

Решения
11 класс

1. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит брусок. На него начинает действовать горизонтально направленная сила, величина которой изменяется по закону $F(t) = 2t$ (Н). Определите массу бруска и коэффициент трения бруска о поверхность, если через $t_1 = 4$ с брусок двигался со скоростью $v_1 = 2$ м/с, а через $t_2 = 6$ с – со скоростью $v_2 = 8$ м/с.

Решение

Идея решения заключается в построении графика зависимости ускорения бруска от времени на основе II закона Ньютона: горизонтальный участок от $t = 0$ до $t = t_0$ и далее наклонный. На наклонном участке для любой точки можно найти скорость, как площадь под графиком по формуле: $v = (t - t_0)^2/m$. Сделав это для двух приведенных в условии моментов времени получим два уравнения, решение которых и позволит найти искомое: $2m = (4 - t_0)^2$ и $8m = (6 - t_0)^2$. Тогда $t_0 = 2$ с, $m = 2$ кг. Наконец, из уравнения начала движения: $2t_0 = \mu mg$, определяем коэффициент трения $\mu = 0,2$.

№	Этап решения	Соотношения и значения	Баллы
1	Записан второй закон Ньютона	$ma = 2t - F_{\text{тр}}$	1
2	Построен график зависимости ускорения бруска от времени	$a = 2t / m - \mu g$	3
3	Получено уравнение для скорости (из площади под графиком)	$v = (t - t_0)^2/m$, где t_0 – момент начала движения	3
4	Найдены момент начала движения и масса бруска	$t_0 = 2$ с, $m = 2$ кг	2
5	Определен коэффициент трения по моменту начала движения	$2t_0 = \mu mg$, $\mu = 0,2$	1

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
2016-2017 учебный год
Алтайский край

2. В запаянной трубке находится 1 г водяного пара и немного воды. Начальная температура содержимого трубки $t_0 = 7^\circ\text{C}$. Температуру в трубке увеличили до $t = 77^\circ\text{C}$, и давление пара в ней возросло в 10 раз. Определите, сколько граммов воды было в трубке? Ниже в таблице приведено давление насыщенного водяного пара при некоторых температурах.

$t, ^\circ\text{C}$	0	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
$p, \text{кПа}$	0,61	1,00	1,94	3,57	6,28	10,61	17,31	27,33	41,88	62,49	90,94

Решение

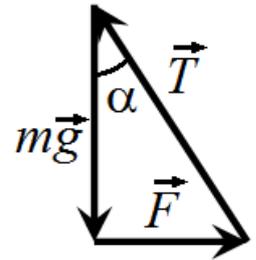
Пар при условиях задачи можно считать идеальным газом, поэтому запишем дважды уравнение Менделеева-Клапейрона: $p_0V = \frac{m_0}{M}RT_0$ и $10p_0V = \frac{m_0+m}{M}RT_0$. При этом из условия задачи можно сделать вывод, что сначала пар является насыщенным, а в конце – ненасыщенным и, следовательно, вода испарилась вся. Разделив уравнения друг на друга, находим правильный ответ: $m = 7 \text{ г}$.

№	Этап решения	Соотношения и значения	Баллы
1	Явно сказано, что сначала пар в трубке является насыщенным, а в конце процесса – ненасыщенным	(по одному баллу за каждое утверждение)	2
2	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона для начального состояния	$p_0V = \frac{m_0}{M}RT_0$	2
3	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона для конечного состояния	$10p_0V = \frac{m_0+m}{M}RT_0$	3
4	Уравнения сведены вместе, например, делением	$10m_0T_0 = (m_0 + m)T$	1
5	Получен правильный числовой ответ	$m = 7 \text{ г}$	2

3. На легкой непроводящей нити длиной $l = 1$ м висит положительно заряженный шарик массой $m = 20$ г. Медленно включили горизонтально направленное однородное электростатическое поле с напряженностью $E = 10$ кВ/м, и нить постепенно отклонилась от вертикали на угол α ($\operatorname{tg}\alpha = 0,5$). Определите силу натяжения нити, если, медленно выключив горизонтальное, включить такое же по величине поле (E) направленное вертикально. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Решение

Учитывая равновесие шарика, запишем: $m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F} = 0$. Для решения необходимо нарисовать рисунок, с указанием трех действующих на шарик сил: тяжести, натяжения и со стороны электростатического поля. Эти три вектора образуют прямоугольный треугольник и для его катетов верно: $F = mg \cdot \operatorname{tg}\alpha$. Далее надо рассмотреть вертикально приложенное поле, причем возникает два варианта направления поля: вверх и вниз. Следовательно, из проекций того же самого исходного векторного уравнения получаем: $T_1 = mg + F = 0,3$ Н и $T_2 = mg - F = 0,1$ Н.



№	Этап решения	Соотношения и значения	Баллы
1	Показаны силы, действующие на шарик сначала (выполнен рисунок с пояснениями)		3
2	По рисунку получено соотношение сил из условия равновесия (можно проекциями)	$F = mg \cdot \operatorname{tg}\alpha$ или $F = mg / 2$	2
3	Показан и найден первый вариант: когда сила дополнительно растягивает нить подвеса	$T_1 = mg + F$ или $T_1 = 1,5mg$	2
4	Показан и найден второй вариант: когда сила уменьшает натяжение	$T_2 = mg - F$ или $T_2 = 0,5mg$	2
5	Записаны правильные числовые ответы	$T_1 = 0,3$ Н $T_2 = 0,1$ Н	1

4. Один конденсатор заряжен до напряжения $U_1 = 10$ В, а другой – до напряжения $U_2 = 20$ В. После соединения конденсаторов одноименными обкладками, на них установилось напряжение $U_3 = 12$ В. Какое напряжение U_4 установилось бы на конденсаторах, если бы их соединили разноименными обкладками?

Решение

Можно дважды записать закон сохранения заряда: для случая соединения одноименными пластинами и разноименными пластинами. Используя также связь заряда, напряжения и электрической емкости конденсатора, находим: $C_1U_1 + C_2U_2 = (C_1 + C_2)U_3$ и $C_1U_1 - C_2U_2 = (C_1 + C_2)U_4$. Первое уравнение после подстановки числовых значений позволяет найти соотношение емкостей конденсаторов: $C_1 = 4C_2$. Используя это условие, из второго уравнения находим: $U_4 = 4$ В.

№	Этап решения	Соотношения и значения	Баллы
1	Приведена формула связи напряжения, заряда и электроемкости	$q = CU$	1
2	Записан закон сохранения заряда для первого способа соединения	$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$	2
3	Найдено соотношение емкостей конденсаторов	$C_1U_1 + C_2U_2 = (C_1 + C_2)U_3$ $C_1 = 4C_2$	3
4	Записан закон сохранения заряда для второго способа соединения	$q_1 - q_2 = q'_1 + q'_2$	2
5	Найдено искомое напряжение	$C_1U_1 - C_2U_2 = (C_1 + C_2)U_4$ $U_4 = 4$ В	2

5. В однородное магнитное поле перпендикулярно к силовым линиям влетают протоны, предварительно прошедшие ускоряющую разность потенциалов U . Радиус орбиты протона $R = 1$ мм. Когда разность потенциалов увеличили на $\Delta U = 2,1$ кВ, радиус орбиты также увеличился на $\Delta R = 0,1$ мм. Какой была начальная разность потенциалов U ?

Решение

По закону сохранения энергии кинетическая энергия иона при разгоне будет равна работе электростатического поля (если пренебречь начальной скоростью частицы): $\frac{mv^2}{2} = qU$. Учитывая направления магнитного поля и скорости ионов, частицы будут двигаться по окружности, причем $mv = qBR$. Совмещая уравнения, получим, что при разных ускоряющих напряжениях:

$\frac{U}{R^2} = \frac{qB^2}{2m} = const$. Следовательно: $\frac{U}{R^2} = \frac{U + \Delta U}{(R + \Delta R)^2}$. Подставляя числовые

значения: $U = 10$ кВ.

№	Этап решения	Соотношения и значения	Баллы
1	Приведена формула связи кинетической энергии и ускоряющей разности потенциалов	$\frac{mv^2}{2} = qU$	2
2	Получено выражение для движения в магнитном поле по окружности*	$mv = qBR$	2
3	Найдена связь радиуса орбиты и ускоряющей разности потенциалов	$\frac{U}{R^2} = \frac{qB^2}{2m} = const$	2
4	Связаны два случая движения орбиты одним уравнением	$\frac{U}{R^2} = \frac{U + \Delta U}{(R + \Delta R)^2}$	3
5	Получен правильный числовой ответ	$U = 10$ кВ	1

* – если выражение записано без вывода, то 1 балл