Шифр

$\sum$

11-Т1. Вращающаяся гильза

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Указано (используется в решении), что угол α между скоростью точек поверхности и направлением движения остается постоянным или показано, что $\frac{\omega R}{v} = const$	1.0		
1.2	Найдена проекция силы трения на направление движения в виде $F_x = F(x)\frac{v_0}{\sqrt{(\omega_0 R)^2 + v_0^2}}$ — Если уравнение записано в виде $F_x(x) = F(x)\cos\alpha$ без правильного выражения для α	1.0 *0.5*		
1.3	Корректно записан закон сохранения энергии для прохождения гильзы через отверстие	1.0		
1.4	Получен правильный ответ для минимальной скорости	2.0		
2.1	При ответе на второй вопрос использована связь скорости движения и угловой скорости $\frac{\omega R}{v} = \frac{\omega_0 R}{v_0}$ или $\frac{\omega}{v} = \frac{\omega_0}{v_0}$	1.0		
2.2	Из закона сохранения энергии получено $v_1 = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$	1.0		
2.3	Получен ответ на второй вопрос $\omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$	1.0		
3.1	Указано, что уравнения движения гильзы в отверстии аналогичны уравнению колебаний или явно записано уравнение движения	0.5		
3.2	Найдена эффективная частота для движения гильзы через отверстие $\Omega = \sqrt{\frac{F_0\cos\alpha}{ml}}$	1.0		
3.3	Правильно записан закон движения гильзы до момента полного погружения гильзы в отверстие $x = x_0\sin\Omega t$	0.5		
3.4	Найдена эффективная амплитуда – коэффициент перед синусом $x = v_0\sqrt{\frac{ml}{F_0\cos\alpha}}$	1.0		
3.5	Найдено искомое время движения τ	1.0		

Шифр

$\sum$

11-Т2. Как измерить поверхностное натяжение?

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Утверждение о постоянстве силы натяжения по всей длине нити из-за невесомости нити и перпендикулярности сил поверхностного натяжения к участкам нити.	1.0		
1.2	Доказано, что нить представляет собой часть дуги окружности.	2.0		
1.3	Получено соотношение между радиусом кривизны нити и силой натяжения $T = 2R\sigma$	1.0		
1.4	Радиус кривизны нити выражен через L, d, h: $R = \dfrac{(L-d)^2 + h^2}{4(L-d)}$. — Если только получено соотношение между R, L, d, h, но радиус не выражен явно	2.0 *1.0*		
1.5	**Метод 1.** Записано условие равновесия для нижней половины системы: $2T + 2\sigma d = mg$	2.0		
1.6°	**Метод 2.** Записано условие равновесия для планки: $2T\cos\alpha + 2\sigma L = mg$	1.0		
1.7°	**Метод 2.** Угол, под которым нить подходит к планке, выражен через радиус: $\sin\alpha = \dfrac{h}{2R}$	1.0		
1.8	Получена формула для коэффициента поверхностного натяжения $\sigma = \dfrac{mg(L-d)}{h^2 + L^2 - d^2}$	2.0		
2.1	Получен численный ответ в диапазоне 0.063 – 0.069 Н/м	2.0		

Шифр

$\sum$

11-Т3. Трапеция лорда Кельвина

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Указано (используется в решении), что линейный процесс с постоянной теплоёмкостью может быть изобарой или изохорой.	0.5		
1.2	Указано, что процесс $p = \alpha V$ является линейным процессом с постоянной теплоёмкостью.	1.0		
1.3	Указано, что теплоёмкость газа в процессе $p = \alpha V$ равна (любой вариант или эквивалентная формула): $$C = \frac{c_p + C_V}{2} = C_V + \frac{\nu R}{2} = 3\nu R.$$	1.0		
1.4	В решении содержится утверждение, что других линейных процессов с постоянной теплоёмкостью нет.	0.5		
1.5	Доказано утверждение, что других линейных процессов с постоянной теплоёмкостью нет.	1.0		
1.6	Сделан вывод, что процессы bc и da являются изобарными.	1.0		
1.7	Указано, что продолжения отрезков ab и cd пересекаются в начале координат.	0.5		
1.8	Правильно восстановлены положения координатных осей p и V (по 0,5 балла за каждую)	2 точки по 0.5		
2.1	Обоснованно получены ответы для T_b и T_d: $$T_b = T_d = 200\text{ K}.$$	0.5		
2.2	Обоснованно получен ответ для $T_a = 400$ K.	0.5		
2.3	Получено соотношение: $$T_b \cdot T_c = T_a \cdot T_d$$ или эквивалентное ему.	1.0		

2.4	Получен ответ для T_c: $$T_c = 100\ \text{К}.$$	0.5		
3.1	Записана формула для КПД цикла η: $$\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{A + Q_-}$$	0.5		
3.2	Получены правильные формулы для любых двух из трёх величин (любой вариант или эквивалентная формула): $$Q_+ = C(T_d - T_c) + C_p(T_a - T_d) = \frac{\nu R(7T_a - 6T_c - T_d)}{2}$$ $$Q_- = C(T_a - T_b) + C_p(T_b - T_c) = \frac{\nu R(6T_a + T_b - 7T_c)}{2}$$ $$A = \frac{\nu R(T_a + T_c - T_b - T_d)}{2}$$	2 вел. по 0.5		
3.3	Получены правильная формула для КПД (любой вариант или эквивалентная формула): $$\eta = \frac{T_a + T_c - T_b - T_d}{7T_a - 6T_c - T_d} = \frac{T_1 - T_2}{7T_1 + 6T_2}$$	1.0		
3.4	Получен правильный численный ответ для η: $$\eta = 0{,}05$$	0.5		
	Примечание: при использовании формул для C_p и C_V не для двухатомного газа пункты 3.3 и 3.4 оцениваются в 0 баллов, а остальные пункты оцениваются в полный балл при правильных вычислениях.			

Шифр

$\sum$

11-Т4. Цилиндр и нелинейная плотность заряда

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1	В решении присутствует обоснование того, что вектора напряженности в точках O и B направлены вдоль оси цилиндра, связанное, например, с осевой симметрией в распределении заряда (при его разбиении на кольца)	0.5		
2	В решении присутствует утверждение, что напряженности поля цилиндра в точках O и B направлены противоположно (или что силы, действующие на заряды диполя, сонаправлены)	0.5		
3	Указано верное направление суммарной силы (вниз или противоположно оси Ox)	1.0		
4	Записано (используется в решении) верное выражение для напряженности (или потенциала) на оси кольца (при верном ответе на п. 8 этот балл ставится в любом случае)	1.0		
5	Отмечена (используется в решении) симметрия в распределении заряда: $\sigma(x) = \sigma_0 - \sigma(H - x)$	1.0		
6	Предложен метод наложения перевернутого симметрично такого же цилиндра на исходный цилиндр, с получением равномерно заряженной поверхности	3.0		
7	Пояснено, что в этом случае поле в центре основания равномерно заряженного цилиндра равно: $\mathrm{E} = \mathrm{E}_1 + \mathrm{E}_2$	1.0		
8	Любым из корректных способов (в том числе через скорость изменения потенциала или интегрированием результатов п. 4) правильно найдено поле в центре основания равномерно заряженного цилиндра	2.0		
9	Указано (используется в решении), что искомая сила $F = q(E_1 + E_2)$	0.5		
10	Получено верное выражение для модуля F	1.5		

Шифр

$\sum$

11-T5. Движение в скрещенных полях

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Правильно записан закон сохранения механической энергии: $$\frac{mv^2}{2} = qEy.$$	1.0		
1.2	Правильно записано уравнение движения для частицы в проекции на ось x $(*)$: $$ma_x = +qB(y)v_y = +\alpha q\sqrt{y} \cdot v_y.$$	0.5		
1.3	Правильно найдена зависимость $v_x(y)$ $(**)$: $$v_x(y) = \frac{2\alpha q}{3m} \cdot y^{3/2}.$$	1.5		
1.4	Правильно определено максимальное значение y (при котором скорость направлена вдоль оси x): $$y_1 = \frac{3}{\alpha}\sqrt{\frac{mE}{2q}}.$$	1.0		
1.5	Получен правильный ответ на первый вопрос: $$v_1 = \sqrt{\frac{3E}{\alpha}\sqrt{\frac{2qE}{m}}}.$$	1.0		

2.1	Записаны выражения для нормальной компоненты ускорения через радиус кривизны (0.5 балла) и через уравнение движения частицы в проекции на нормальную ось (0.5 балла): $$a_n = \frac{v^2}{R} \qquad a_n = \frac{qvB}{m} + \frac{qE_n}{m}.$$	2 точки по 0.5		
2.2	Записано правильное выражение для нормальной компоненты напряжённости электрического поля: $$E_n = -E \cdot \frac{v_x}{v}$$ или эквивалентное выражение.	1.0		
2.3	Показано, что радиус кривизны траектории остаётся постоянным $(***)$.	1.5		
2.4	Получено выражение для радиуса кривизны траектории: $$R = \frac{3}{\alpha}\sqrt{\frac{mE}{2q}}.$$	1.0		
3.1	В ответе на третий вопрос на рисунке изображена полуокружность с правильными положениями её центра и точки старта $(***)$.	0.5		
4.1	Указано, что после остановки в момент времени T частица начнёт двигаться по такой же полуокружности, центр которой смещён на расстояние $2R$ вдоль оси x $(***)$.	0.5		
4.2	Правильно указано положение частицы в момент времени $\tau = 3T/2$ следующими способами $(***)$: 1) Указаны координаты частицы $(x,y) = (3R,R)$; 2) Указано, что частица находится в вершине второй полуокружности.	0.5		
4.3	Получен правильный ответ на четвёртый вопрос: $$S(\tau) = \frac{3}{\alpha}\sqrt{\frac{5mE}{q}}$$	1.0		

	$*$ - При ошибке в знаке пункт оценивается в 0 баллов, но если в дальнейшем решении других ошибок (кроме знаков проекции скорости v_x и смещений по оси x) нет, то последующие результаты оцениваются в полный балл; $**$ - Если в пункте ошибка в коэффициенте перед $y^{3/2}$ - пункты 2.4 и 4.3 автоматически оцениваются в 0 баллов. Если в этом пункте неправильная степенная зависимость от y - из всех пунктов 1.4-4.4 баллы можно получить только за пункты 2.1 и 2.2; $***$ - Баллы за пункты 2.3 и 3.1, 4.1, 4.2 выставляются и при неправильном определении R, если v^2 и v_x имеют правильные степенные зависимости от y.			

.