы $\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R}$ 2 балла.

Понимание физической ситуации и обоснование причины изменения площади контура:
обоснование направления начального индукционного тока 1 балл,

обоснование направления силы Ампера	1 балл,
расчет увеличения площади контура	1 балл.
Определение индукции	3 балла.
Расчет заряда	2 балла.

Альтернативное решение.

$$\Delta q = \int J dt = \int \frac{\varepsilon}{R} dt = \int \frac{-\frac{d\hat{O}}{dt}}{R} dt = -\int \frac{d\hat{O}}{R} = -\frac{1}{R}\int d\hat{O} = -\frac{\Delta \hat{O}}{R}$$

$$\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R} = \frac{-\left(\hat{O}_2 - \hat{O}_1\right)}{R} = \frac{\hat{O}_1 - \hat{O}_2}{R} = 0$$

$$\hat{O}_1 - \hat{O}_2 = Ba^2 \cos 0 - B_1 \underleftrightarrow{\pi r^2} \cos 0 =$$

$$\left[2\pi r = 4a \Rightarrow r = \frac{2a}{\pi}\right]$$

$$= Ba^2 - B_1 \pi \left(\frac{2a}{\pi}\right)^2 = Ba^2 - B_1 \frac{4a^2}{\pi} = 0 \Rightarrow B_1 = \frac{\pi B}{4}$$

$B_1 = \frac{\pi B}{4} > \frac{B}{2}$ Поэтому дальнейшее уменьшение индукции приведет к протеканию через поперечное сечение не скомпенсированного заряда. Но квадрат уже трансформировался в круг.

$$\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R} = \frac{-\left(\hat{O}_2 - \hat{O}_1\right)}{R} = \frac{\hat{O}_1 - \hat{O}_2}{R} = \frac{B_1 \pi r^2 - \frac{B}{2}\pi r^2}{R} = \frac{\frac{\pi B}{4} - \frac{B}{2}}{R}\pi r^2 =$$

$$= \frac{B}{2}\frac{\frac{\pi}{2} - 1}{R}\pi \left(\frac{2a}{\pi}\right)^2 = \frac{2Ba^2\left(\frac{\pi}{2} - 1\right)}{\pi R} = \frac{Ba^2\left(\pi - 2\right)}{\pi R}$$

Ответ: $B_1 = \frac{\pi B}{4}$ $\qquad \Delta q = \frac{Ba^2\left(\pi - 2\right)}{\pi R}$

Критерии оценивания

Вывод формулы $\Delta q = \frac{-\Delta \hat{O}}{R}$	2 балла.
Понимание физической ситуации и обоснование причины изменения площади контура:	
обоснование направления начального индукционного тока	1 балл,
обоснование направления силы Ампера	1 балл,
расчет увеличения площади контура	1 балл.
Определение индукции	3 балла.
Расчет заряда	2 балла