

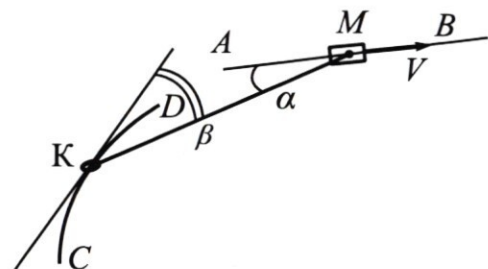
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



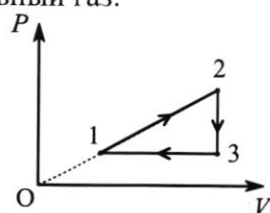
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

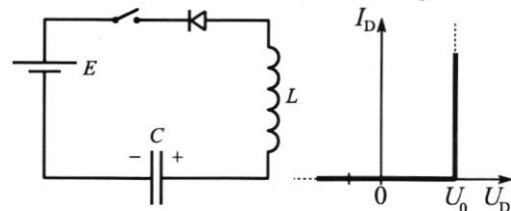
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

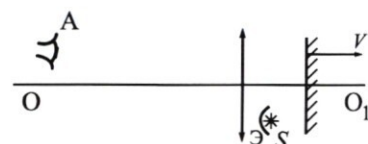


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$d, U, U_1,$

$0,2 d.$

$\gamma - ?$

$T - ?$

$U_0 - ?$

и

Решение:

1) Работа по торможению заряда эл. полями равна его кин. энергии.

$$E_{k1} = A$$

$$A = -q E \cdot 0,8 d \cos \varphi, \text{ где } \cos \varphi = -1$$

$$E_{k1} = \frac{m U_1^2}{2}$$

$$q E \cdot 0,8 d = \frac{m U_1^2}{2}$$

$$\frac{q E}{m} = \frac{U_1^2}{1,6 E d} \quad U = E d$$

$$\gamma = \frac{U_1^2}{1,6 E d} \quad \gamma = \frac{U_1^2}{1,6 U}$$

2) Время, за которое заряд остановится (t):

$$0 = U_1 - a t$$

$$t = \frac{U_1}{a}$$

По II зак. Ньютона:

$$|q| E = m a$$

$$a = \frac{|q|}{m} E$$

$$t = \frac{U_1 m}{|q| E}$$

$$t = \frac{U_1 \cdot 1,6 U}{U_1^2 \cdot E}$$

$$t = \frac{1,6 d}{U_1}$$

$T = 2t$, т.к. ускорение частицы не меняется

$$T = \frac{3,2d}{v_1}$$

3) $v_0 = v_1$, т.к. работа, затраченная на разгон, будет равна работе торможения, а значит и энергии кин. будет равна энергии кин. на падение.

$$E_{k0} = E_{k1}$$

Ответ: $\frac{v_1^2}{1,6U}$; $\frac{3,2d}{v_1}$; v_1 .

№5

Дано:

См

Решение:

F_1

$$L = \frac{8F}{15} \text{ м}$$

$$d_1 = \frac{3F}{5} \text{ м}$$

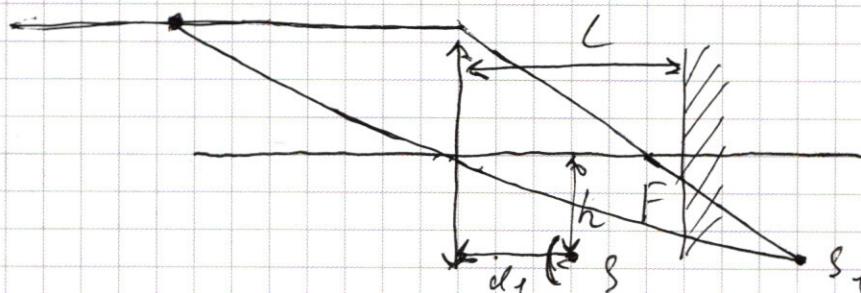
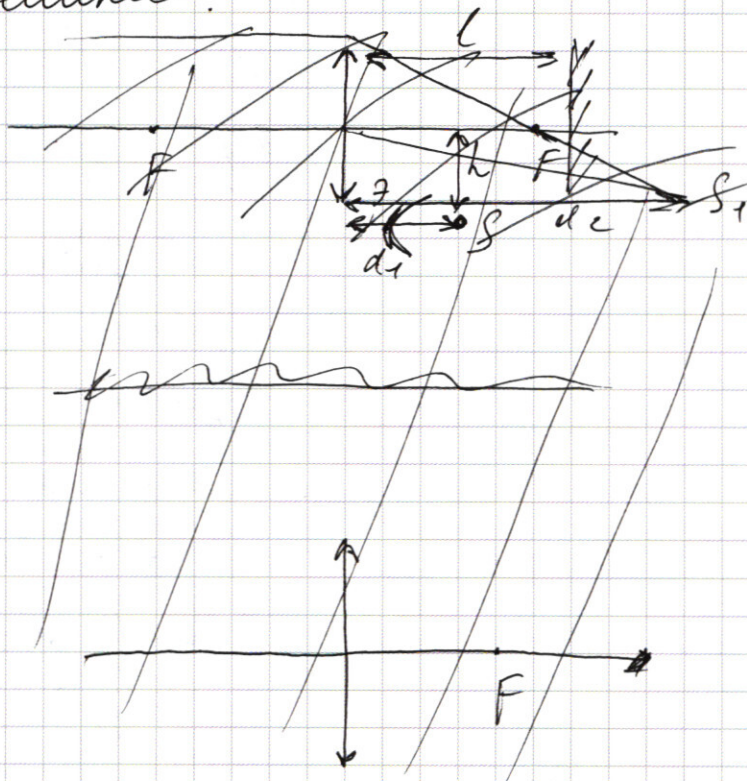
$$L = \frac{6F}{5} \text{ м}$$

v

$f_2 - ?$

$f_g \perp - ?$

$v_1 - ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Источник S_1 отражается в зеркале и получается источник S_2 , ^{изображение S_1} который и будет выступать наблюдателем.

d_2 - расстояние от нового источника
до мишени.

$$d_2 = 2L - d_1$$

$$d_2 = \frac{9F}{5}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}, \text{ где } f_2 - \text{изображение } S_1,$$

$$f_2 = \frac{9F}{4}$$

2) $\tan \angle = \frac{L \cdot \Gamma}{f_2 - F}$, где $\angle$ - угол между $\vec{V}_1$ и $\vec{GOO}$
($\vec{V}_1$ - скорость изобр.)

$$\Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{5}{4}$$

$$\tan \angle = \frac{8}{15}$$

3) $\vec{V}_1$ - скорость изображения.

$$\frac{V_1}{V_0} = \Gamma^2 \quad V_0 - \text{скорость } S_1.$$

$$V_0 = 2V$$

$$\frac{V_1}{2V} = \frac{25}{16}$$

$$V_1 = \frac{25V}{8}$$

Ответ: $\frac{9F}{4}$; $\frac{8}{15}$; $\frac{25V}{8}$.

С. Ренерше:

4) v_1 - скорость кольца

v_2 - скорости колеса отк.
мудовки.

мудрости

T — все истинные.

$$1) v_1 = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v$$

$$V_1 = 3,4 \text{ m/c.}$$

$$c) \cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = -\frac{43}{85}$$

$\vec{b}_1 x$ - проекция $\vec{b}_1$ на ось, параллельную $\vec{v}$.

$$V_{1x} = V_1 \cos(\alpha + \beta).$$

$$v_2 = v_1 x - v$$

$$V_2 = V_1 \cos(\alpha + \beta) - V$$

$v_2 = -2,52 \text{ м/с}$ (знак минус из-за направления).

$$3) \quad \cancel{T \sin} \quad T \cos(90 - \beta) = ma$$

$$T \sin \beta = m \frac{v^2}{R}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta}$$

$$T = \frac{m v_1^2}{R \sin \beta}$$

$$\sin \beta = \frac{15}{13}$$

$$T \approx \cancel{4,25} \text{ H. } 2,15 \text{ H.}$$

Omber: ~~2,15 M~~ 3,4 m/c, 2,52 m/c, 2,15 M.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

Дано:

график

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_2 = V_3$$

$$p_3 = p_1$$

$$\frac{C_{23}}{C_{11}} - ?$$

$$\frac{V_{12}}{A_{12}} - ?$$

$$\eta_{\text{тех}} - ?$$

См

Решение:

$$1) Q_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_2) \quad A_{21} = \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$Q_{11} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_1 - T_3) + \sqrt{R} (T_1 - T_3)$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_1 - T_3)$$

$$C_{22} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

$$2) V_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1)$$

$$\frac{V_{12}}{A_{12}} = 3$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_1 - T_3)}{2 \sqrt{R} (T_2 - T_1)}$$

$$\eta = 1 - \frac{3(T_3 - T_2) + 5(T_1 - T_3)}{4(T_2 - T_1)}$$

$$T_3 - T_2 = T_1 - T_3, \text{ т.к. } 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$$

циклический процесс

$$\eta = 1 - \frac{8(T_3 - T_2)}{4(T_2 - T_1)}$$

Ответ: $\frac{3}{5}$; 3

Дано:

$$C = 10 \text{ мкФ}$$

$$E = 6 \text{ В}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$I' - ?$

$I_{\text{max}} - ?$

$U_2 - ?$

Ср

№ 4

Решение:

$$1) U_1 - E = L I'$$

$$I' = 7,5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

$$2) \frac{C U_1^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$C U_1^2 = C U_2^2 + L I_{\text{max}}^2$$

U_2 - новое напряжение.

$$U_2 = \left(\frac{U_1 - E}{2} + E \right) = 4,5 \text{ В}$$

$$\frac{C U_1^2 - C U_2^2}{L} = I_{\text{max}}^2$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{10^{-5} \text{ А}}$$

$$\frac{C U_1^2}{2} = \frac{C U_2^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$U_2 = 6 \text{ В}$$

$$\frac{C (U_1^2 - U_2^2)}{L} = I_{\text{max}}^2$$

$$I_{\text{max}} = 1,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{5} \text{ А}$$

$$3) \cancel{U_1 - E = U_2}$$

$$\cancel{U_1 - E = U_2}$$

$$U_2 = E + U_0$$

$$U_2 = 4 \text{ В}$$

Ответ: $7,5 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$; $0,015 \sqrt{5} \text{ А}$; 4 В .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

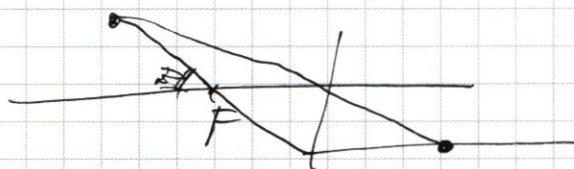
№ 5

$$d_2 = \frac{3}{5} F.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{5}{3F} + \frac{1}{f}.$$

$$\frac{3-5}{3F} = \frac{1}{f}.$$

$$f = \frac{3F}{4}.$$



$$d_2 =$$

$$d_3 d =$$



$$d_2 =$$

$$f = \frac{f_1}{d_1}.$$

$$k \cdot F.$$

$$k_2 d = \frac{S \cdot f}{f_1 - F}$$

$$\frac{2}{3F} - \frac{2}{2F} = \frac{1}{f}.$$

$$\frac{1}{3F} = \frac{1}{f}.$$

$$f = 3F.$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f}.$$

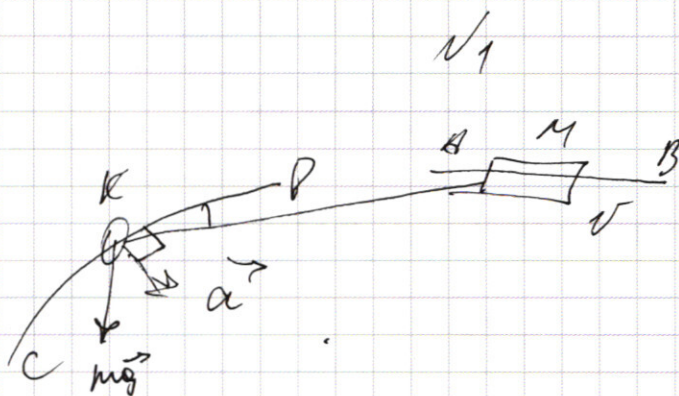
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f}.$$

$$\frac{3}{3F} - \frac{2}{2F} = \frac{1}{f}.$$

$$\frac{2-1}{2F} = \frac{1}{f}.$$

$$f = 2F.$$

$$f^2.$$



$$10^{-8} \sqrt{\frac{10^{-4} \cdot 45}{4}} = \frac{10^{-2} \cdot 3 \sqrt{5}}{2} \cdot 1 - \frac{8(kT_1 - k^2T_2)}{4(k^2T_1 - T_2)}$$

$$1 - \frac{2(k - k^2)}{(k \pm 1)}$$

$$1,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{5}$$

$$1 - \frac{2(k - 1)}{1 - \frac{2k}{k - 1}}$$

$$N = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$V_1^2 - V_2^2 \quad N = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} V = \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{82} \cdot 2 \text{ м/с.}$$

$$N = 1,7 \cdot 2 \text{ м/с} = 3,4 \text{ м/с.}$$

$$2) \quad V = \cos(\alpha + \beta) / \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$N = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}$$

$$\frac{32}{85} + \frac{45}{85} = \frac{67}{85} - \frac{13}{85}$$

$$V = \frac{67}{85} \cdot \frac{17}{105} \cdot 2 - \frac{13}{5} \cdot \frac{1}{5} = \frac{67}{50} \cdot 2 - \frac{122}{50} = 2 - \frac{13}{25}$$

$$24,25$$

$$81 - 56,152$$

$$z$$

$$- \frac{13}{25} - \frac{502}{25}$$

$$= 2,74$$

$$z = - \frac{63}{25} - \frac{132}{100} = - \frac{252}{100} = -2,52 \text{ м/с.}$$

$$e = - \frac{252}{100} = -2,52 \text{ м/с.}$$

$$- 2,2 = - \frac{22}{10} = - \frac{11}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1/3

1) $E = qU$
 $F = qE$

$A = qE \cdot s$

$E_k = \frac{m v_1^2}{2}$

$\frac{m v_1^2}{2} = qE \cdot s$

$s = \frac{v_0 + v_1}{2} \cdot t$

$t =$

$m v_1^2 = 2qU \cdot s$

$m v_1^2 = 1,6 qU$

$\frac{q}{m} = \gamma$

$\gamma = \frac{v_1^2}{1,6 U}$



2) $qE = ma$

$a = \frac{q}{m} E$

$v_k = v_1 - at$

$s = 1,6 d$

$1,6 d = v_1 t - \frac{a t^2}{2}$

$s = \frac{v_1^2 - v_k^2}{2a}$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

$$0 = v_1 = at$$

$$v_1 = at$$

$$v_1 = \frac{v_1 \cdot 2}{1,6 V} f$$

$$f = \frac{1,6 V}{v_1}$$

$$f = \frac{3,2 V}{v_1}$$

$$3) v_0 = -v_1$$

$$LI' = 3B$$

$$I' = 3B$$

$$I' = 4$$

$$V_L = 3B$$

$$V_L = 2B$$

$$V_L = LI'$$

$$I' = \frac{2B}{0,4 \text{ m}}$$

$$I' = 5 \text{ A/c}$$

$$T \sin \beta = m \frac{v^2}{R}$$

$$T = \frac{0,4 \text{ m} \cdot (3,4 \text{ m/c})^2 \cdot 15}{100 \cdot 1,9 \text{ m}}$$

$$T = \frac{0,4 \cdot 1,4^2 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 0,1}{1,9 \cdot 1,4}$$

$$T = \frac{1,67 \cdot 15}{1,9}$$

$$T = \frac{25,05}{1,9}$$

$$T = 13,2 \text{ H}$$

$$T = \frac{0,4 \cdot 1,4^2 \cdot 2 \cdot 25}{1,9}$$

$$T = \frac{4 \cdot 1,4^2 \cdot 2}{15 \cdot 1,9 \cdot 100}$$

$$T =$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 17 \\ \hline 28 \\ 68 \\ \hline 68 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 2003 \\ + 182 \\ \hline 4893 \\ + 1516 \\ \hline 29358 \\ + 4893 \\ \hline 48288 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48288 \quad | \quad 19 \\ \hline 36 \\ \hline 42 \\ \hline 38 \\ \hline 48 \\ \hline 38 \\ \hline 108 \\ \hline 95 \\ \hline 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42288 \quad | \quad 15 \\ \hline 30 \\ \hline 23 \\ \hline 15 \\ \hline 20 \\ \hline 35 \end{array}$$

2) ~~17~~

$$LI' = 3B$$

$$C = E =$$

$$3B =$$

$$B$$

$$E = V_c$$

$$V_c = E = V_0 + \frac{LI}{f}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

$$T_2 = T_1$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

Пусть k - увеличим P до P_2

$$\frac{P_1}{P_2} \sim \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_2 = k P_1$$

$$V_2 = k V_1$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (k^2 T_1 - k^2 T_1)$$

$$Q_{21} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - k T_1) \cdot \frac{k^2 P_1 V_1}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R k T_1 \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k} \right)$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - k T_1) \quad T_2 = k^2 T_1$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{k T_1}$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

$$T_3 = \frac{T_2}{k} = k T_1$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{k T_1}$$

$$\frac{V}{A} = 3$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$V = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{Q_{21} - Q_{23}}{Q_{21}}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{23}}{Q_{21}}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{\text{ex}}}{Q_{\text{in}}}$$

$$Q_{\text{ex}} = \frac{5}{2} \nu R k (T_1 - k T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - k T_1)$$

$$Q_{\text{in}} =$$

$$Q_{\text{in}} = 2 \nu R (k^2 T_1 - T_1)$$

$$Q_{\text{ex}} = \left(\frac{5}{2} \nu R \left(\frac{5}{2} \nu R k + \frac{3}{2} \nu R \right) (T_1 - k T_1) \right)$$

$$Q_{\text{in}} = 2 \nu R T_1 (k - 1) (k + 1)$$

$$Q_{\text{ex}} = \frac{A}{2}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{in}}}$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1) - \frac{3}{2} \nu R T_1 (k - 1)$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R T_1 (k - 1) (k + 1)$$

$$A = \frac{A_{23} \cdot A_{31}}{2}$$

$$A =$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{5}{2} \nu R k T_1 (k - \frac{1}{k+1}) + \frac{3}{2} \nu R T_1 (k - 1)}{2 \nu R T_1 (k + 1) (k - 1)}$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{5}{2} k + \frac{3}{2}}{2k + 2}$$

$$\eta = 1 - \frac{5k + 3}{4k + 4}$$

$$\eta' = - \frac{5(4k + 4) - 4(5k + 3)}{(4k + 4)^2}$$

$$- \frac{5(4k - 20k + 40 - 20k - 12)}{16(k + 1)^2} = 0$$

$$\frac{8}{16(k + 1)^2} = 0$$

$$2(k + 1)^2 = 0$$

$$\frac{1}{2(k + 1)^2} = 0$$