0 477004 630005

47-70-04-63
(150.5)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Робофест
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Павлова Максима Вадимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«4» апреля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

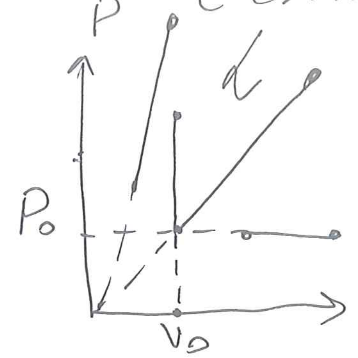
47-70-04-63 (150.5)

Оценка теор. тура – 33
Итоговая оценка – 63
(шестьдесят три)

	1	2	3	4	Σ
теория	3	10	10	0	23
задача	4	5	15	0	24

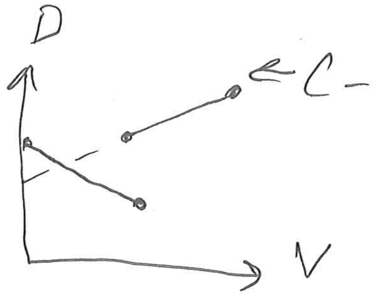
47

C-const Чистовик



№1. Вопрос:

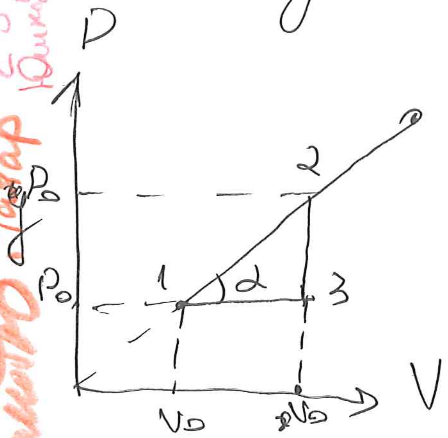
Мы знаем, что прямая линия на графике это либо линейная зависимость (функция), либо значение константы. Так же известно, что постоянная теплоёмкость наблюдается при изобарном процессе $P = const$, изохорном $V = const$, либо если график прямая пропорциональность $P(V) = P_0 \frac{V}{V_0} \cdot k$, если $P(V) = P_0 \frac{V}{V_0} k + b \to$ теплоёмкость не будет постоянной.



← C – не const

Ответ: при $P = const$,
$V = const$,
$P(V) = P_0 \frac{V}{V_0} k$
(прямая пропорциональность)

Задача:



$\eta = \frac{A}{Q_н}$, рассмотрим процессы

(2-3) V – const

$\downarrow PV = \nu R T \downarrow \to Q_х$

(3-1) P – const

$PV\downarrow = \nu R T \downarrow \to Q_х$

(1-2) P и V увеличивалось $\to Q > 0 \to Q_н$

$A = S_\Delta$, $S_\Delta = \frac{(2V_0 - V_0)(2P_0 - P_0)}{2} =$

чистовик

$$= \frac{P_0V_0(x-1)P(y-1)}{2}$$

чистовик

Воспользуемся тем, что в этой точке $U = 5{,}5\text{ В}$ $I = 0{,}55\text{ А}$

$$U_0 = \mathcal{E} - I_0(R+r)$$

$$U = \mathcal{E} - 2I(R+r)$$

$$U_0 = \mathcal{E} - I_0(R+r)$$

$$U = \mathcal{E} - 2I(R+r)$$

$$U = \mathcal{E} - I(2R+2r)$$

$$R+r = \frac{\mathcal{E}-U}{2I}$$

$$R = \frac{\mathcal{E}-U}{2I} - r \approx 12\text{ Ом}$$

Ответ: $r = 1\text{ Ом}$; $\mathcal{E} = 20\text{ В}$; $P_И = 2\text{ Вт}$; $P_С = 1{,}2\text{ Вт}$; $R \approx 12\text{ Ом}$.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

по ним наш график, так как нашу лампу и светодиод подключены параллельно, то $U_c = U_л$, так реостат и источник питания тот же, то для новой цепи так же будет выполнятся уравнение, по графику найдём подходящую точку при $U_c = U_л = 4В$, $I_{общ} = 0,8 А$

$I_{общ} = I_c + I_л = 0,3 + 0,5 = 0,8 А$

$I_c = 0,3 \quad I_л = 0,5$

$P = U \cdot I \quad P_л = U_л \cdot I_л = 4 \cdot 0,5 = 2 Вт$

$P_c = U_c \cdot I_c = 4 \cdot 0,3 = 1,2 Вт$

Чтобы лампа и светодиод имели одинаковые мощности при параллельном подключении $P_c = P_л$

$U_л I_л = U_c I_c$

$U_л = U_c$ (параллель)

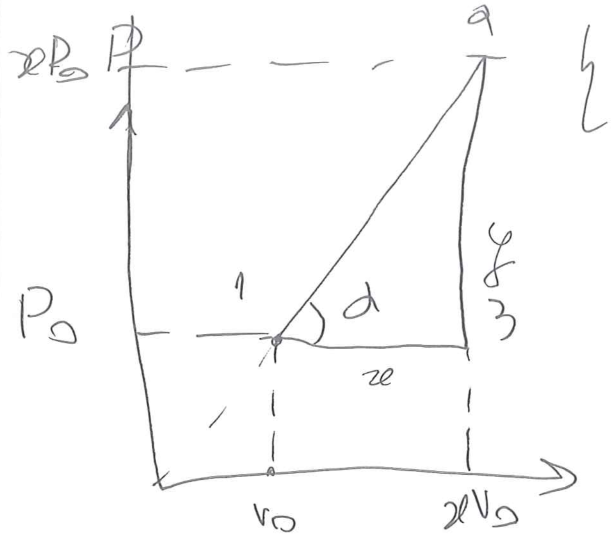
$I_л = I_c$

$U_л = U_c, \ I_л = I_c =$

=> из этого следует, что на нашем графике эта точка пересечения ВАХ светодиода и лампы

47-70-04-63
(150.5)

Черновик



$\eta = \frac{A}{Q_н} = \frac{A}{A+Q_х}$

2-3 V-const

Изохо

$Q = \Delta U + A$ "0"

$\Delta U =$

$\frac{xV_0 - V_0 \cdot xP_0 - P_0}{2}$

$\frac{V_0 P_0 (x-1)^2}{2}$

$P_0 V_0 = \nu R T_1$

$xV_0 - V_0 \quad xP_0 xV_0 = \nu R T_2$

$\nu R \Delta T = P_0 V_0 (x^2 - 1)$

$\frac{P_0 + xP_0}{2} \cdot xV_0 - V_0 \quad \frac{P_0(x+1) V_0 (x-1)}{2} = \frac{P_0 V_0 (x^2-1)}{2}$

$\frac{P_0 V_0 (x^2-1)}{2} + \frac{i}{2} P_0 V_0 (x^2 - 1)$

$V_0 P$

$\frac{P_0 V_0 (x-1)^2}{P_0 V_0 (x^2-1) + i P_0 V_0 (x^2-1)}$

$\frac{(x-1)^2}{(x-1)(x+1) + (x-1)(x+1)} = \frac{x-1}{2x+2}$

$V_0 (x-1) \quad P_0 (y-1)$

$6 + 0,3(19 + x)$

$6 + 0,3 \cdot 19 + 0,3x =$

$= 8 + 0,6 \cdot 1,9 + 0,6x$

$F_{упр} \cdot \sin\alpha = \gamma m r \omega^2$

$F_{упр} \cos\alpha = \frac{m r \omega^2}{R} 0,1x =$

$mg = \gamma m \omega^2 \quad tg\,\alpha = \gamma R$

$mg = \frac{m \omega^2}{R} \quad mg = a_y$

Черновик

$U = \mathcal{E} - I(R+r)$ $\qquad I = \frac{\mathcal{E}-U}{R+r}$

$U = \mathcal{E} - 2I(R+r)$

$U = \mathcal{E} - I(28+2)$ $\qquad U = \mathcal{E} - I(R+r)$

$I = \frac{\mathcal{E}-U}{R+r}$ $\qquad U = \mathcal{E} - 2I(R+r)$

$U = \mathcal{E} - I(2R+r)$

$\frac{\mathcal{E}-U}{R+r} = 2I$

$I = \frac{\mathcal{E}-U}{2(R+r)}$

$2R \qquad 2I = \frac{\mathcal{E}-U}{2(R+r)}$

$\mathcal{E} - 2I(R+r) = \mathcal{E} - I(2$

$I = \frac{\mathcal{E}-U}{R+r} \cdot \frac{1}{2}$ $\qquad 2R+r = r + kx$

$2R + 2r = r + kx$

$2R + r = kR$

$r = R(k-2)$

$k - 2 = \frac{r}{R}$

$k = \frac{r}{R} + 2$

$mg\cos\alpha = \frac{mv^2}{R}$

$mg\cos\alpha = ma$ $\qquad mg\cos\alpha = \frac{mv^2}{R}$

$mg\cos\alpha = \frac{mv^2}{R}$

$F_{тр}\cos\alpha = F_{тр}\sin\alpha$

$\mu \quad F \quad \alpha = 45$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$= \frac{6 - 8 + 19(0{,}7 - 0{,}6)}{0{,}7 - 0{,}6} =$

$\cancel{U_C =}$ $U_C + I_C(R+r) = U_Л + I_Л(R+r)$

$6 + 0{,}7 \cdot 19 + 0{,}7r = 8 + 0{,}6 \cdot 19 + 0{,}6r$

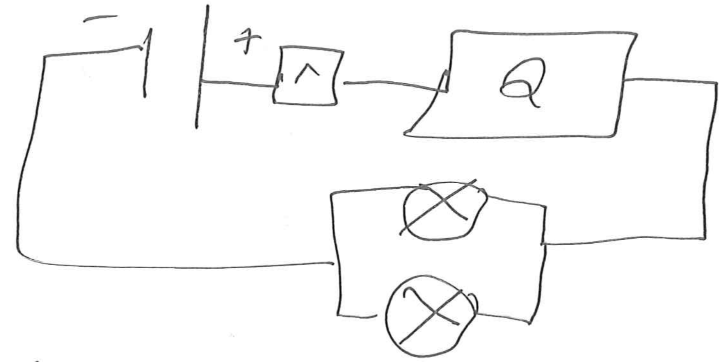
$0{,}1r = 8 - 6 + 0{,}6 \cdot 19 - 0{,}7 \cdot 19$

$r = \frac{2 - 1{,}9}{0{,}1} = \frac{0{,}1}{0{,}1} = 1 \text{ Ом},$

тогда ЭДС $\mathcal{E} = U_C + I_C(R+r)$

$= 6 + 0{,}7(19+1) =$

$= 20$ В



в этой мы понимаем, что

$U = \mathcal{E} - I(R+r)$

$I = \frac{\mathcal{E}-U}{R+r}$

$I(U) = \frac{\mathcal{E}-U}{R+r}$, линейная функция

мы знаем две точки подходящие для этого уравнения и эти точки — номинальный режим наших ламп и светодиода $(8; 0{,}6)$ и $(6; 0{,}7)$ настоящ чистовик

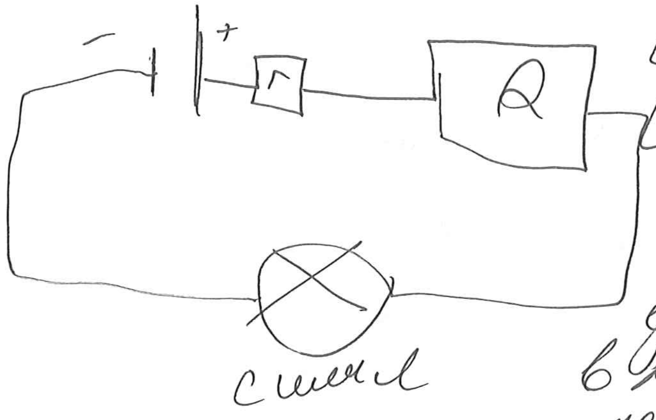
U и I, так график $I(U)=\frac{P}{U}$ гипербола будет монотонно убывать, а график ВАХ монотонно возрастать, то найдя решение подбором на графике мы можем быть уверены что оно единственно, по графику

$P_c = 4{,}2$ Вт $\Rightarrow U_c = 6$ В, $I_c = 0{,}7$ А

$P_л = 4{,}8$ Вт $\Rightarrow U_л = 8$ В, $I_л = 0{,}6$ А

Ответ: $U_c = 6$ В, $U_л = 8$ В.

Задача:



$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_c + I_c(R+r) \\ \mathcal{E} = U_л + I_л(R+r) \end{cases}$$

(по условию, лампа и светодиод работают в номинальном режиме)

$\mathcal{E} - \mathcal{E} = U_c + I_c(R+r) - (U_л + I_л(R+r))$

$U_c + I_c(R+r) - U_л - I_л(R+r) = 0$

$R = 19$ Ом (по условию)

$U_c + I_cR + I_cr - U_л - I_лR - I_лr = 0$

$U_c - U_л + R(I_c - I_л) - r(I_c + I_л) = 0$

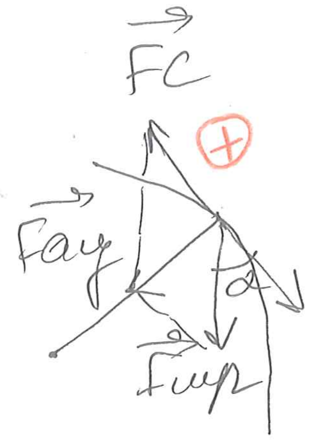
$U_c - U_л + R(I_c - I_л) = r(I_c - I_л)$

$r = \frac{U_c - U_л + R(I_c - I_л)}{I_c - I_л} =$

47-70-04-63
(150.5)

Чистовик

№2. Вопрос:



Так как тело движется по окружности у него есть $a_ц$ центростремительное и $F_ц$, так же на него действует $\vec{F_c}$ противоположно направлению его скорости, вектор $\vec{F_{упр}}$ направлен так, чтобы в сумме с вектором $\vec{F_c}$ давать $\vec{F_ц}$, так как тело едет с постоянной скоростью

$F_{упр} \cdot \cos\alpha = \gamma m v^2$ +

$F_{упр} \cdot \sin\alpha = m a_ц$ + $a_ц = \frac{v^2}{R}$

$$\begin{cases} F_{упр}\sin\alpha = \frac{mv^2}{R} \\ F_{упр}\cos\alpha = \gamma m v^2 \end{cases}$$ +

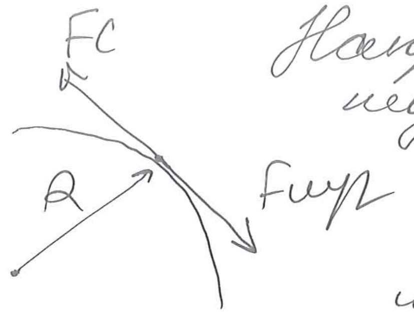
$\frac{\cancel{F_{упр}}\sin\alpha}{\cancel{F_{упр}}\cos\alpha} = \frac{\frac{mv^2}{R}}{\gamma m v^2}$

$tg\,\alpha = \frac{1}{R\gamma} = \frac{1}{\gamma R}$

$\alpha = arctg\left(\frac{1}{\gamma R}\right)$ +

Ответ: $arctg\left(\frac{1}{\gamma R}\right)$

10



листовки

Направим силу трения туда же куда и скорость так нам это позволяет условие, колёса скользят $\Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg$

тела едет с v_m – const,

значит $F_{тр} = F_c$

$$\mu mg = \gamma m v_m^2 \quad (+)$$

$\gamma = \frac{1}{R}$ (по условию)

$$\mu mg = \frac{v_m^2}{R} \quad (+)$$

$$\mu = \frac{v_m^2}{gR}$$

потом двигался по R'

$F_{тр} = F_c$

$$\mu mg = \gamma m v_m'^2$$

$$\mu g = \frac{v_m'^2}{R'}$$

$$v_m'^2 = \mu g R'$$

$$v_m' = \sqrt{\frac{v_m^2 \, g R'}{gR}} = \sqrt{\frac{v_m^2 R'}{R}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{54}{3,6}\right)^2 \cdot 100}{200}} \approx 54 \text{ км/ч}$$

Когда установили антикрыло:

$$F_{тр} = \mu N = \mu\Big(mg + \underbrace{\tfrac{1}{4} mg \tfrac{1}{v_m^2}}_{\beta} v^2\Big)$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

листовок

$F_{приж} = \beta v^2$, при v_m $\beta v_m^2 = \frac{1}{4} mg$

$$\beta = \frac{1}{4} mg \frac{1}{v_m^2}$$

и тогда $F_{тр} = F_c$

$$\mu\left(mg + \frac{1}{4} mg \frac{v^2}{v_m^2}\right) = \gamma m v^2$$

$$\mu\left(g + \frac{1}{4} \frac{v^2}{v_m^2}\right) = \frac{v^2}{R'}$$

$$\mu g + \frac{\mu v^2}{4 v_m^2} = \frac{v^2}{R'}$$

$$\mu g = v^2\left(\frac{1}{R'} - \frac{\mu}{4 v_m^2}\right)$$

$$v^2 = \frac{\mu g}{\left(\frac{1}{R'} - \frac{\mu}{4 v_m^2}\right)}$$

$$v = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{1}{R'} - \frac{\mu}{4 v_m^2}}} \approx 54,5 \text{ км/ч}$$

3 Ответ: 54 км/ч; 54,5 км/ч.

№3. Вопрос

$P = I \cdot U$, $P_л = I_л \cdot U_л$

$P_c = I_c \cdot U_c$, мы знаем что $P_л = 4,8$ Вт, $P_c = 4,2$ Вт

$P = I \cdot U \Rightarrow I = \frac{U}{P}$ P-const

$I(U) = \frac{U}{P}$, график гипербола её пересечение с графиком ВАХ и будет нашим решением, то есть подходящим