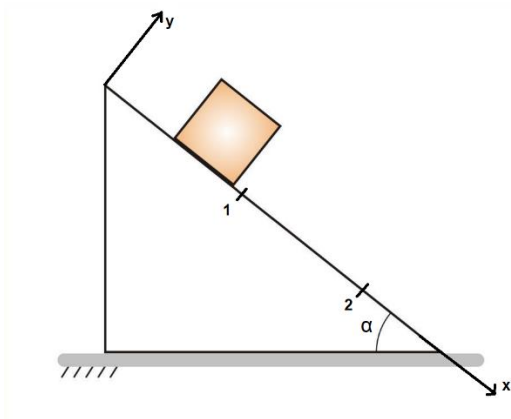


**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА  
2020/2021 УЧ. ГОД  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ТУР**

**10 КЛАСС  
Вариант 1**

**Задание 1**

Брусок движется по наклонной плоскости под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту без начальной скорости. Выберите правильную формулу, описывающую изменение импульса тела в процессе прохождения через точки 1 и 2 (см. рисунок) в проекции на ось  $X$ , направленную по движению тела.



- 1)  $m(v_1 - v_2) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$
- 2)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$
- 3)  $m(v_1 - v_2) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \mu \frac{1}{2}\right)$
- 4)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \mu \frac{1}{2}\right)$
- 5)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{1}{2}\right)$

**Ответ: 2**

**Задание 2**

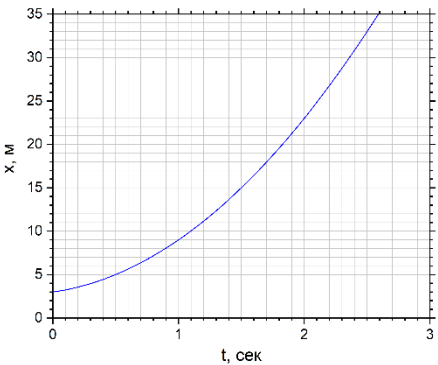
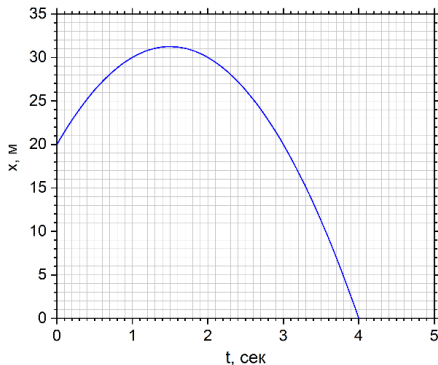
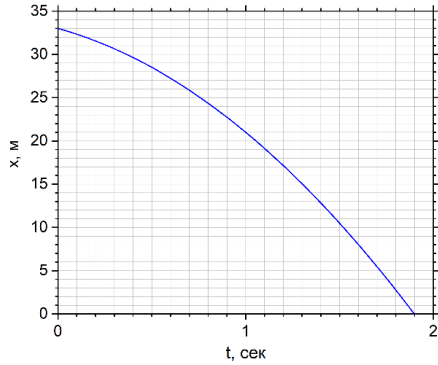
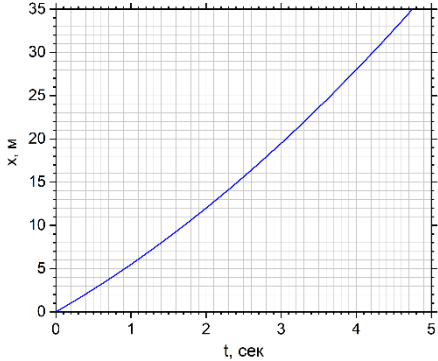
Соотнесите график изменения координаты тела  $X$  в зависимости времени при равноускоренном движении с уравнением координаты  $x(t)$ .

1)  $x(t) = 33 - 6t - 6t^2$

3)  $x(t) = 5t + 0,5t^2$

$$2) x(t) = 3 + 2t + 4t^2$$

$$4) x(t) = 20 + 15t - 5t^2$$

		Ответ:
	<b>А</b>	<b>2</b>
	<b>Б</b>	<b>4</b>
	<b>В</b>	<b>1</b>
	<b>Г</b>	<b>3</b>

### Задание 3

К источнику постоянной ЭДС  $\varepsilon=3$  В подключены последовательно соединённые резистор  $R = 40$  Ом и нелинейный элемент, вольт-амперная

характеристика которого может быть аппроксимирована функцией  $I(U_{\text{НЭ}}) = 0,01U_{\text{НЭ}}^2$ . Найдите силу тока в цепи. Результат округлите до тысячных.

**Решение:**

Так как  $\varepsilon = U_{\text{НЭ}} + IR$ , то напряжение на нелинейном элементе равно  $U_{\text{НЭ}} = \varepsilon - IR$ . Для нахождения тока  $I$  в цепи следует решить нелинейное алгебраическое уравнение:  $I = 0,01(\varepsilon - IR)^2$ . Искомое значение тока лежит в интервале от 0 до  $\varepsilon/R = 0,075$  (А). Выполним преобразования уравнения  $0,01(\varepsilon - IR)^2 - I = 0$

$$\begin{aligned}0,01(\varepsilon^2 - 2\varepsilon IR + I^2 R^2) - I &= 0 \\0,01\varepsilon^2 - 0,02\varepsilon IR + 0,01I^2 R^2 - I &= 0 \\0,01R^2 \cdot I^2 - (0,02\varepsilon R + 1) \cdot I + 0,01\varepsilon^2 &= 0\end{aligned}$$

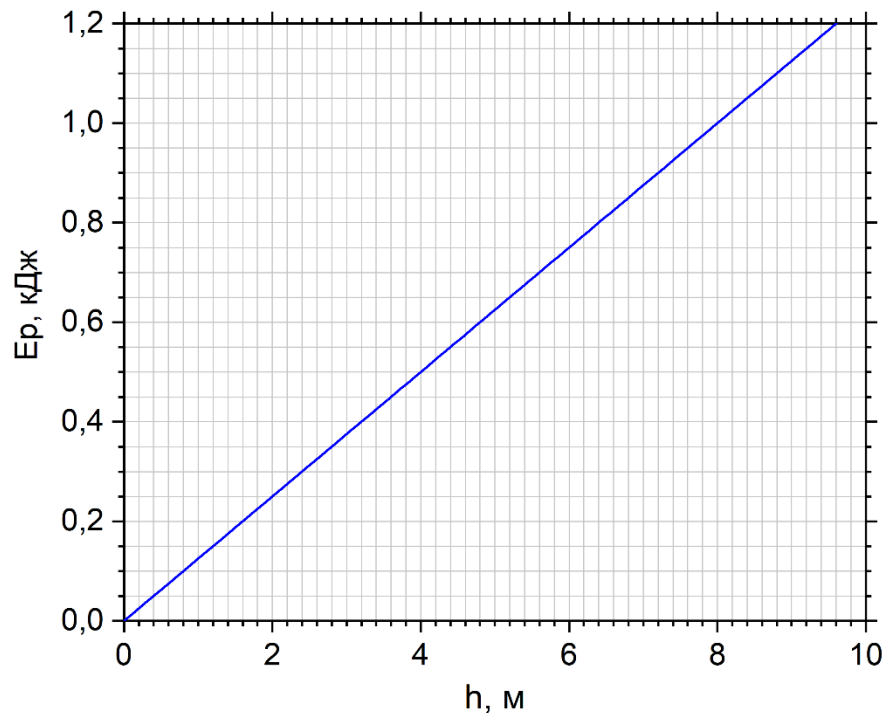
Подставив значения ЭДС и сопротивления, получим решение квадратного уравнения, которое даёт искомый ток.

$$\begin{aligned}16 \cdot I^2 - 3,4 \cdot I + 0,09 &= 0 \\I &= 0,031 \text{ А}\end{aligned}$$

**Ответ:**  $I = 0,031$  А

**Задание 4**

На неизвестной планете экспериментатор Винтик снимал зависимость потенциальной энергии стального шара от высоты его подъёма над поверхностью планеты. В результате исследования был получен график (см. рисунок). Определите, чему равно ускорение свободного падения на планете, если известно, что диаметр шара равен 20 см? Ответ округлите до сотых.



**Решение:**

Как известно из формулы для потенциальной энергии, представленный график описывает следующее уравнение:

$$E_p = mgh.$$

Угловой коэффициент графика позволяет получить соотношение  $mg = 125 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Массу шара можно найти, используя формулу плотности и объёма шара:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3; \quad m = \rho V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho = 33 \text{ кг}.$$

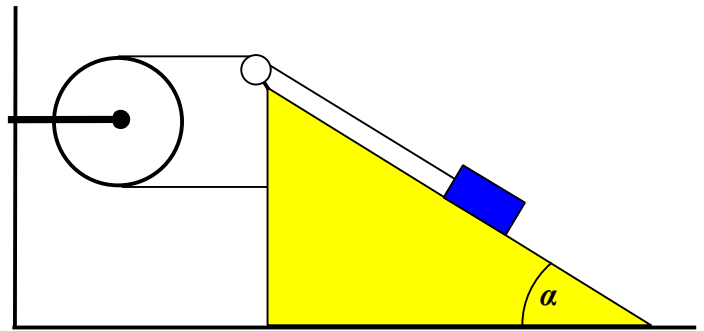
Отсюда  $g = \frac{20}{m} = \frac{125}{33} = 3,78 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . В связи с особенностями округления при подсчетах допустимым является диапазон ответов от 3,78 до 3,90  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

**Ответ:** В связи с особенностями округления при подсчетах допустимым является диапазон ответов от 3,78 до 3,90  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

**Задание 5**

На горизонтальной поверхности находится клин с углом  $\alpha = 30^\circ$  при основании. На его гладкой наклонной плоскости находится небольшой груз,

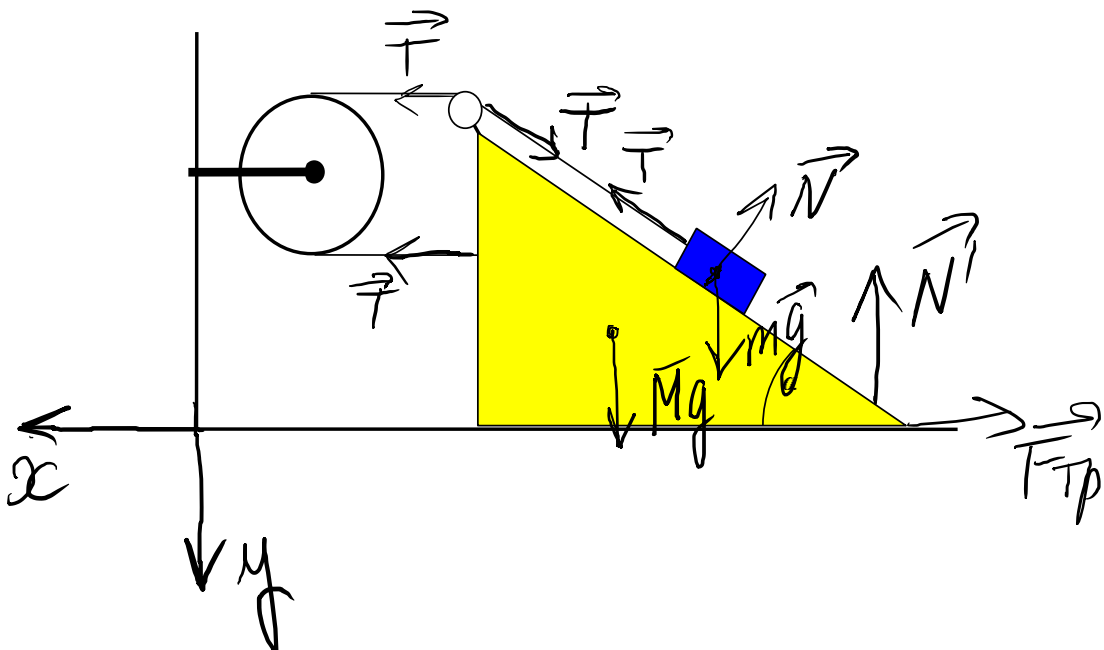
соединённый с клином с помощью невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через два блока. Блоки невесомые и вращаются без трения, масса клина  $M=5$  кг, масса груза  $m = 2$  кг. С каким ускорением начнёт двигаться клин после отпускания:



- 1) если коэффициент трения клина о горизонтальную поверхность равен  $\mu = 0,25$ ?
- 2) если горизонтальная поверхность гладкая?

Движение клина – поступательное. Все ответы округлите до сотых.

**Решение:**



Запишем все силы, действующие в системе через 2-й закон Ньютона:

$$\begin{cases} MA = T(2 - \cos\alpha) + N \sin\alpha - \mu N' \\ ma_x = T \cos\alpha - N \sin\alpha \\ ma_y = mg - T \sin\alpha - N \cos\alpha \\ N' - Mg + N \cos\alpha + T \sin\alpha \\ \begin{cases} a_x = A(1 - 2\cos\alpha) \\ a_y = 2A \sin\alpha \end{cases} \end{cases}$$

Отсюда следует, что

$$\begin{cases} T = mg \sin\alpha - mA(2 - \cos\alpha) \\ N = mg \cos\alpha - mA \sin\alpha \end{cases}$$

И тогда, соответственно

$$1) A = \frac{2m\sin\alpha - \mu(M + m)}{M + m(5 - 4\cos\alpha - 2\mu\sin\alpha)} \cdot g = 0,33 \frac{M}{c^2}$$

$$2) A_{\mu=0} = \frac{2m\sin\alpha}{M + m(5 - 4\cos\alpha)} \cdot g = 2,48 \frac{M}{c^2}$$

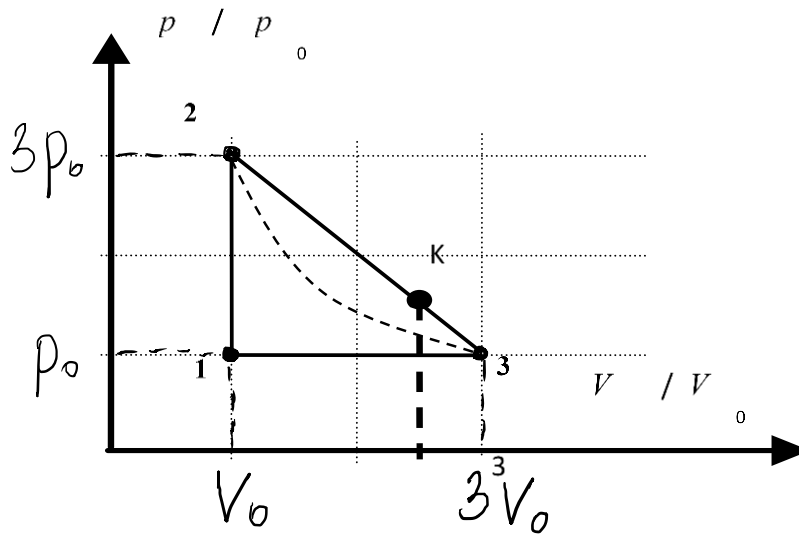
**Ответ:**

$$1) A = 0,33 \frac{M}{c^2}$$

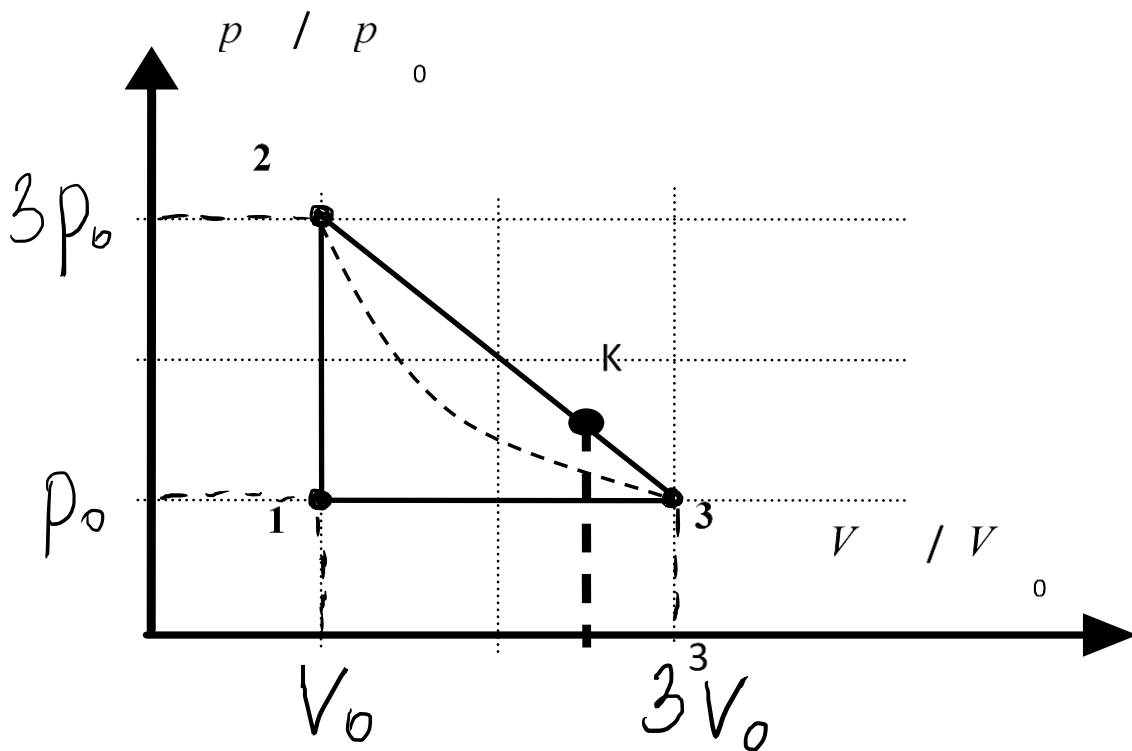
$$2) A_{\mu=0} = 2,48 \frac{M}{c^2}$$

### Задание 6

Рабочее тело тепловой машины –  $\nu = 3$  моль идеального одноатомного газа. Цикл рабочего тела показан на диаграмме в координатах «давление-объём». Пунктиром на диаграмме показана изотерма. Найти максимальную температуру и КПД цикла, если  $p_0 = 13$  атм, а  $V_0 = 2$  л. Ответ округлите до целых значений.



**Решение:**



Вопрос 1

$$p(V) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V - V_0) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V + p_0 = 4p_0 - \frac{p_0}{V_0}V$$

$$\frac{4p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2}{-vR} = T$$

$$T'_V = \frac{1}{vR} \left( 4p_0 - \frac{2p_0}{V_0}V \right) = 0$$

$$V_1 = 2V_0 \Rightarrow p_1 = 2p_0$$

$$T_{max} = \frac{4p_0V_0}{vR} = 417,17 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 417^\circ\text{C}$$

Вопрос 2

$$\eta = \frac{A}{Q_H}; A = 2p_0V_0$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{2K}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 3p_0V_0$$

$$Q_{2K} = A_{2K} + \Delta U_{2K}$$

$$\left\{ \begin{aligned} A_{2K} &= \frac{p_2 + p_K}{2} (V_K - V_2) = \frac{27}{8} p_0 V_0 \\ \Delta U_{2K} &= \frac{3}{2} (p_K V_K - p_2 V_2) = \frac{9}{8} p_0 V_0 \end{aligned} \right.$$

$$Q_{2K} = \frac{9}{2} p_0 V_0 \Rightarrow Q_H = \frac{15}{2} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{4}{15} \approx 26,7\% \approx 27\%$$

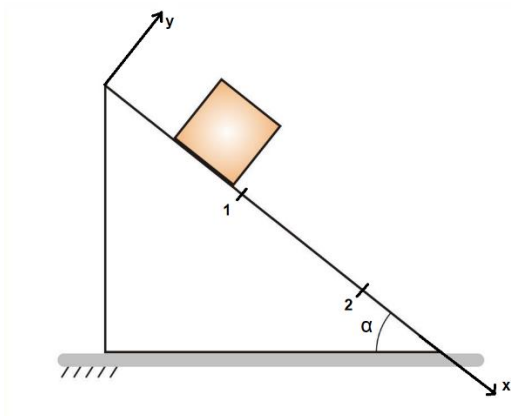
Ответ:  $T_{max} = 417,17 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 417^\circ\text{C}$ ,  $\eta \approx 26,7\% \approx 27$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА  
2020/2021 УЧ. ГОД  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ТУР**

**10 КЛАСС  
Вариант 2**

**Задание 1**

Брусок движется по наклонной плоскости под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту без начальной скорости. Выберите правильную формулу, описывающую изменение импульса тела в процессе прохождения через точки 1 и 2 (см. рисунок) в проекции на ось  $X$ , направленную по движению тела.



- 1)  $m(v_1 - v_2) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \mu \frac{1}{2}\right)$
- 2)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \mu \frac{1}{2}\right)$
- 3)  $m(v_1 - v_2) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$
- 4)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{1}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$
- 5)  $m(v_2 - v_1) = \Delta t \cdot mg \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \mu \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

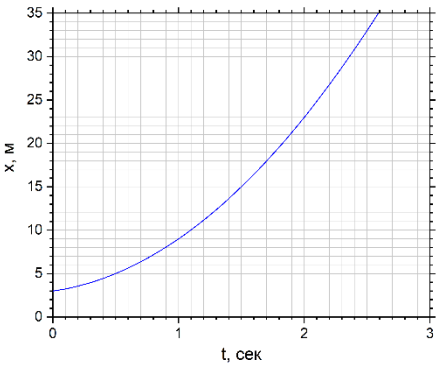
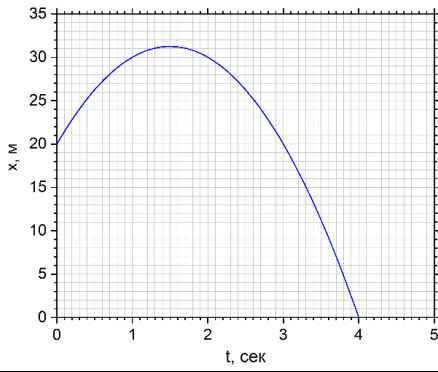
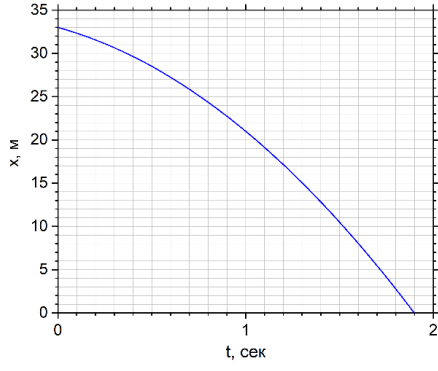
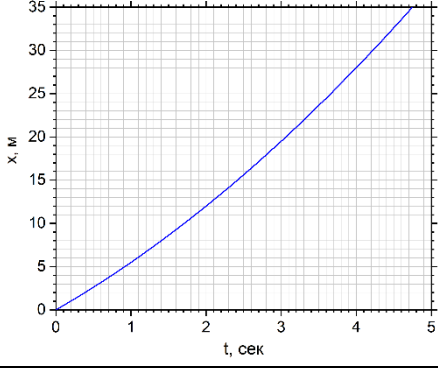
**Ответ:2**

**Задача № 2**

Соотнесите график изменения координаты тела  $X$  в зависимости от времени при равноускоренном движении с уравнением координаты  $x(t)$ .

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1) $x(t) = 33 - 6t - 6t^2$ | 3) $x(t) = 5t + 0,5t^2$     |
| 2) $x(t) = 3 + 2t + 4t^2$  | 4) $x(t) = 20 + 15t - 5t^2$ |



		Ответ:
	<b>А</b>	<b>2</b>
	<b>Б</b>	<b>4</b>
	<b>В</b>	<b>1</b>
	<b>Г</b>	<b>3</b>

### Задание 3

К источнику постоянной ЭДС  $\varepsilon = 3$  В подключены последовательно соединённые резистор  $R = 50$  Ом и нелинейный элемент, вольт-амперная характеристика которого может быть аппроксимирована функцией  $I(U_{НЭ}) = 0,01U_{НЭ}^2$ . Найдите ток в цепи. Результат округлите до тысячных.

**Решение:**

Так как  $\varepsilon = U_{\text{НЭ}} + IR$ , то напряжение на нелинейном элементе равно  $U_{\text{НЭ}} = \varepsilon - IR$ . Для нахождения тока  $I$  в цепи следует решить нелинейное алгебраическое уравнение:  $I = 0,01(\varepsilon - IR)^2$ . Искомое значение тока лежит в интервале от 0 до  $\varepsilon/R = 0,06$  (А). Выполним преобразования уравнения  $0,01(\varepsilon - IR)^2 - I = 0$

$$0,01(\varepsilon^2 - 2\varepsilon IR + I^2 R^2) - I = 0$$

$$0,01\varepsilon^2 - 0,02\varepsilon IR + 0,01I^2 R^2 - I = 0$$

$$0,01R^2 \cdot I^2 - (0,02\varepsilon R + 1) \cdot I + 0,01\varepsilon^2 = 0$$

Подставив значения ЭДС и сопротивления, получим решение квадратного уравнения, которое даёт искомый ток.

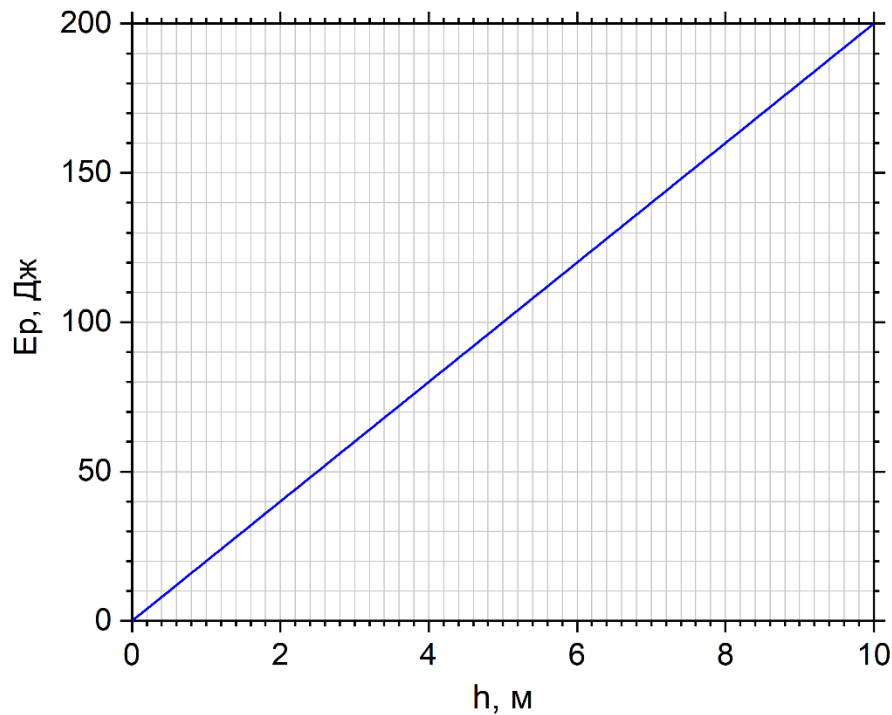
$$25 \cdot I^2 - 4 \cdot I + 0,09 = 0$$

$$I = 0,027 \text{ А}$$

**Ответ:**  $I = 0,027 \text{ А}$

**Задание 4**

На неизвестной планете экспериментатор Винтик снимал зависимость потенциальной энергии стального шара от высоты его подъёма над поверхностью планеты. В результате исследования был получен график (см. рисунок). Определите, чему равно ускорение свободного падения на планете, если известно, что диаметр шара равен 20 см? Плотность стали  $7,8 \text{ г/см}^3$ . Ответ округлите до сотых.



**Решение:**

Как известно из формулы для потенциальной энергии, представленный график описывает следующее уравнение:

$$E_p = mgh.$$

Угловой коэффициент графика позволяет получить соотношение  $mg = 20 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Массу шара можно найти, используя формулу плотности и объёма шара:

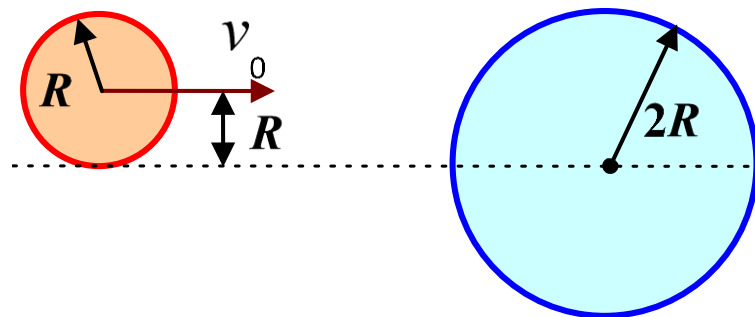
$$V = \frac{4}{3}\pi r^3; \quad m = \rho V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho = 33 \text{ кг}.$$

Отсюда  $g = \frac{20}{m} = \frac{20}{33} = 0,61 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . В связи с особенностями округления при расчетах в качестве правильного ответа принимался диапазон от 0,61 до 0,63  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

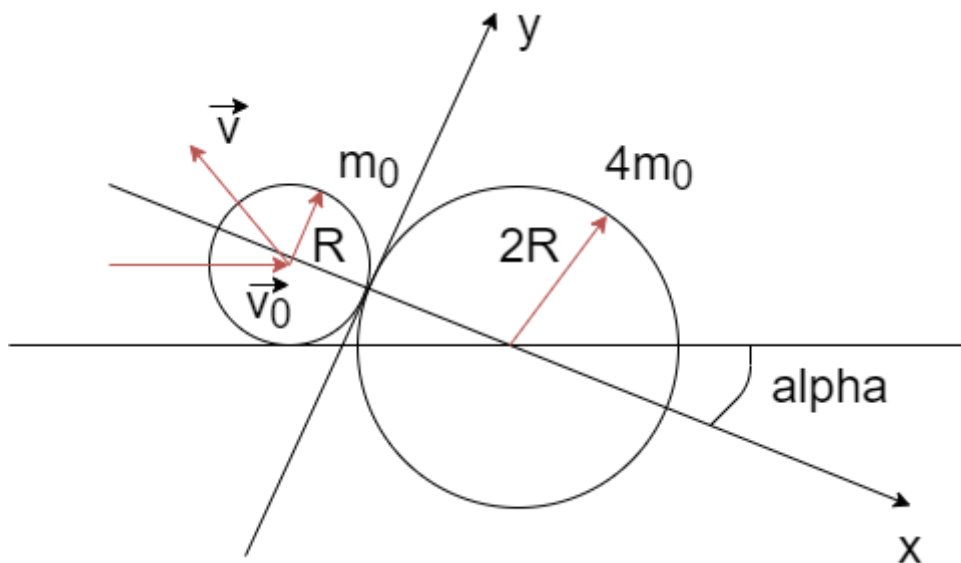
**Ответ:** В связи с особенностями округления при расчетах в качестве правильного ответа принимался диапазон от 0,61 до 0,63  $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

**Задание 5**

Упругая гладкая цилиндрическая шайба радиуса  $R$  скользит по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $V_0 = 8,3$  м/с и налетает на покоящуюся шайбу такой же высоты с радиусом  $2R$ , изготовленную из того же материала. При этом расстояние от линии, вдоль которой движется центр налетающей шайбы, до центра покоящейся в точности равно  $R$ . Происходит абсолютно упругий удар. Во сколько раз изменится скорость меньшей из шайб в результате соударения? Найдите скорость шайбы радиуса  $2R$ . Ответ округлите до сотых.



**Решение:**



$$\sin \alpha = \frac{1}{3}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha = \frac{1}{3} v_0, V_y = 0$$

$$\begin{cases} m v_0 \cos \alpha = m v_x + 4m v_x \\ \frac{m(v_0 \cos \alpha)^2}{2} = \frac{m v_x^2}{2} + \frac{4m v_x^2}{2} \end{cases}$$

Следовательно,

$$\begin{cases} v_x = \frac{m - 4m}{m + 4m} v_0 \cos \alpha = \frac{2\sqrt{2}}{5} v_0 \\ V_x = \frac{2m}{m + 4m} v_0 \cos \alpha = \frac{4\sqrt{2}}{15} v_0 \end{cases}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{97}}{15} v_0$$

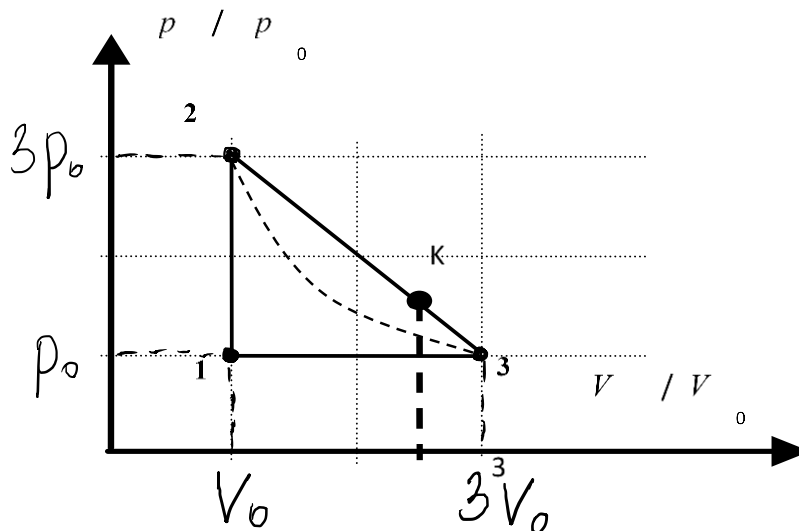
$$1) \frac{v_0}{v} = \frac{15}{\sqrt{97}} \approx 1,52$$

$$2) V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \frac{4\sqrt{2}}{15} v_0 = 3,13 \text{ м/с}$$

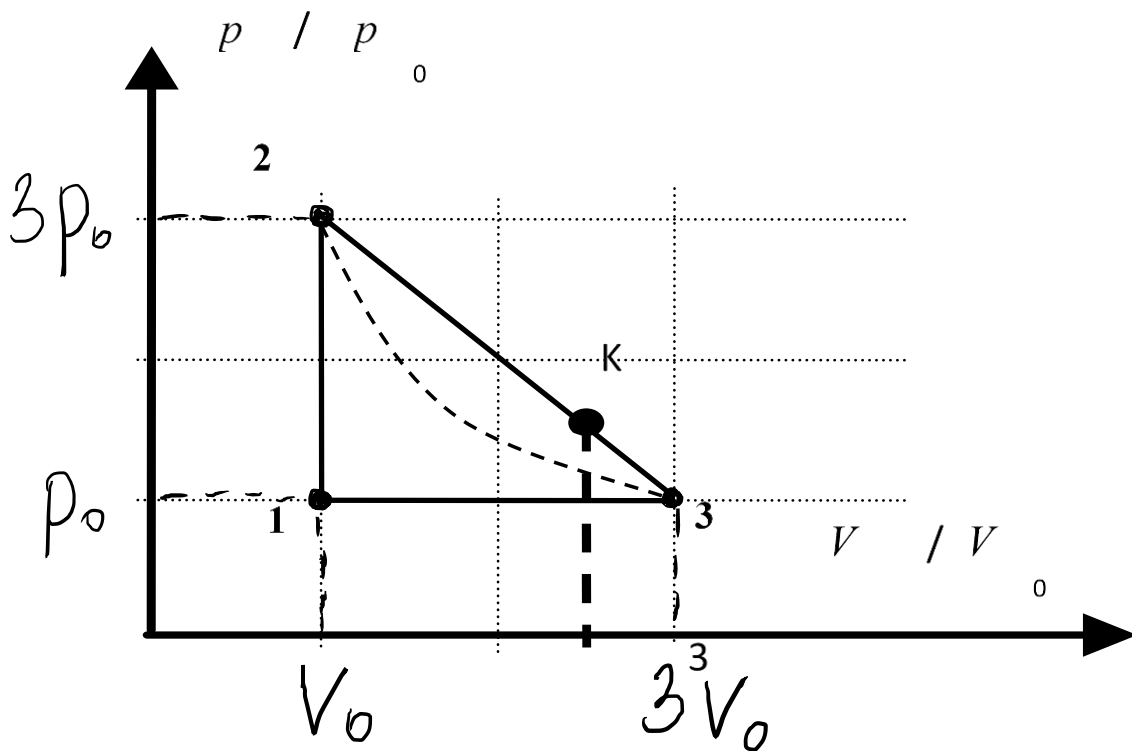
**Ответ:** 1) 1,52; 2) 3,13 м/с

### Задание 6

Рабочее тело тепловой машины –  $\nu = 2$  моль идеального одноатомного газа. Цикл рабочего тела показан на диаграмме в координатах «давление-объём». Пунктиром на диаграмме показана изотерма. Найти максимальную температуру и КПД цикла, если  $p_0 = 10$  атм, а  $V_0 = 2$  л. Ответ округлите до целых значений.



**Решение**



Вопрос 1

$$p(v) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V - V_0) = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V + p_0 = 4p_0 - \frac{p_0}{V_0}V$$

$$\frac{4p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2}{-vR} = T$$

$$T'_V = \frac{1}{vR} \left( 4p_0 - \frac{2p_0}{V_0}v \right) = 0$$

$$V_1 = 2V_0 \Rightarrow p_1 = 2p_0$$

$$T_{max} = \frac{4p_0V_0}{vR} = 481,35 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 481^\circ\text{C}$$

Вопрос 2

$$\eta = \frac{A}{Q_H}; A = 2p_0V_0$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{2K}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 3p_0V_0$$

$$Q_{2K} = A_{2K} + \Delta U_{2K}$$

$$\left\{ \begin{aligned} A_{2K} &= \frac{p_2 + p_K}{2} (V_K - V_2) = \frac{27}{8} p_0 V_0 \\ \Delta U_{2K} &= \frac{3}{2} (p_K V_K - p_2 V_2) = \frac{9}{8} p_0 V_0 \end{aligned} \right.$$

$$Q_{2K} = \frac{9}{2} p_0 V_0 \Rightarrow Q_H = \frac{15}{2} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{4}{15} \approx 26,7\% \approx 27\%$$

Ответ: 1) 481°C; 2) 27%