0 175545 660009

17-55-45-66
(150.5)

+1 лист Цыибуб

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Робофест
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Патракова Алексея Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«4» апреля 2026 года

Подпись участника
Пиf

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

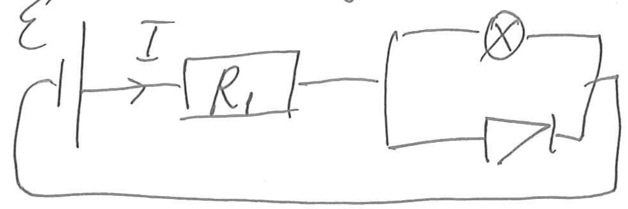
17-55-45-66
(150.5)

Оценка теор туре - 36
Итоговая оценка 69
(шестьдесят девять)

	1	2	3	4	Σ
теория	3	10	10	8	31
задача	8	~~2~~ 12	~~14~~ 24	~~0~~ 8	52

Чистовик.

Задание 3. Задача (продолжение)



$I = I_{св} + I_{ламп.}$

$\mathcal{E} = U_1 + U_2$, $U_1 = IR_1$

$\mathcal{E} = IR_1 + U_2$

(1) $20 = 20I + U_2$

~~U_2~~ I – сумма напряжений светодиода и лампы ("сумма графиков")

На графике присутствует лишь одно напряжение U_2 при котором (1) выполняется. $U_2 = 4В$

$I_{св} = 0{,}3A$, $I_л = 0{,}5A \Rightarrow I = 0{,}8A$

$20 = 20 \cdot 0{,}8 + 4$, $20 = 20$ (верно)

$P_{светодиода} = 4В \cdot 0{,}3A = 1{,}2Вт.$ +

$P_{лампы} = 0{,}5A \cdot 4В = 2Вт.$ +

Ответ: При параллельном соединении:

$P_{светодиода} = 1{,}2$ Вт,

$P_{лампы} = 2Вт.$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

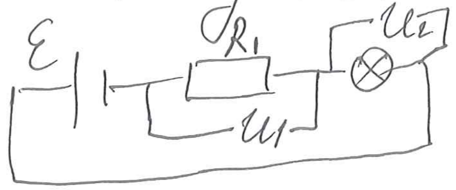
Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

Чистовик

Задание 3. Задача.



1) Пусть сопротивление реостата и источника тока вместе равно R_1. Тогда

$\mathcal{E} = U_1 + U_2$, $U_1 = IR_1$

Ток в цепи определяет лампа (светодиод), т.к. подключение последовательное

Из решения вопроса:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = 0{,}6 R_1 + 8, \\ \mathcal{E} = 0{,}7 R_1 + 6. \end{cases}$$

номинальные напряжения

силы тока при $U_{номин}$.

$\Downarrow$

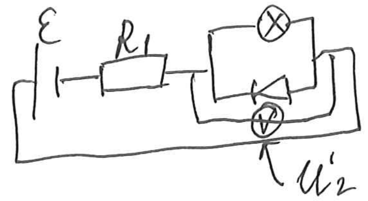
$0{,}7R_1 + 6 = 0{,}6R_1 + 8$

$0{,}1 R_1 = 2 \Rightarrow R_1 = 20$ Ом.

$\mathcal{E} = 0{,}6А \cdot 20 Ом + 8В = 20В$. +

2) $R_1 = R + r \Rightarrow r = R_1 - R$, $r = 1$Ом. +

3)



~~$\mathcal{E} = U_1' + U_2'$~~ $20 = 20I_s + U_s$

~~$U_1' = I_1 R_1$~~ $I_s = \frac{20 - U_s}{20}$

$I_s = I_c + I_л$

4) Напряжение на лампе и светодиоде, при котором будут на них выделяться равные мощности — точка пересечения их ВАХ.

$U_р = 5{,}5В$, $I = 0{,}55А \Rightarrow U_1 = 14{,}5В \Rightarrow$

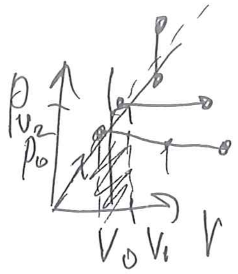
$\Rightarrow R_1 = 26{,}36$ Ом $\Rightarrow R = 25{,}4$Ом

Ответ: $\mathcal{E} = 20В$; $r = 1$Ом; $R_{равн.мощ} = 25{,}4$Ом

17-55-45-66 (150.5)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик.



$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dA + dU}{dT} = \frac{3}{2}\nu R + \frac{dA}{dT} = \frac{dS}{\frac{3}{2}\nu R\,dT\,dT}$

$dQ = dA + dU$

$dA = dS$, $dU = \frac{3}{2}\nu R\,dT$

$pV = \nu RT \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R}$

$p = \alpha V$

$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{\frac{1}{2}p_0V_0 + \frac{3}{2}p_0V_0}{\frac{p_0V_0}{\nu R}} = 2\nu R$

$C = \frac{\frac{1}{2}(p_0 + p_1)\cdot(V_1 - V_0) + \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_0V_0)}{\frac{(p_1V_1 - p_0V_0)}{\nu R}} =$

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{A}{\Delta T} + \frac{3}{2}\nu R$

$= \frac{1}{2}p_0V_1 - \frac{1}{2}p_0V_0 + \frac{1}{2}p_1V_1 - \frac{1}{2}p_1V_0 + \frac{3}{2}p_1V_1$

$= \frac{\frac{1}{2}(p_0V_1 - p_1V_0) + 2(p_1V_1 - p_0V_0)}{\frac{(p_1V_1 - p_0V_0)}{\nu R}} = -\frac{3}{2}p_0V_0$

$I_1 20 + U = 20$

$I_2 20 + U = 20$

$= \frac{1}{2}\nu R \cdot \frac{p_0V_1 - p_1V_0}{p_1V_1 - p_0V_0} + 2$

$p =$

$\frac{\frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2) + \beta}{\alpha(V_1 + V_2) + \beta} = \frac{\frac{\alpha}{2}V_1(1 + K) + \beta}{\alpha V_1(1 + K) + \beta}$

$\frac{\frac{\alpha}{2}V_1(1 + K) + \beta}{\alpha V_1(1 + K) + \beta} = \frac{\frac{\alpha}{2}V_2(1 + K) + \beta}{\alpha V_2(1 + K) + \beta}$

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

Чистовик

Задание 1.

Вопрос: По определению теплоёмкости идеального газа: $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$. По первому закону термодинамики: $Q = A + \Delta U$, тогда

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{A + \frac{3}{2}\nu R \Delta T}{\Delta T} =$$

$= \frac{A}{\Delta T} + \frac{3}{2}\nu R$. Слагаемое $\frac{3}{2}\nu R$ имеет постоянное значение для заданного кол-ва газа. Значит $\frac{A}{\Delta T}$ должно быть постоянным.

Рассмотрим три случая:

1) Прямая процесса параллельна оси P. В этом случае процесс будет изохорным и $A = 0$. Значит $\frac{A}{\Delta T} = 0$ и оно постоянно.

2) Прямая процесса параллельна оси V. Тогда процесс – изобарный и $A = p\Delta V$.

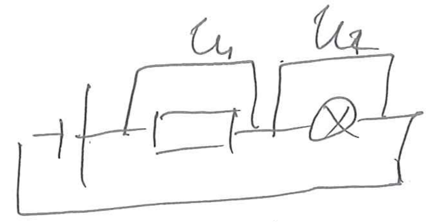
По закону Менделеева-Клапейрона:

$$\left.\begin{aligned} pV_1 &= \nu R T_1 \\ pV_2 &= \nu R T_2 \end{aligned}\right| \Rightarrow p\Delta V = \nu R \Delta T$$

$\frac{A}{\Delta T} = \frac{\nu R \Delta T}{\Delta T} = \nu R$. Значит теплоёмкость будет постоянной.

3) Прямая процесса <u>не</u> параллельна осям p и V. Пусть точка 1 имеет координаты $(p_1; V_1)$, т. 2 – $(p_2; V_2)$. Тогда A можно определить как площадь под графиком,

Черновик



$\mathcal{E} = U_1 + U_2$

$U_1 = IR_1$

~~$\mathcal{E} = IR_1 +$~~

$\mathcal{E} = 0{,}6R_1 + 8$

$\mathcal{E} = 0{,}7R_2 + 6$

$0{,}6R_1 + 8 = 0{,}7R_2 + 6$

$0{,}6R_1 = 0{,}7R_2 - 2$

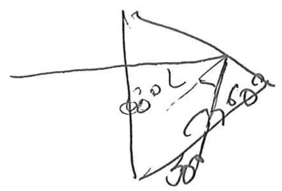
$R_1 =$

~~$\sin\alpha\, n_1 = \sin\beta\, n_2$~~

~~$\sin\beta = 1$~~

~~$\sin\alpha =$~~

$\sin\alpha = 1$



Чистовик

Задание 3

Вопрос:

По графикам можно однозначно определить точку, где произведение координат равно номинальной мощности ($U \cdot I = P$)

1) Для светодиода:

$U_н = 6В$

$I_н = 0,7А$, $P = 0,7А \cdot 6В = 4,2Вт$

2) Для лампы:

$U_н = 8В$

$I_н = 0,6А$, $P = 8В \cdot 0,6А = 4,8Вт$

Ответ: $U_{светодиода} = 6В$ + ; $U_{лампы} = 8В$ + .

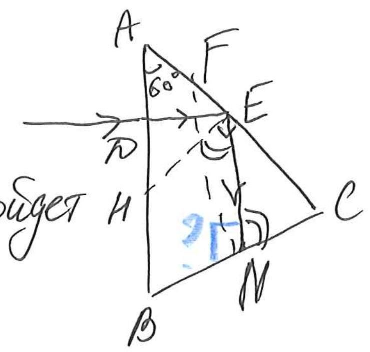
Задание 4.

Вопрос:

1) Сначала определим критический угол (тот, при котором произойдет ПВО)

$\sin \alpha_{кр} = \frac{1}{n_1}$ => $\alpha_{кр} = \arcsin\left(\frac{1}{n_1}\right)$

$\alpha_{кр} \approx 45,6°$ +



2) ΔADE – прямоугольный

$\angle DEA = 30°$ => $\angle DEH = 60°$

$60° > 45,6°$, значит произойдет отражение (ПВО)

$\angle ENC = \angle HEN$ (как н/л)

$\angle FNE = 30°$

$30° < 45,6°$, значит луч выйдет наружу через грань 2.

Ответ: Через 2 грань +

17-55-45-66 (150.5)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

Задание 1

Вопрос (продолжение):

т.е. как площадь прямоугольной трапеции с основаниями p_1 и p_2, высотой $(V_2 - V_1)$ (пусть $V_2 > V_1$).

$$A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2) \cdot (V_2 - V_1)$$

Поскольку процесс представляет собой прямую линию, то $p = \alpha V + \beta$

$$A = \frac{1}{2}(\alpha V_1 + \beta + \alpha V_2 + \beta)(V_2 - V_1) =$$
$$= \frac{1}{2}(\alpha(V_1 + V_2) + 2\beta)(V_2 - V_1) = \left(\frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2) + \beta\right) \cdot (V_2 - V_1)$$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$
$p_2 V_2 = \nu R T_2$ $\Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = p_2 V_2 - p_1 V_1$

$$\Delta T = (\alpha V_2 + \beta) V_2 - (\alpha V_1 + \beta) V_1 =$$
$$= \alpha V_2^2 + \beta V_2 - \alpha V_1^2 - \beta V_1 = \alpha(V_2^2 - V_1^2) + \beta(V_2 - V_1)$$

$$\frac{A}{\Delta T} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2) + \beta\right)(V_2 - V_1)}{\alpha(V_2^2 - V_1^2) + \beta(V_2 - V_1)} =$$
$$= \frac{\left(\frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2) + \beta\right)(V_2 - V_1)}{(V_2 - V_1)(\alpha \cdot (V_1 + V_2) + \beta)} =$$
$$= \frac{\frac{\alpha}{2}(V_1 + V_2) + \beta}{\alpha(V_1 + V_2) + \beta}.$$

Данная дробь не будет постоянной.

Ответ: если процесс будет изохорным или изобарным (линия процесса параллельна оси V или оси p)

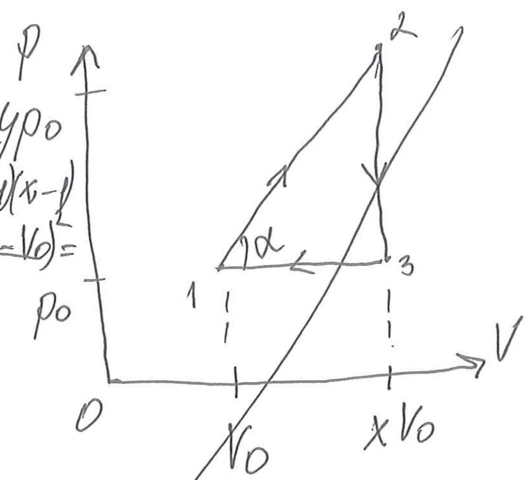
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

Задание 1

Задача:

1) $\eta = \frac{A_{цикла}}{Q_{получ.}}$



$A_{цикла} = S_\Delta = \frac{1}{2}\cancel{X^2 tg\alpha (xV_0 - V_0)^2} = \frac{1}{2} p_0 V_0 (x tg\alpha - 1)(x-1)$

$= \cancel{\frac{1}{2} V_0^2 tg\alpha} \cdot (x-1)^2$

Газ получал тепло только в процессе 1-2.

$Q_{получ} = Q_{12} = A + \Delta U$

$A = \frac{1}{2}(p_0 + yp_0)(xV_0 - V_0) = \frac{1}{2} p_0 V_0 (1 + x tg\alpha)(x-1)$

$\Delta U = p_0 V_0 \cdot xy - p_0 V_0 = p_0 V_0 (x^2 tg\alpha - 1)$

$Q_{получ} = p_0 V_0 \left(\frac{1}{2}(1 + x tg\alpha)(x-1) + x^2 tg\alpha - 1\right) =$

$= p_0 V_0 \left(\frac{3}{2} x^2 tg\alpha + \frac{1}{2}(1 - tg\alpha) x + \frac{1}{2}\right)$

$\eta = \frac{\frac{1}{2} p_0 V_0 (x tg\alpha - 1)(x-1)}{\frac{1}{2} p_0 V_0 (3x^2 tg\alpha + (1 - tg\alpha)x + 1)} =$

$= \frac{(x tg\alpha - 1)(x-1)}{3x^2 tg\alpha + (1 - tg\alpha)x + 1}$

$\Downarrow$

$tg\alpha = \frac{\eta(x+1) + x - 1}{x^2(1 - 3\eta) + x(\eta - 1)} \approx 1{,}38$

Черновик

$\sin\alpha \; \frac{5}{4} \mu m g = \frac{m u_m^2}{R}$

$x^2 tg\alpha - 2x tg\alpha + 2x - 2$

$2^2 \cdot a = \frac{1}{0{,}1}$ $\quad 3x^2 tg\alpha - 3 tg\alpha x + 3x - 3$

$a = \frac{1}{40}$ $\quad = 4x^2 tg\alpha - 5x tg\alpha + 5x - 5$

$6^2 \cdot \frac{1}{40} = \eta = \frac{(x-1)^2 tg\alpha}{4x^2 tg\alpha - 5x tg\alpha + 5x - 5}$

$tg\alpha (4\eta x^2 - 5\eta x - (x-1)^2) = 5 - 5x$

$tg\alpha = \frac{5 - 5x}{4\eta x^2 - 5\eta x - x^2 + 2x - 1} =$

$= \frac{5(1-x)}{(4\eta - 1)x^2 + (-5\eta + 2)x - 1}$

$D =$

$20 = 20I + U_g$

$I = \frac{20 - U_g}{20}$

Чистовик

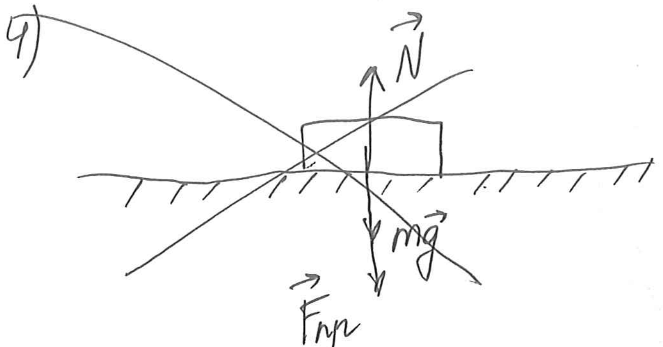
3) $\cancel{\mu mg \cdot \sin\varphi = \frac{mu^2}{R'}}$

$\cancel{u^2 = \mu g R' \cdot \sin\varphi}$

$\cancel{u = \sqrt{\mu g R' \sin\varphi} = \sqrt{\frac{u_m^2}{gR\sin\varphi} \cdot R'\sin\varphi} =}$

$\cancel{= u_m \cdot \sqrt{\frac{R'}{R}}}$

$\cancel{u = 94\,\frac{км}{ч} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = 54{,}3\,\frac{км}{ч}}$

4) 

3) $\cancel{\gamma u_m^2 = \mu g \cos\varphi}$

$\cancel{\mu = \frac{\gamma u^2}{g\cos\varphi} = \frac{u_m^2}{gR\cos\varphi}, \ \mu = 0{,}72}$

$\cancel{\mu g \cdot \sin\varphi = \frac{u^2}{R'} \Rightarrow u = \sqrt{\mu g \cdot \sin\varphi \cdot R''}}$

$\cancel{u = 26{,}11\,\frac{м}{с} = 94\,\frac{км}{ч}}$

2) $\frac{mu_m^2}{R} = \mu mg \cdot \cos\varphi \Rightarrow \mu = \frac{u_m^2}{gR\cos\varphi} \approx 0{,}32$ –

3) $\beta = \mathrm{arctg}\left(\frac{1}{\frac{1}{R}R'}\right) = \mathrm{arctg}\left(\frac{R}{R'}\right)$ –

$\frac{mu^2}{R'} = \mu mg\cos\beta \Rightarrow u = \sqrt{\mu g R'\cos\beta}$

$u = 10{,}1\,\frac{м}{с} \approx 36{,}3\,\frac{км}{ч}$

Ответ: $u = 36{,}3\,\frac{км}{ч}$ (скорость по R' без антикрыла)

17-55-45-66 (150.5)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик

$S_\Delta = \frac{1}{2}ab = \frac{1}{2}a^2\,tg\,\alpha$

$tg\,\alpha = \frac{b}{a}$ $\qquad y p_0 = p_0 \cdot x \cdot tg\,\alpha$

$Q = A + \Delta U = p_0 V_0 \left(x^2 tg\alpha + 1 + \frac{1}{2}(1 + x\,tg\alpha)(x-1)\right)$

$A = \frac{1}{2}(p_0 + y p_0)(xV_0 - V_0) =$

$= \frac{1}{2}p_0(1 + x\,tg\alpha) \cdot V_0(x-1)$

$\Delta U = p \cdot y \cdot V \cdot x - pV = p_0 x^2 tg\alpha \cdot V_0 - p_0V_0 =$

$= p_0V_0(x^2 tg\alpha - 1)$

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

$= x^2 tg\alpha + 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}tg\alpha\,x^2 - \frac{1}{2}x\,tg\alpha =$

$= \frac{3}{2}x^2 tg\alpha + \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}tg\alpha\right)x + \frac{1}{2}$

$\frac{(yp_0 - p_0)(xV_0 - V_0)}{2} = (x\,tg\alpha - 1)(x - 1)$

$y = x\,tg\alpha$

$x^2 tg\alpha - x\,tg\alpha - x + 1 = 3\eta x^2 tg\alpha + \eta x - \eta x\,tg\alpha + \eta$

$tg\alpha(x^2 - x - 3\eta x^2 + \eta x) = \eta x + \eta - 1 + x$

$tg\alpha = \frac{\cancel{\eta x +} \eta(x+1) + x - 1}{x^2(1 - 3\eta) + x(\eta - 1)}$

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

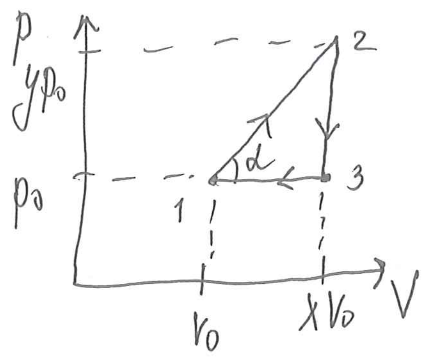
Чистовик

Задание 1

Задача:

1) Пусть $\frac{p_{max}}{p_{min}} = y$,

тогда $(y-1)\cancel{V_0} = (x-1)\,tg\,\alpha$



2) $\eta = \frac{A_{цикла}}{Q_{получ.}}$

$A_{цикла} = S_{внутри\ цикла} = S_\Delta = \frac{1}{2}p_0V_0(y-1)(x-1) =$

$= \frac{1}{2}p_0V_0(x-1)^2\,tg\,\alpha$

По первому закону термодинамики:

$Q_{получ} = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$A_{12} = S_{тр.} = \frac{1}{2}(p_0 + yp_0)\cdot(xV_0 - V_0) =$

$= \frac{1}{2}p_0V_0(1+y)(x-1) = \frac{1}{2}p_0V_0((x-1)tg\,\alpha + 2)(x-1) =$

$= (x\,tg\,\alpha - tg\,\alpha + 2)(x-1) = (x^2 tg\,\alpha - x\,tg\,\alpha + 2x -$

$- x\,tg\,\alpha + tg\,\alpha - 2)\cdot\frac{1}{2}p_0V_0 = \frac{1}{2}p_0V_0(x^2 tg\,\alpha - 2x\,tg\,\alpha$

$+ 2x - 2)$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(xy\cdot p_0V_0 - p_0V_0) =$

$= \frac{3}{2}(x\cdot((x-1)tg\,\alpha + 1) - 1)\,p_0V_0 =$

$= \frac{3}{2}p_0V_0(x(x\,tg\,\alpha - tg\,\alpha + 1) - 1) =$

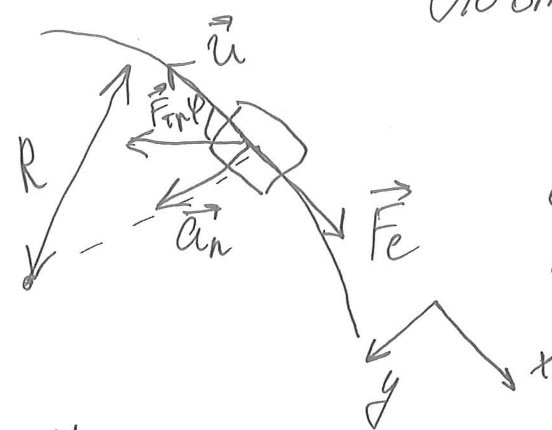
$= \frac{3}{2}p_0V_0(x^2 tg\,\alpha - tg\,\alpha\,x + x - 1)$

$\eta =$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Задание 2 Чистовик

Вопрос:



По второму закону Ньютона:

$\vec{F}_{тр} + \vec{F}_e + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_n$

Ox: $F_e - F_{тр}\cdot\cos\varphi = 0$ +

Oy: $F_{тр}\cdot\sin\varphi = ma_n$ +

$a_n = \frac{u^2}{R}$, $F_{тр} = \mu N$

$N = mg$

$\gamma m u^2 = \mu N\cdot\cos\varphi$

(1) $\gamma m u^2 = \mu mg\cos\varphi$

(2) $\mu mg\cdot\sin\varphi = m\frac{u^2}{R}$

Поделим (2) на (1):

$tg\,\varphi = \frac{mu^2}{R\cdot\gamma m u^2} = \frac{1}{R\gamma}$ +

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

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

10

Задача:

1) Воспользуемся формулой, полученной в вопросе:

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

По условию: $\gamma = \frac{1}{R}$, значит $\varphi = \cancel{arctg\,3}\ \cancel{45}\ 45°$ +

2) $F_{тр}\cdot\sin\varphi = ma_n$ (из решения вопроса)

$\mu mg\cdot\sin\varphi = \frac{mu_m^2}{R} \Rightarrow \mu\cdot g\cdot\sin\varphi = \frac{u_m^2}{R}$

$\mu = \frac{u_m^2}{gR\cdot\sin\varphi}$

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