

### Задача 1

На гладкой горизонтальной поверхности находится жесткий клин массой  $M$ , причем его гладкая наклонная поверхность составляет угол  $\alpha$  с горизонтом. На этот клин налетает жесткий шарик той же массы  $M$ , у которого за мгновение до столкновения с наклонной поверхностью клина скорость была горизонтальной. Происходит абсолютно упругий удар. Какой угол  $\beta$  с горизонтом составит скорость шарика сразу после удара?

**Ответ:**  $\operatorname{tg}\beta = 2\operatorname{tg}\alpha$ .

#### Критерии

Правильно записан закон сохранения механической энергии – 1 балл.

Правильно записан закон сохранения горизонтальной проекции импульса – 1 балл.

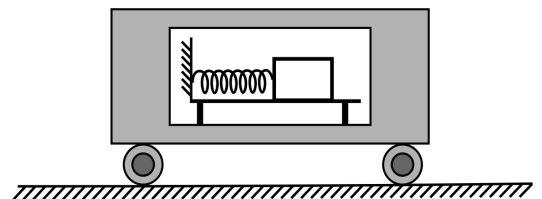
Правильно записан закон сохранения проекции импульса шарика на наклонную плоскость – 2 балла.

Решена система уравнений и получен правильный ответ – 2 балла.

Всего: 6 баллов.

### Задача 2

Поезд, подходящий к станции, движется равнозамедленно с ускорением  $a = 0,2 \text{ м/с}^2$ , вплоть до момента остановки. На абсолютно гладком горизонтальном столе внутри вагона поезда находится грузик, соединённый пружиной с неподвижной опорой (см. рис.). Пока поезд движется, грузик неподвижен относительно вагона. В момент, когда поезд останавливается, грузик приходит в движение и начинает колебаться с периодом  $T = 1 \text{ с}$ . Найдите амплитуду колебаний грузика.



**Ответ:**  $x_m = \frac{aT^2}{4\pi^2} \approx 5 \text{ мм}$ .

#### Критерии

Записан второй закон Ньютона для грузика – 4 балла.

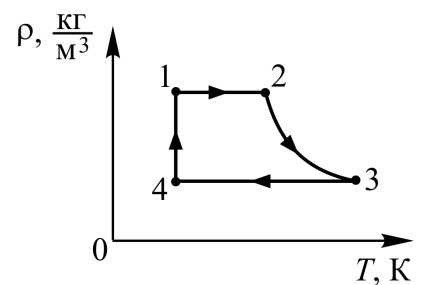
Использована формула для периода колебаний пружинного маятника – 1 балл.

Получен правильный ответ (формула и число) – 1 балл.

Всего: 6 баллов.

### Задача 3

С одним моле одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1-2-3-4-1, как показано на рисунке в координатах  $\rho$ - $T$  (плотность-температура). Участок 2-3 – гипербола. Температуры в точках 1, 2 и 3 равны, соответственно,  $T_1 = 300 \text{ К}$ ,  $T_2 = 500 \text{ К}$ ,  $T_3 = 800 \text{ К}$ . На участке 4-1 газ отдает холодильнику количество теплоты  $Q_{41} \approx 1172 \text{ Дж}$ . Найти КПД цикла.



**Ответ:**  $\eta = \frac{\nu R(T_3 - T_2) - Q_{41}}{\frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)} \approx 0,15$

(или  $\eta = \frac{2\left(T_3 - T_2 - T_1 \ln \frac{T_3}{T_2}\right)}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1} \approx 0,15$ ).

#### Критерии

Цикл перерисован на  $pV$ -диаграмме (или все процессы описаны словами) – 1 балл.

Найдено количество теплоты  $Q_{12}$  – 1 балл.

Найдено количество теплоты  $Q_{23}$  – 1 балл.

Найдено количество теплоты  $Q_{34}$  – 1 балл.

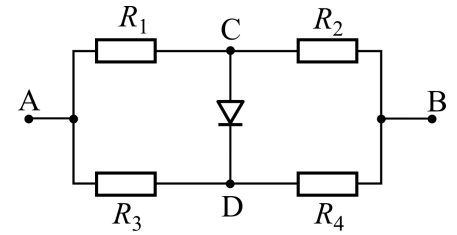
Получена правильная формула для КПД – 1 балл.

Получен правильный численный ответ – 1 балл.

Всего: 6 баллов

### Задача 4

Участок АВ электрической цепи состоит из резисторов с сопротивлениями  $R_1 = R_0$ ,  $R_2 = 9R_0$ ,  $R_3 = 9R_0$ ,  $R_4 = R_0$ , где  $R_0 = 1$  кОм, и идеального диода CD (см. рис.). Идеальный диод пропускает ток без сопротивления в направлении от С к D и не пропускает совсем в обратном направлении. Участок АВ подключают к источнику переменного синусоидального напряжения  $U_{AB}(t) = U_m \sin \omega t$ , амплитуда которого равна  $U_m = 300$  В. Какая тепловая мощность будет выделяться на этом участке?



**Ответ:**  $P = \frac{17U_m^2}{90R_0} = 17$  Вт.

#### Критерии

Для участка цепи правильно применен закон Ома – 1 балл.

Найдено соотношение сопротивлений, при котором диод открыт или закрыт – 1 балл.

(Если правильное обоснование того факта, что в течение одного полупериода изменения напряжения диод открыт, а в течение другого полупериода – закрыт, дано другим способом – 2 балла.)

Найдено сопротивление участка цепи при открытом диоде – 1 балл.

Найдено сопротивление участка цепи при закрытом диоде – 1 балл.

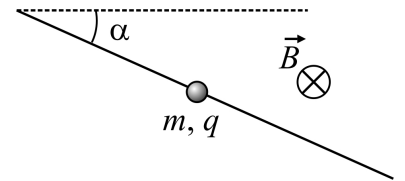
Записана правильная формула для средней за период мощности – 1 балл.

Получен правильный ответ (формула и число) – 1 балл.

Всего: 6 баллов.

### Задача 5

Бусинка, нанизанная на неподвижный стержень, образующий угол  $\alpha$  с горизонтом (см. рис.), имеет массу  $m$  и заряд  $q$ . Бусинка может скользить вдоль стержня с коэффициентом трения  $\mu$  и начинает движение из состояния покоя, причем  $\mu < \tan \alpha$ . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , линии которой горизонтальны (перпендикулярны плоскости рисунка и направлены за его плоскость). Какую максимальную скорость и какое максимальное ускорение будет иметь бусинка при движении? Стержень не проводит ток. Рассмотреть два случая:  $q > 0$  и  $q < 0$ .



**Ответ:**  $v_{\max} = \begin{cases} \frac{mg}{\mu q B} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha), & q > 0 \\ \frac{mg}{\mu q B} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha), & q < 0 \end{cases}; \quad a_{\max} = \begin{cases} g \sin \alpha, & q > 0 \\ g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha), & q < 0 \end{cases}$

#### Критерии

При  $q > 0$  найдено максимальное ускорение – 1 балл.

При  $q > 0$  найдена максимальная скорость – 2 балла.

При  $q < 0$  найдено максимальное ускорение – 1 балл.

При  $q < 0$  найдена максимальная скорость – 2 балла.

Всего: 6 баллов.