



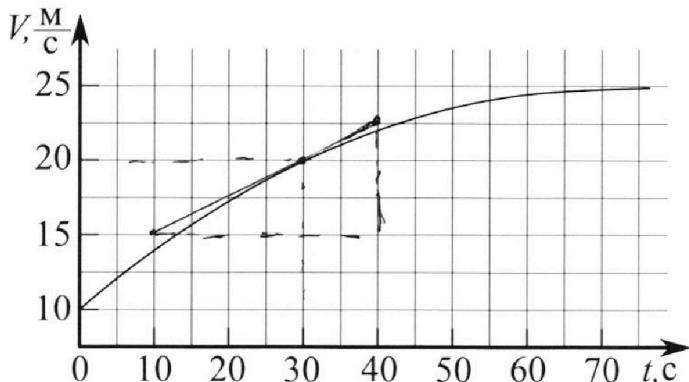
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 11-01**



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

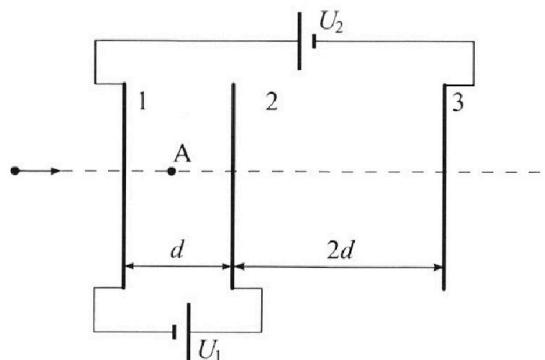
Треугольная точность численного ответа на первый вопрос ориентировано 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k w p$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{ATM}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность  $K_1 - K_2$ , где  $K_1$  и  $K_2$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

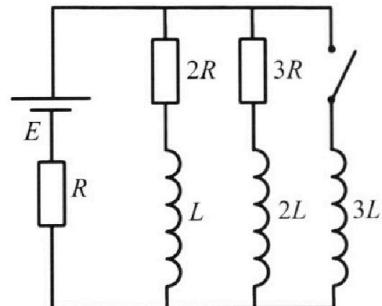


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

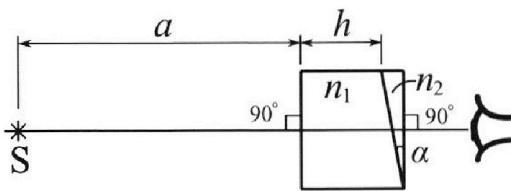
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установленся. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 194$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_b = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

Дано:

$$m = 1800 \text{ кг}$$

$$F_K = 500 \text{ Н}$$

$$F_C \sim \vartheta$$

$$\dot{\vartheta}_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vartheta(t)$$

1)  $a_1$  при  $\dot{\vartheta}_1 = ?$

2)  $F_1$  при  $\dot{\vartheta}_1 = ?$

3)  $P_1$  при  $\dot{\vartheta}_1 = ?$

Решение

1) Проведем касательную

к данному графику  $\vartheta(t)$

в точке  $\dot{\vartheta}_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}, t = 30 \text{ с.}$

Тангенс угла

наклона касательной -

искомое ускорение  $a = \frac{d\vartheta}{dt}$

Касательная проходит через точки  $(40; 22,5)$  и

$$(10; 15), \text{ тогда } a_1 = \frac{22,5 - 15}{40 - 10} = \frac{7,5}{30} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) В конце разгона  $\dot{\vartheta}_K = \text{const} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

При этом  $a = 0 \Rightarrow F_K = d\dot{\vartheta}_K$  (сила та же

рабочая сила сопротивления)  $d = \frac{F_K}{\dot{\vartheta}_K}$

3) ОУД:  $F_1 - F_{C1} = a_1 m; F_{C1} = d\dot{\vartheta}_1 - \text{сила сопротивления}$

$$F_1 = a_1 m + d\dot{\vartheta}_1 = a_1 m + \frac{F_K \cdot \dot{\vartheta}_1}{\dot{\vartheta}_K}$$

$$F_1 = 0,25 \cdot 1800 + \frac{500 \cdot 20}{25} = 18 \cdot 25 + 10 \cdot 40 =$$

$$= 450 + 400 = \underline{\underline{850 \text{ Н}}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1 (продолжение)

$$q) P_1 = \frac{\delta Q}{\delta t} = \frac{F_1 dx}{\delta t} = F_1 \cdot v_1,$$

$$\text{т.к. } \delta Q = \delta A = F dx \cdot \sin \alpha$$

$$P_1 = 850 \cdot 20 = 17000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$$

Ответ:  $a_1 = 0,25 \frac{m}{s^2}$ ;  $F_1 = 850 \text{ Н}$ ;  $P_1 = 17000 \text{ Вт}$



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 2

Дано:

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \text{К}}$$

Р<sub>атм</sub>

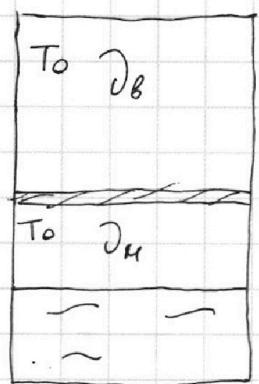
$$\Delta J = kP \cdot V$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

$$1) \frac{J_B}{J_H} - ?$$

$$2) P_a ?$$

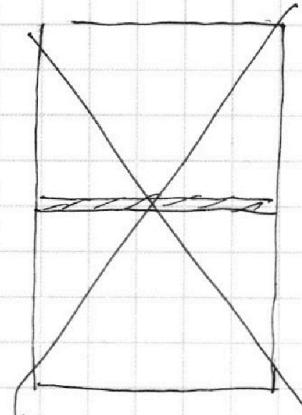
I



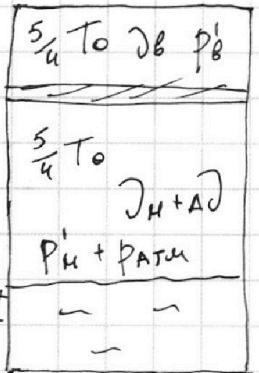
V/2

V/4

V/4



II



V/5

V/4

V/4

$$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$$

$$1) P_B \frac{V}{2} = J_B R T_0 - \text{верхний}$$

$$2) P_H \frac{V}{4} = J_H R T_0 - \text{нижний I}$$

P<sub>B</sub> = P<sub>H</sub> = P<sub>0</sub>, т. к. поршень невесомый и мы  
пренебрегаем давлением водяных паров  
(следует)

$$1) : 2) \frac{4}{2} = \frac{J_B}{J_H} = 2$$

$$3) \Delta J = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

4) При T = 373 K давление водяных паров  
равно Р<sub>атм</sub>

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

## N 2 (продолжение)

$$5) P_8' \frac{V}{5} = \bar{D}_B \cdot RT$$

$$6) (\cancel{P_8' \cdot \bar{D}_B}) \cdot \frac{V}{20} = (\cancel{\bar{D}_B \cdot RT}) (\bar{D}_{H1} + \Delta D) \cdot RT$$

$$7) P_8' = P_{ATH1} + P_H'$$

$$5) : 6) \frac{P_8'}{P_H'} \cdot \frac{\cancel{\bar{D}_B \cdot 20}}{\cancel{5 \cdot 11}} = \frac{\bar{D}_B}{\bar{D}_{H1} + \Delta D}$$

$$1) : 5) \frac{P_0}{P_8'} \frac{5}{2} = \frac{T_0 \cdot 4}{5 T_0}; \quad P_8' = P_0 \cdot \frac{25}{8}$$

$$P_H' = P_0 \cdot \frac{25}{8} - P_{ATH1} = \frac{RT(\bar{D}_{H1} + k P_0 \cdot \frac{V}{4})}{\frac{11}{20} \cdot V}$$

$$\bar{D}_{H1} = \frac{1}{2} \bar{D}_B = \frac{1}{2} \frac{P_8' V}{5 RT} = \frac{P_0 \cdot 25 \cdot V}{8 \cdot 10 \cdot RT} = \frac{5 P_0 V}{16 RT}$$

$$\frac{25}{8} P_0 - P_{ATH1} = \frac{20 RT}{11} \left( \frac{5 P_0}{16 RT} + k P_0 \cdot \frac{1}{4} \right) =$$

$$= \frac{20}{11} \frac{5}{16} P_0 + \frac{20}{11 \cdot 4} \cdot k RT P_0$$

$$P_{ATH1} = P_0 \left( \frac{25}{8} - \frac{20 \cdot 5}{11 \cdot 16} - \frac{20}{11 \cdot 4} \cdot k RT \right) =$$

$$= \frac{370}{176}; \quad P_0 = \frac{88}{185} P_{ATH1}$$

$$\text{Ответ: } \frac{\bar{D}_B}{\bar{D}_{H1}} = 2; \quad P_0 = \frac{88}{185} P_{ATH1}$$



- 1    2    3    4    5    6    7

**МФТИ.**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

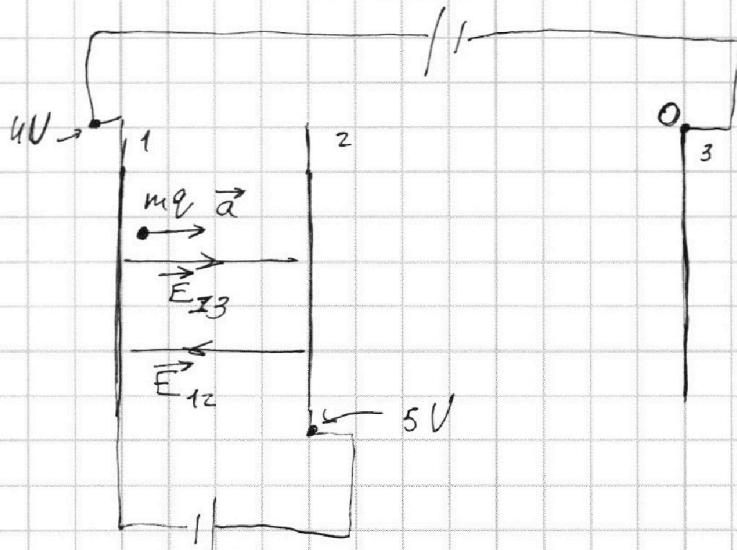
$$d; V, m,$$

$$1) a - ?$$

$$(2) K_1 - K_2 - ?$$

$$3) V_A - ?$$

N 3



1) Пусть потенциал пластины 3 равен  $V$   
(сетка)

тогда потенциалы пластины 1 и 2  
(сеток)

равны соответственно  $4V$  и  $5V$

$$2) \Delta\varphi = Ed; \quad U = E_{12} \cdot d; \quad E_{12} - \text{напряженность ЭП между 1 и 2}$$

$$4V = E_{13} \cdot 3d$$

$E_{13}$  - напряженность  
ЭП между 1 и 3

$$3) OYD: \quad qE_{13} - qE_{12} = ma = q\ddot{x} \left( \frac{4}{3} - 1 \right) = ma$$

$$a = \frac{qV}{3dm}$$

$$4) ЗСД: \quad \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + W_1 = \frac{mV_2^2}{2} + W_2$$

$K_1 - K_2 = W_2 - W_1$ , где  $W_1$  и  $W_2$  - энергия  
взаимодействия ~~зарядов~~ пластины с сетками

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

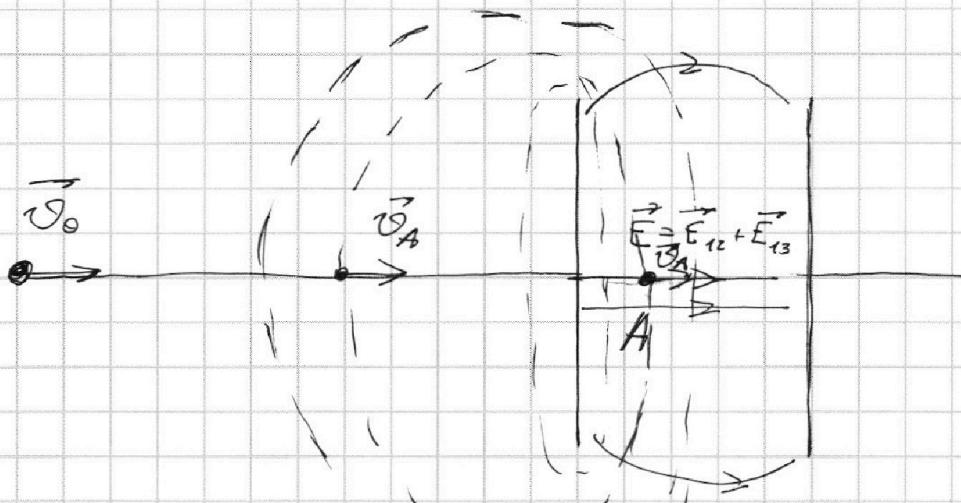
N3 (продолжение)

5)  $W_1 = W_2 = A_{\text{эн}} = am \cdot d = \frac{qU}{3}$  - работа ЭМ

но перенос заряда

$$K_1 - K_2 = -\frac{qU}{3}$$

6)



Эквипотенциальные  
поверхности

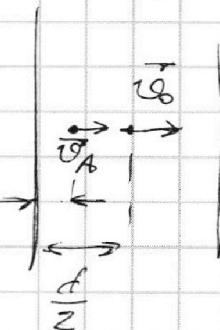
На равном расстоянии между

наличиях энергии взаимодействия  
частички равны энергии волны модой с вид  
частички на бесконечности = 0.  
Тогда по ЗС) скорость частиц в центре

равна  $v_0$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_A^2}{2} + ma \left( \frac{d}{2} - \frac{d}{3} \right)$$

$$v_0^2 = v_A^2 + \frac{qU}{3d} \left( d - \frac{2d}{3} \right)$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 3 (продолжение 2)

$$V_A^2 = V_0^2 - \frac{qU}{3} \cdot \frac{1}{3}$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{3}}$$

Ответ:  $\alpha = \frac{qU}{3dm}$ ;  $K_1 - K_2 = -\frac{qU}{3}$ ;

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{3}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N4

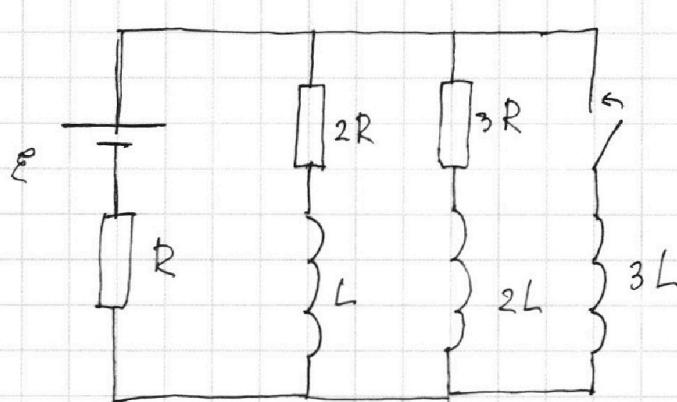
Дано:

$\mathcal{E}, R, L$

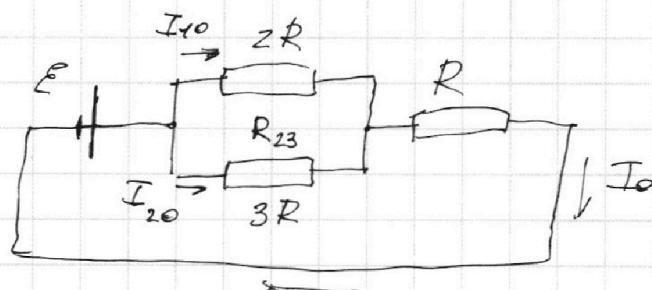
1)  $I_{10} = ?$

2)  $\dot{I}_{3L} = ?$

3)  $\Delta q_{2R} = ?$



1) При разомкнутом ключе и установившемся  
режиме схема эквивалентна следующей:



2)  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв}}} ; R_{\text{экв}} - \text{эквивалентное}$   
 $\text{сопротивление цепи}$

$$R_{\text{экв}} = R + R_{23} ; R_{23} = \frac{3R \cdot 2R}{5R} = \frac{6}{5} R$$

$$R_{\text{экв}} = \left(\frac{6}{5} + 1\right) R = \frac{11}{5} R$$

$$I_0 = \frac{5\mathcal{E}}{11R}$$

$$3) I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R ; I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20} = I_{10} \left(1 + \frac{2}{3}\right) = \frac{5}{3} I_{10} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N4 (продолжение 2)

$$2 \Delta \varphi_2 \cdot R + L \Delta I_2 = 3L \Delta I_3$$



$$2R \cdot \Delta \varphi_{2R} + L \cdot \frac{3E}{\pi R} = 3L \cdot I_k$$

$I_k$  - установившийся ток после замыкания  
кнопки.

$$I_k = \frac{E}{R}$$

$$2R \Delta \varphi_{2R} = L \frac{E}{R} \left( \frac{3}{\pi} + 3 \right) = L \frac{E}{R} \cdot \frac{3+33}{\pi} = \frac{36}{\pi} L \frac{E}{R}$$

$$\Delta \varphi_{2R} = \frac{18}{\pi} \cdot \frac{LE}{R^2}$$

$$\text{- Ответ: } I_{10} = \frac{3}{\pi} \frac{E}{R}; \quad I_{3L} = \frac{2E}{\pi L}; \quad \Delta \varphi_{2R} = \frac{18 LE}{\pi R^2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N4 (продолжение)

$$I_{10} = \frac{3 \cdot E}{11R}$$

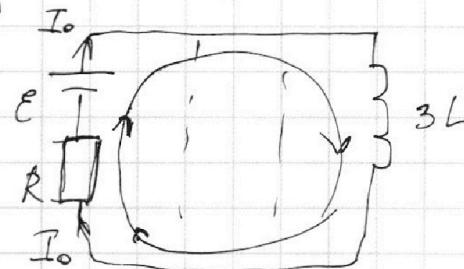
4) Сразу после замыкания катушки

ток в цепи ее изменяется,

тогда для контура

$$E = I_o R + U_{3L}$$

$U_{3L}$  - сопротивление



$$\text{на катушке; } U_{3L} = -E_i = 3L \frac{dI}{dt} = 3L \dot{I}_{3L}$$

$$3L \dot{I}_{3L} = E - \frac{5}{11} E = \frac{6}{11} E$$

$$\dot{I}_{3L} = \frac{2E}{11L}$$

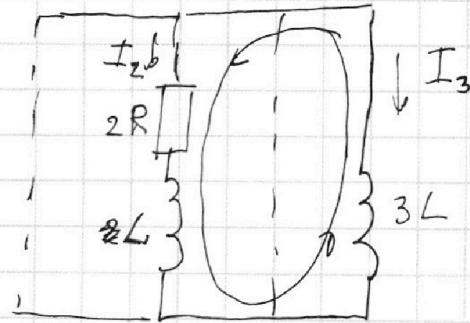
5) Через резистор  $2R$  будет текут ток до тех

пор, пока катушка  $3L$  не придет в  
уставновившееся состояние.

6) Рассмотрим следующий  
контур:

$$2I_2R + U_L = U_{3L}$$

$$2 \frac{dI_2}{dt} \cdot R + L \frac{dI_2}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 (продолжение 3)

9)  $\ell' = a + h - BS'$

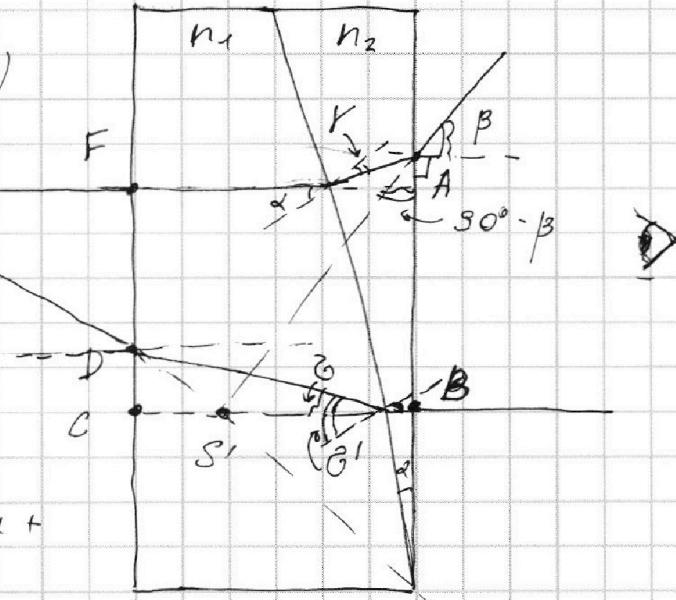
10)  $BS' = AB \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \beta)$

11)  $AB = FD + DC$

12)  $FD = a \cdot \operatorname{tg} \mu$

13)  $DC = h \cdot \operatorname{tg} \beta$

$\ell' = a + h - ctg \beta \cdot (a \operatorname{tg} \mu +$   
 $+ h \operatorname{tg} \beta)$



14)  $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta'; \beta' = \alpha \frac{n_2}{n_1}$

15)  $\beta + \alpha = \beta'; \beta = \cancel{\alpha \rightarrow \frac{n_2}{n_1}} \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$

16)  $n_1 \sin \beta = n_2 \sin \mu$

$$\mu = \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) - \frac{n_1}{n_2} = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

$\ell' = a + h - \frac{1}{\beta} \left( a \cdot \alpha \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \frac{n_1}{n_2} + h \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \right)$

17)  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

$n_2 \sin (\alpha - \beta) = n_1 \sin \mu \quad \left. \begin{array}{l} \cancel{\beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha \rightarrow 1} \\ \end{array} \right.$

$$\beta = \frac{n_2 \alpha}{n_1} - \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

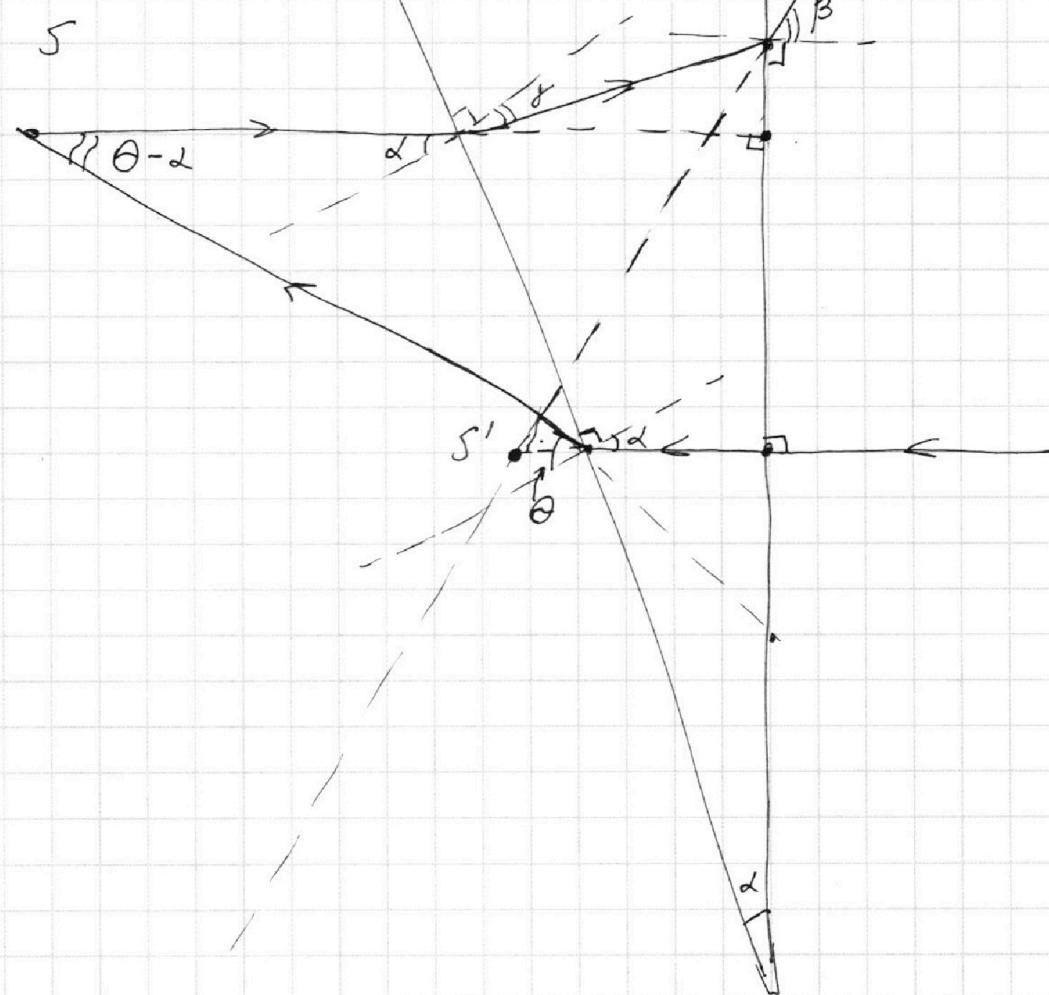
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 (продолжение 2)

$$l = (a+b) \left( \frac{2 \left( \frac{n_2}{n_B} - 1 \right)}{\left( \frac{2}{\frac{n_2}{n_e}} - 1 \right)} - 1 \right)$$

$l \approx 0$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ.**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 (продолжение)

5) Воспользуемся

свойствами

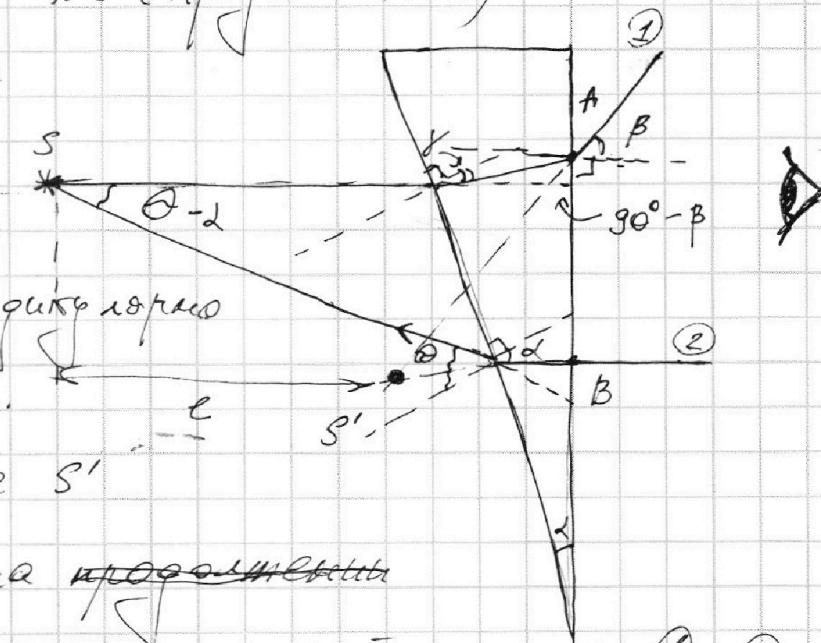
обратимости

лучей

и проведем

из  $\odot$  перпендикулярно

правой границе.



6) Изображение  $S'$

находится на ~~пересечении~~

пересечении продолжений лучей  $\odot$  и  $\odot$

7)  $n_2 \cdot \sin \alpha = n_8 \cdot \sin \theta$

~~8)  $\tan \theta \cdot (\alpha + h) \approx AB$~~

~~$\tan(90^\circ - \beta) = \frac{(-l + a + h)}{AB} \cdot (\alpha + h) = \tan(90^\circ - \beta) \tan \theta (\alpha + h)$~~

~~$l = -\frac{1}{\beta} \cdot \frac{n_2}{n_8} \cdot \tan \theta (\alpha + h) + a + h$~~

~~$l = -\frac{0,7}{0,7} \cdot 1,7 (184 + 3) + (184 + 3) = 753,7 \text{ см}$~~

8)  $AB = (\theta - \alpha) \cdot (a + h) = \left(\frac{n_2}{n_8} - 1\right) \cdot (a + h)$

9)  $AB \cdot \cot \beta = a + h - l$

~~$\frac{\cot \beta}{\frac{n_2}{n_8} - 1} = a + h - l$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5

Дано:

$$\begin{aligned}n_6 &= 1 \\a &= 1,94 \text{ м} \\h &= 3 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\d &= 0,1 \text{ рад}\end{aligned}$$

1)  $\beta = ?$

$$n_4 = n_6 = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

2)  $\ell = ?$

$$n_4 = n_6 = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

3)  $\ell' = ?$

$$n_4 = 1,5$$

$$1) n_6 \cdot \sin d = n_2 \cdot \sin \beta$$

$$n_2 = 1,7$$

2) ABCD - выпуклый трапециевидный четырехугольник ( $\angle CBA = \angle CDA = 90^\circ$ )

$$\Rightarrow \angle BCD = 180^\circ - \alpha, \quad \text{тогда } \beta = 180^\circ - \gamma - 180^\circ + \alpha =$$

$$= \alpha - \gamma$$

$$3) n_2 \cdot \sin \beta = n_6 \cdot \sin \alpha$$

4) Углы  $\alpha, \gamma, \beta, \delta$  можно считать маленькими,  
 $\tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \tan \gamma \approx \gamma$

$$\cancel{n_6 \cdot \sin \alpha} \quad \left\{ \begin{array}{l} n_6 \alpha = n_2 \beta \\ n_2 (\alpha - \beta) = n_6 \gamma \end{array} \right.$$

$$n_2 \alpha - n_6 \alpha = n_6 \beta; \quad \beta = \frac{n_2}{n_6} \cdot \alpha - \alpha = \alpha \left( \frac{n_2}{n_6} - 1 \right)$$

$$\beta = 0,1(1,7 - 1) = 0,7 \text{ rad}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N5 (продолжение 4)

$$\ell' = a + h - \left( 2 \left( \frac{h_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left( a \frac{n_1}{n_2} + h \right) \right) = \\ 2 \left( \frac{h_2}{n_1} - 1 \right) \frac{n_1}{n_2}$$

$$= a + h - \frac{an_1 + hn_2}{n_1} = h - hn_2 = 0$$

Ответ:  $\beta = 0, \neq \text{расг.}$

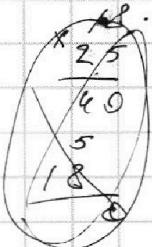
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

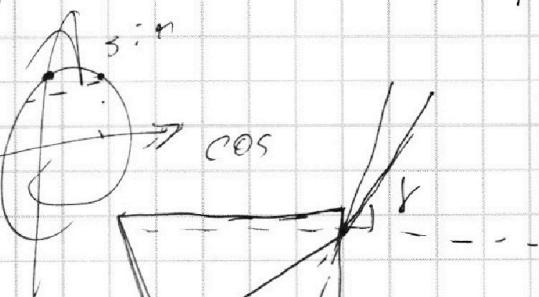


Черновик

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ \times 25 \\ \hline 90 \\ 40 \\ \hline 16 \\ 2 \\ \hline 950 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 18 \\ \times 25 \\ \hline 90 \\ 5 \\ 16 \\ \hline 450 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 85 \\ 8 \\ \hline 10 \\ 16 \\ \hline 170 \end{array}$$
$$\frac{\tan(90^\circ - \beta)}{\sin 90^\circ - k} = \frac{s}{\cos 80^\circ - k}$$

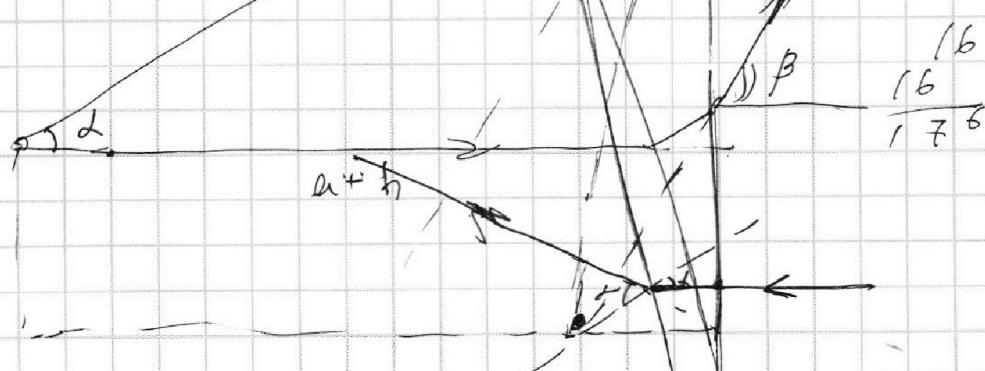
$$\begin{array}{r} 203 \\ 17 \\ \hline 91 \\ 65 \\ 63 \\ \hline 21 \\ 203 \\ \hline 345,9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 345,9 \\ 281 \\ \hline 143,3 \\ 65 \\ 63 \\ \hline 21 \end{array}$$



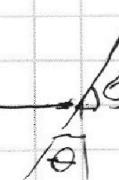
$$\begin{array}{r} 370 \\ 185 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$49,3$$



$$\begin{array}{r} 203 \\ 153 \\ \hline 406 \end{array}$$

$$\frac{20-4-5}{20} = \frac{11}{20}$$



$$550 \quad 100 \quad 80$$

$$\frac{25 \cdot 2 \cdot 11 - 20 \cdot 5 - 20 \cdot 4}{11 \cdot 16} =$$

$$= \frac{370}{11 \cdot 16} =$$