

политехническая
ОЛИМПИАДА

Заключительный этап Политехнической олимпиады

22 марта 2026

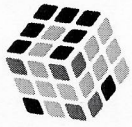
Шифр

305-2-27

Вариант 2

ФИО участника: Беминев Тимур Тиматович

Класс: 11



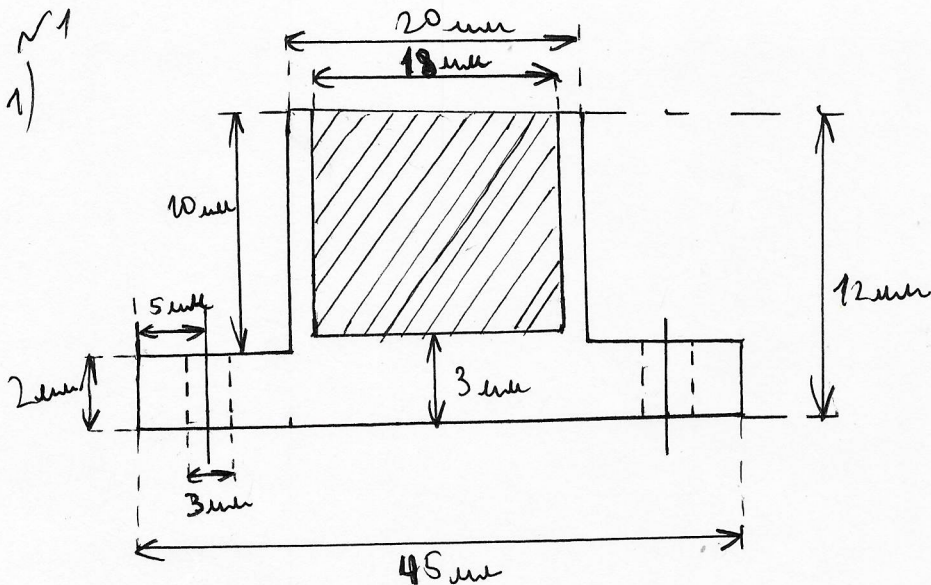
политехническая
ОЛИМПИАДА

Вар. 2

Шифр

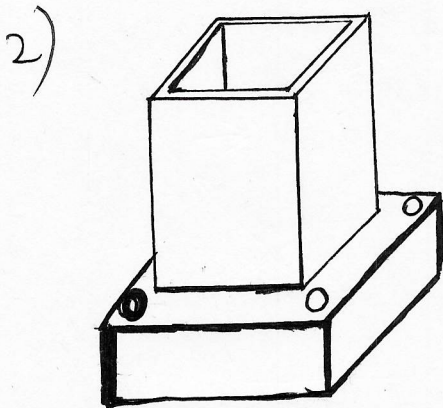
30 баллов.

305-2-27



6 ф.

+35.



+35.

3) Разобьем деталь на две части: основание и параллелепипед (часть детали, состоящая из радиус. отверстий)

Из вида сверху: площадь основания — площадь прямоугольника без учета четырех круглых отверстий. $S_{осн} = 45 \text{ мм} \cdot 26 \text{ мм} - \pi \cdot (3 \text{ мм})^2 \cdot 4$

$$= 1170 \text{ мм}^2 - 113,04 \text{ мм}^2 = 1056,96 \text{ мм}^2$$

Высота основания из разреза: $2 \text{ мм} = h$

$$V_{осн} = S_{осн} \cdot h = 1056,96 \text{ мм}^2 \cdot 2 \text{ мм} = 2113,92 \text{ мм}^3$$

Для параллелепипеда найдем объем всего тела и вычтем об. полости: $V_{тела} = 20 \text{ мм} \cdot 20 \text{ мм} \cdot 10 \text{ мм} = 4000 \text{ мм}^3$

$$V_{полости} = 18 \text{ мм} \cdot 18 \text{ мм} \cdot (12 \text{ мм} - 3 \text{ мм}) = 18 \text{ мм} \cdot 18 \text{ мм} \cdot 9 \text{ мм} = 2916 \text{ мм}^3$$

$$V_n = V_{тела} - V_{полости} = 4000 \text{ мм}^3 - 2916 \text{ мм}^3 = 1084 \text{ мм}^3$$

ЛИСТ 1 из 5



$$V_{\text{всего тела}} = V_{\text{осн}} + V_{\text{н}} = 2113,92 \text{ мм}^3 + 1084 \text{ мм}^3 = 3197,92 \text{ мм}^3 \approx 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$m = \rho \cdot V_{\text{всего тела}} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 7850 \text{ кг/м}^3 = 0,02512 \text{ кг} = 25,12 \text{ г}$$

Ответ: 25,12 г или 0,02512 кг

$$\eta = \frac{Q_{\text{пол.}}}{Q_{\text{отг.}}} \cdot 100\%$$

деталь получила тепло при нагревании и плавлении $\Rightarrow Q_{\text{пол.}} = cm\Delta T + \lambda m$

$$= c \rho V (T_{\text{пл}} - T_0) + \lambda \rho V = \rho V (\lambda + c(T_{\text{пл}} - T_0))$$

отдавал тепло лазер: $Q_{\text{отг.}} = P \tau$

$$\frac{\eta}{100\%} = \frac{\rho V (\lambda + c(T_{\text{пл}} - T_0))}{P \tau}$$

$$P = \frac{\rho V (\lambda + c(T_{\text{пл}} - T_0)) \cdot 100\%}{\tau \cdot \eta} = \frac{4500 \text{ кг/м}^3 \cdot 15 \text{ мм}^3 \cdot \left(3,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \right.}{0,1 \text{ с} \cdot 50\%}$$

$$\left. + 470 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (1670^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \right) \cdot 100\% \cdot 15 \text{ мм}^3 = 15 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$1670^\circ\text{C} = 1943 \text{ К}$$

$$20^\circ\text{C} = 293 \text{ К}$$

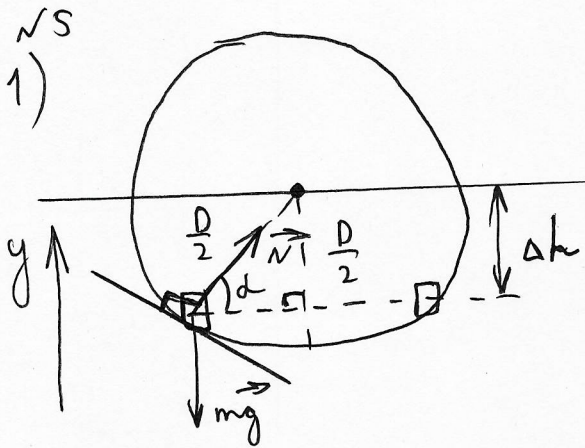
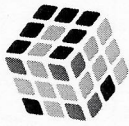
$$P = \frac{4500 \cdot 15 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot \left(3,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 470 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot (1943 \text{ К} - 293 \text{ К}) \right) \cdot 100\%}{0,1 \text{ с} \cdot 50\%} = \frac{675 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{5\% \cdot \text{с}}$$

$$\cdot \left(3,6 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 775500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) \cdot 100\% = \frac{675 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \% \cdot 11355 \cdot 10^2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{5\% \cdot \text{с}} = \frac{7664625}{5\% \cdot \text{с}}$$

$$\cdot 10^{-3} \text{ Дж} \cdot \% = \frac{7664,625 \text{ Дж}}{5 \text{ с}} = 1532,925 \text{ Вт} \approx 1533 \text{ Вт}$$

Ответ: $P = 1533 \text{ Вт}$

(90)



Сила нормальной реакции опоры всегда перпендикулярно направлена к опоре.

Сила \vec{N} , действующая на одну из колёс перпендикулярна касательной, проведённой в точку соприкосновения ^{т.к. $N \perp \Delta h$} с колёсом.

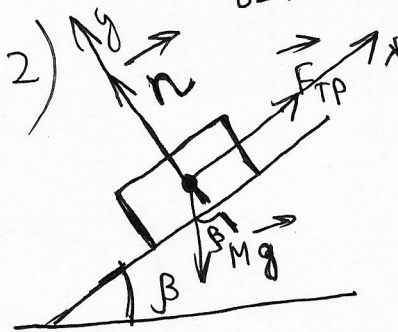
\vec{N} направлена к радиусу окружности.

равна четверти всей силы тяжести.

По оси y все силы скомпенсированы
 $y: N \sin \alpha = mg$. Из геометрии: $\sin \alpha = \frac{\Delta h}{\frac{D}{2}} = \frac{2\Delta h}{D}$

$$N \cdot \frac{2\Delta h}{D} = \frac{Mg}{4}$$

$$N = \frac{MgD}{8\Delta h} = \frac{12 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1000 \text{ мм}}{8 \cdot 200 \text{ мм}} = \frac{120000 \text{ Н} \cdot \text{мм}}{1600 \text{ мм}} = 75 \text{ Н}$$



Поток сила трения пока удерживает робота от соскальзывания вниз (в следствии присутствия силы тяжести), робот может спокойно встать. Но когда становится недостаточна сила трения, то начинается проскальзывание вниз. Значит, критический угол будет при $F_{тр} = F_{тр\max} = \mu n$

По 2 закону Ньютона на оси:

$$\begin{cases} y: 0 = n - Mg \cos \beta \\ x: 0 = F_{тр} - Mg \sin \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = Mg \cos \beta \\ F_{тр} = Mg \sin \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = Mg \cos \beta \\ \mu n = Mg \sin \beta \end{cases} \Rightarrow$$

$$\mu Mg \cos \beta = Mg \sin \beta \quad +3 \text{ б.}$$

$$\mu = \tan \beta \Rightarrow \beta = \arctg \mu = \arctg 0,45 \approx 24,23^\circ$$

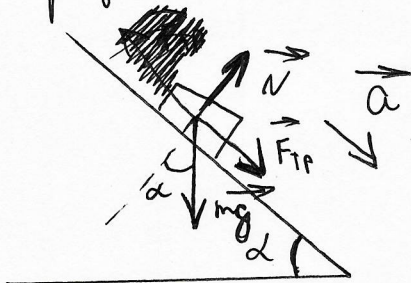
Ответ: 1) 75 Н; 2) $24,23^\circ$



N2

93

1) разгон:



По 2 закону Ньютона на оси:

$$\begin{cases} y: 0 = N - mg \cos \alpha \\ x: ma_{acc} = F_{тр} + mg \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ ma_{acc} = \mu N + mg \sin \alpha \end{cases}$$

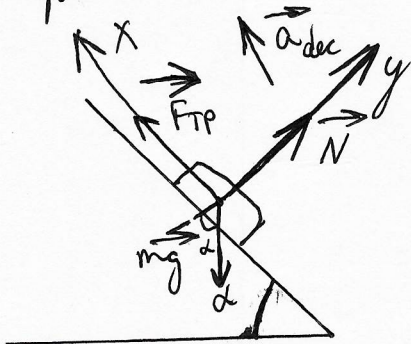
$$ma_{acc} = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a_{acc} = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10 \text{ м/с}^2$$

$$= (0,259 + 0,35 \cdot 0,966) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5971 = 5,971 \text{ м/с}^2$$

Когда конвейер начинаем функционировать, то коробка по инерции может соскочить на месте, т.е. фиксируется внизу, потому что сила трения в этот момент уже направлена вверх.

торможение:



По 2 закону Ньютона на оси:

$$\begin{cases} y: 0 = N - mg \cos \alpha \\ x: ma_{dec} = F_{тр} - mg \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ ma_{dec} = \mu N - mg \sin \alpha \end{cases}$$

$$ma_{dec} = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_{dec} = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = g (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$= 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,35 \cdot \cos 15^\circ - \sin 15^\circ) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,35 \cdot$$

$$0,966 - 0,259) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,3381 - 0,259) = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,0791 = 0,791 \text{ м/с}^2$$

Коробка при торможении уже фиксируется внизу, потому что сила трения, направленная против всякого движения направлена вверх.

Эти значения ускорений критичны, т.к. сила трения во всех случаях также критична. Т.е. мы рассматриваем случаи с силой трения скольжения.

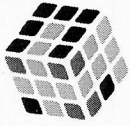
$$2) \quad \eta = \frac{A_{пол.}}{A_{сов.}} \cdot 100\%$$

$A_{пол.}$ — работа по разгону функционированию коробки

$A_{сов.}$ — работа конвейера

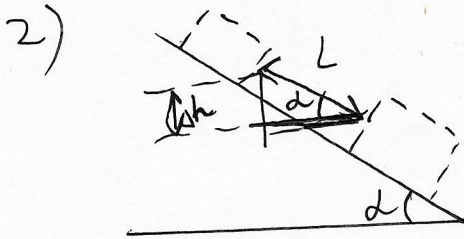
$$A_{сов.} = \frac{A_{пол.} \cdot 100\%}{\eta}$$

2



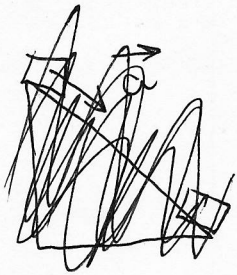
Рассмотрим все участки:

1) тело разогнали до скорости v_0 , т.е. оно приобрело кинетическую энергию $\frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$ полезная работа на этом участке равна кинетической энергии + изменению потенциальной (см. дальше)



на участке прямолинейной функции ~~скорости~~ скорость тела не изменилась $\Rightarrow \Delta E_{кин} = 0$
 \Downarrow
 изменилась потенциальная
 $\Delta E_{пот} = mgh = mgL \sin \alpha = A_{пол.2}$

3) аналогично п.1. тело затормозило и от v_0 до $0 \Rightarrow \Delta E_{кин} = \frac{mv_0^2}{2}$
 Пол. раб. будет равна: $A_{пол.3} = \frac{mv_0^2}{2} + \Delta E_{пот}$



$$v' = 0 \text{ м/с}$$

$$v_0 = v' + at \Rightarrow v_0 = at \Rightarrow t = \frac{v_0}{a}$$

где разгона: $s = \frac{at^2}{2} = \frac{a \cdot v_0^2}{2a^2} = \frac{v_0^2}{2a}$

где торможения: $s = v_0 t - \frac{at^2}{2} = v_0 t - \frac{v_0^2}{2}$

$$= \frac{v_0 t}{2} = \frac{v_0^2}{2a}$$

Изменение высоты:

$$\Delta h = s \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta E_{пот.1} = mg \Delta h_1 = mg s_1 \cdot \sin \alpha = mg \frac{v_0^2}{2a_{acc}} \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta E_{пот.3} = mg \Delta h_3 = mg s_3 \sin \alpha = mg \frac{v_0^2}{2a_{dec}} \sin \alpha$$

$$A_{сов.} = \frac{(A_{пол.1} + A_{пол.2} + A_{пол.3}) \cdot 100\%}{\dots} = \frac{\left(\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mg v_0^2}{2a_{dec}} \sin \alpha + \frac{mg v_0^2}{2a_{acc}} \sin \alpha\right) \cdot 100\%}{\dots}$$

$$+ mgL \sin \alpha) \cdot 100\% \approx 345,7 \text{ Дж}$$