



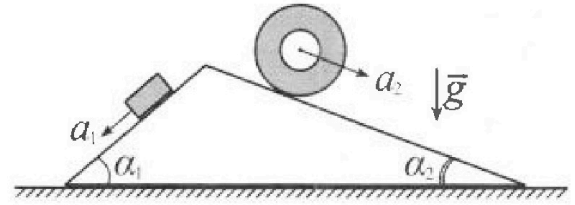
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

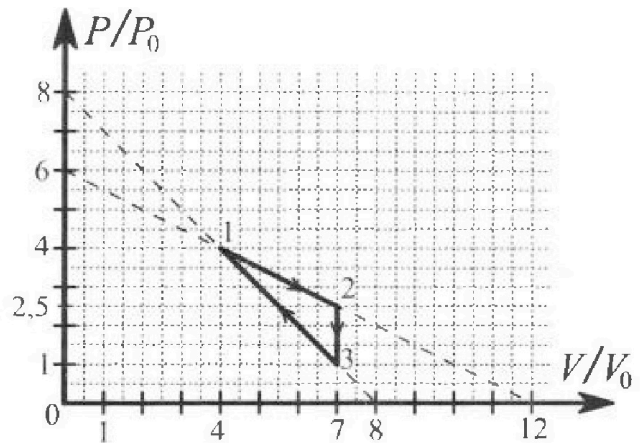


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

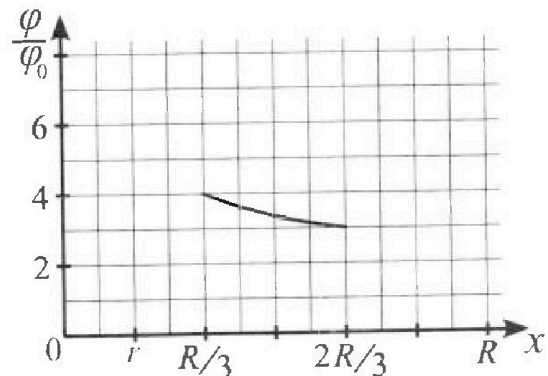
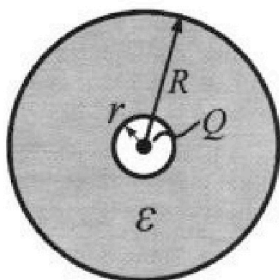
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\phi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\phi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





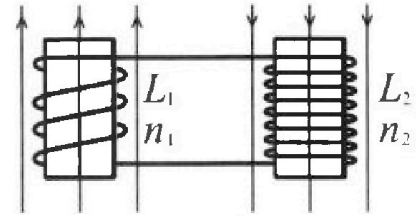
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

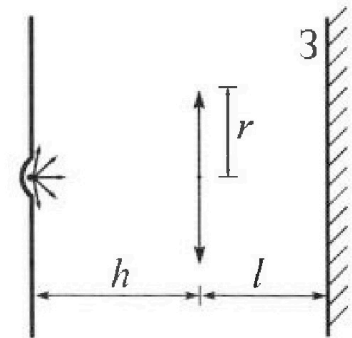


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7 СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$4m\vec{a}_2 = 4m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_2$$

$$a: 4ma_2 = 4mg \cdot \sin \alpha_2 - F_2$$

$$F_2 = 4mg \cdot \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) = 4mg \cdot 5 \cdot \frac{11}{13 \cdot 24} = \frac{55}{78} mg$$

3) Согласно третьему закону Ньютона, на клин действуют силы:

$$0 = Mg - \vec{N}_2 - \vec{N}_1 - \vec{F}_1 - \vec{F}_2 + \vec{F}_3, \text{ где } M - \text{масса клина.}$$

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg, \quad N_2 = 4mg \cdot \cos \alpha_2 = \frac{48}{13} mg$$

$$x: 0 = -F_3 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2$$

$$F_3 = \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} - \frac{48}{13} mg \cdot \frac{5}{13} - \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} + \frac{55}{78} mg \cdot \frac{12}{13}$$

$$F_3 = mg \cdot \left( \frac{12}{25} - \frac{240}{169} - \frac{56}{25 \cdot 13} + \frac{110}{169} \right)$$

$$F_3 = mg \cdot \left( \frac{156 - 56}{25 \cdot 13} - \frac{730}{169} \right) = mg \cdot \left( \frac{4}{13} - \frac{10}{13} \right) = -\frac{6}{13} mg$$

Знак "-" означает, что  $F_3$  направлена по оси  $x$ .

$$\text{Ответ: } 1) F_1 = \frac{14}{65} mg$$

$$2) F_2 = \frac{55}{78} mg$$

$$3) F_3 = \frac{6}{13} mg$$





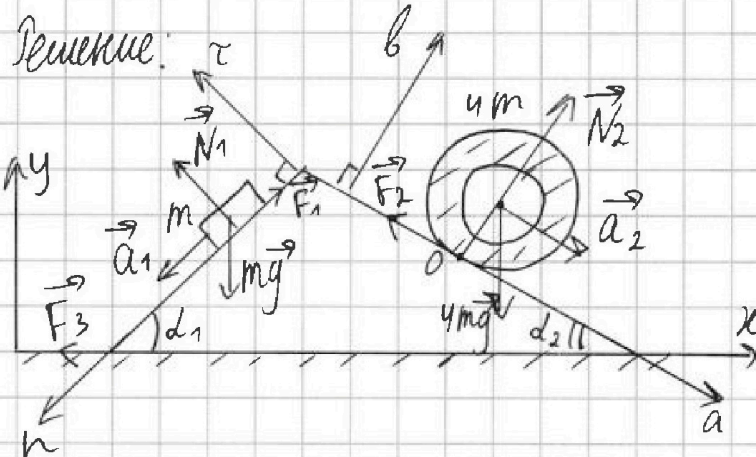
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№ 1.

Дано:  
 $a_1 = \frac{5}{13} g$ ;  $a_2 = \frac{5}{24} g$   
 $\sin d_1 = \frac{3}{5}$ ;  $\sin d_2 = \frac{5}{13}$   
 1)  $F_1$  - ?  
 2)  $F_2$  - ?  
 3)  $F_3$  - ?



1) Для бруска массой  $m$ :

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_1$$

$$n: ma_1 = mg \cdot \sin d_1 - F_1$$

$$F_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{5}{13} = \frac{14}{65} mg$$

2) Рассмотрим точку  $O$  цилиндра, контактирующую с клином. Ее скорость равна нулю, т.к. цилиндр движется без проскальзывания. При этом на цилиндр действует сила тяжести, которая стремится придать  $m.O$  скорость. Тогда в точке  $O$  на цилиндр действует сила трения покоя  $F_2$ , препятствующая появлению скорости  $m.O$ .





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$6 - 2V_0 + 9 - \frac{3}{2} \frac{V}{V_0} = 0$$

$$V = 7,5 V_0$$

В процессе 1-2 такого объема нет  $\Rightarrow$  газ только получает тепло в процессе 1-2:

Уравнение процесса 2-3:

$$p = 8p_0 - p_0 \frac{V}{V_0}$$

$$dQ = pdV + \frac{3}{2} V R d\delta = (8p_0 - p_0 \frac{V}{V_0}) dV + \frac{3}{2} V R d\delta = 0$$

$$8p_0 dV - p_0 \frac{V}{V_0} dV = \frac{3}{2} V R d\delta$$

$$8p_0 dV - 2V dV \cdot \frac{p_0}{V_0} = \frac{3}{2} V R d\delta$$

$$8p_0 dV - p_0 V dV \cdot \frac{1}{V_0} + 12p_0 dV - 3V dV \frac{p_0}{V_0} = 0$$

$$8 - \frac{V}{V_0} + 12 - 3 \frac{V}{V_0} = 0$$

$$V_n = 5V_0, \quad p_n = 3p_0, \quad T_n = \frac{15p_0 V_0}{V R}$$

Точка с координатой  $n$  принадлежит процессу 3-1  $\Rightarrow$  в этом процессе газ и получает тепло, и отдает п.к. работа в процессе 3-1 отрицательна, а  $T_n > T_3$

$\Rightarrow$  на участке  $n \rightarrow 3$  газ получает тепло.

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{A_{12}}{Q_{12} + \frac{3}{2} A_{23}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$6p_0 - p_0 \cdot \frac{2V_m}{2V_0} = 0$$

$$V_m = 6V_0$$

$$T_m = \frac{p_m = 3p_0}{\frac{16p_0V_0}{UR}}, \quad T_1 = \frac{16p_0V_0}{UR}$$

$$\frac{T_m}{T_1} = \frac{9}{8}$$

3) Температура газа в процессе 1-2 сначала увеличивается, затем уменьшается  $\Rightarrow$  возможно, что в процессе 1-2 газ не только получает тепло, но и отдает. Аналогично с процессом 3-1.

Рассмотрим для обоих процессов момент, когда  $dQ=0$  (касание с адиабатой).

$$dQ = dA + dU = p dV + \frac{3}{2} UR dT = 0$$

$$pV = UR T$$

Для процесса 1-2:

$$6p_0 V - \frac{UR}{2V_0} \cdot p_0 = UR T$$

$$6p_0 dV - \frac{UR}{2V_0} p_0 dV = UR dT$$

$$(6p_0 - \frac{UR}{2V_0} p_0) dV + \frac{3}{2} (6p_0 dV - \frac{UR}{2V_0} p_0 dV) = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q_{12} = \frac{1}{2} \cdot 8,5 \text{ pо} \cdot 3 \text{ V}_0 + \frac{3}{2} \cdot (17,5 \text{ pо V}_0 - 16 \text{ pо V}_0)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8,5 \text{ pо V}_0 + \frac{3}{2} \cdot 1,5 \text{ pо V}_0 = 12 \text{ pо V}_0$$

~~$$Q_{31} = -\frac{1}{2} \cdot 7 \text{ pо V}_0 + \frac{3}{2} \cdot (16 \text{ pо V}_0 -$$~~

$$Q_{3n} = -\frac{1}{2} \cdot 4 \text{ pо} \cdot 2 \text{ V}_0 + \frac{3}{2} \cdot (15 \text{ pо V}_0 - 7 \text{ pо V}_0)$$

$$Q_{3n} = -4 \text{ pо V}_0 + 12 \text{ pо V}_0 = 8 \text{ pо V}_0$$

$$A_{12} = \frac{9}{4} \text{ pо V}_0$$

$$\eta = \frac{\frac{9}{4}}{20} = \frac{9}{80}$$

Ответ: 1) 7

2)  $\frac{9}{8}$

3)  $\frac{9}{80}$





1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Решение:

~ 2.

$$1) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot (\bar{T}_3 - \bar{T}_2)$$

$$|\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} \nu R \cdot |\bar{T}_2 - \bar{T}_3|$$

$$p_2 V_2 = \frac{5}{2} p_0 \cdot 7 V_0 = \nu R \bar{T}_2, \quad p_3 V_3 = p_0 \cdot 7 V_0 = \nu R \bar{T}_3$$

$$|\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} \cdot (7 p_0 V_0 \cdot \frac{5}{2} - 7 p_0 V_0) = \frac{9}{4} \cdot 7 \cdot p_0 V_0$$

Работу газа за цикл найдем как площадь под графиком при цикле:

$$A_{\text{цикл}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 \cdot 3 V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A_{\text{цикл}}} = 7$$

2) В процессе 1-2 газ расширяется  $\Rightarrow$  его работа положительна на любом малом промежутке.

Выведем уравнение прямой 1-2:

$$p = 2V + \beta$$

Из графика:  $p = 6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} \cdot V$

$$pV = \nu R \bar{T}$$

$$pV = 6p_0 V - \frac{p_0}{2V_0} \cdot V^2 = \nu R \bar{T}$$

Для максимальной температуры  $\bar{T} = 2V' = 0$ :

$$(6p_0 V - p_0 \cdot \frac{V^2}{2V_0})' = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

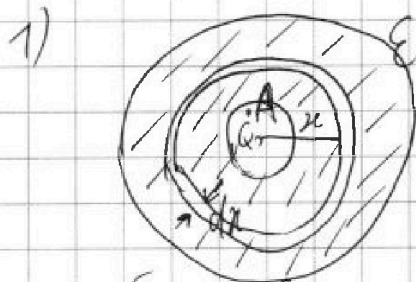
Дано:

$\epsilon, \tau, R, Q$

1)  $\varphi(\frac{R}{4}) - ?$

2)  $\epsilon - ?$

Решение:  $\sim 3$



Выберем внутри шара слой толщиной  $dx$  и радиуса  $x$  ( $x > r$ )

$d\varphi$  (разность потенциалов слоя) =  $E(x) \cdot dx$

$$E(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$

$$\int_{\frac{R}{4}}^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} \cdot dx = \frac{kQ}{\epsilon} \int_{\frac{R}{4}}^R \frac{dx}{x^2} = -\frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{1}{x} \Big|_{\frac{R}{4}}^R =$$

$$= -\frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon \frac{R}{4}} = \varphi(r) - \varphi(\frac{R}{4})$$

Возьмем в  $A$  на расстоянии  $\Delta r \rightarrow 0$  от

$r - \Delta r \rightarrow 0$  ( $r - \Delta r$ ), где  $\Delta r \rightarrow 0$ , от центра

шара. Ее потенциал  $\varphi_A = \varphi(r)$  (т.к.  $\Delta r \rightarrow 0$ )

$$\varphi_A = \frac{kQ}{r} = \varphi(r)$$

$$\varphi(\frac{R}{4}) = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon r}$$

$$\varphi(\frac{R}{4}) = kQ \cdot \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon r} + \frac{1}{\epsilon R} \right)$$

$$\varphi(x) = kQ \cdot \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon r} + \frac{1}{\epsilon x} \right), \text{ при } x > r$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$1) \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = kQ \cdot \left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon \cdot r} + \frac{3}{\varepsilon R}\right) = 4\varphi_0 \quad (1)$$

$$\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = kQ \cdot \left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r} + \frac{3}{2\varepsilon R}\right) = 3\varphi_0 \quad (2)$$

(1) - (2):

$$\frac{3kQ}{2\varepsilon R} = \varphi_0 \Rightarrow kQ = \frac{2\varepsilon R \varphi_0}{3}, \quad \frac{kQ}{kQ} = \frac{\varphi_0}{2\varepsilon R}$$

(1) + (2):

$$\frac{2kQ(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{9kQ}{2\varepsilon R} = 7\varphi_0 \quad | : kQ$$

$$\frac{2(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} + \frac{9}{2\varepsilon R} = \frac{7}{2\varepsilon R} \quad | - \frac{9}{2\varepsilon R}$$

$$\frac{2(\varepsilon-1)}{\varepsilon r} = \frac{6}{2\varepsilon R} \Rightarrow r = \frac{(\varepsilon-1)R}{3}$$

$$1) 4\varphi_0 = kQ \cdot \frac{6}{\varepsilon R}, \quad (2) 3\varphi_0 =$$

$$\varepsilon - 1 = \frac{3r}{R} \quad \text{из условия: } R = 6r$$

$$\varepsilon = \frac{R+3r}{R} = 1,5$$

$$\text{Ответ: } 1) \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon r} + \frac{4}{\varepsilon R}\right)$$

$$2) \varepsilon = \frac{3r+R}{R} = 1,5$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

предпретили малым сопротивлением (бесконечно проводящий контур). Магнитный поток для такого контура рав постоянен.

В начальный момент (когда не было тока):

$$\Phi = B_0 S n_1 + 2 B_0 S n_2 = 5 B_0 S n = \text{const}$$

В конце изменения магнитного <sup>вм</sup> поля <sup>ей</sup>:



Предположим, что ток идет про-  
тив часовой стрелки.

$$\Phi = \frac{B_0}{2} S n_1 + L_1 \cdot I + \frac{2}{3} B_0 S n_2 - L_2 \cdot I = \frac{1}{2} B_0 S n + L I + \frac{4}{3} B_0 S n - 4 L I = \frac{11}{6} B_0 S n - 3 L I = 5 B_0 S n$$

$$3 L I = - \frac{19}{6} B_0 S n$$

$$I = - \frac{19}{18} B_0 S n$$

знак "-" говорит о том, что ток направлен против часовой.

Ответ: 1)  $I' = \frac{2 S n}{5 L}$

2)  $I = \frac{19}{18} B_0 S n$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$L_1 = L; L_2 = 4L,$$

$$n_1 = n; n_2 = 4n; S, \Delta$$

$$1) I' - ?$$

$$2) I - ?$$

Решение: <sup>4</sup>

1) При увеличении магнитного потока через первую катушку в ней возникнет ЭДС индукции, препятствующее этому изменению. В начальный момент тока нет  $\Rightarrow$  магнитный поток через вторую катушку не изменится. При этом в обеих катушках возникнут ЭДС самоиндукции, препятствующие увеличению тока:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{is_1} + \mathcal{E}_{is_2}, \quad \mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta B \cdot S \cdot n_1}{\Delta t} = 2 S n$$

$$\mathcal{E}_{is_1} = L_1 \cdot I' = L \cdot I'$$

$$\mathcal{E}_{is_2} = L_2 \cdot I' = 4L \cdot I'$$

$$2 S n = 5L \cdot I'$$

$$I' = \frac{2 S n}{5L}$$

2) Катушки и соединительные провода представляют собой контур с





1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$h, F = \frac{h}{2}$$

$$l = \frac{2}{3}h$$

$$r = 3 \text{ см}$$

1)  $S_1$  - ?

2)  $S_2$  - ?

Решение:

~ 5.

1) Найдём положение изображения источника

в линзе:

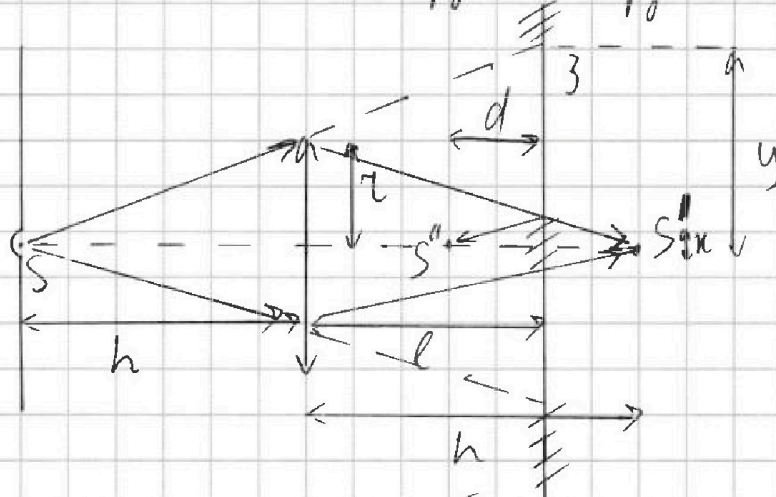
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{b}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{2}{h}$$

$$f = h > l$$

$$d = h; F = \frac{h}{2}$$

т.к. источник точечный  $\Rightarrow$  свет будет распространяться по всем направлениям и на плоских предметах будут световые окружности.



Штрихом отмечаем область зеркала, которая будет освещена.

$$\frac{x}{r} = \frac{h-l}{h} = \frac{1}{3}$$

$$x = 1 \text{ см}$$

$$\frac{r}{y} = \frac{h}{h+l} = \frac{h}{\frac{5}{3}h} = \frac{3}{5} \Rightarrow y = 5 \text{ см}$$

$$S_1 = \pi y^2 - \pi x^2 = 24\pi$$

2)  $S''$  - изображение  $S'$  в зеркале





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 из 2

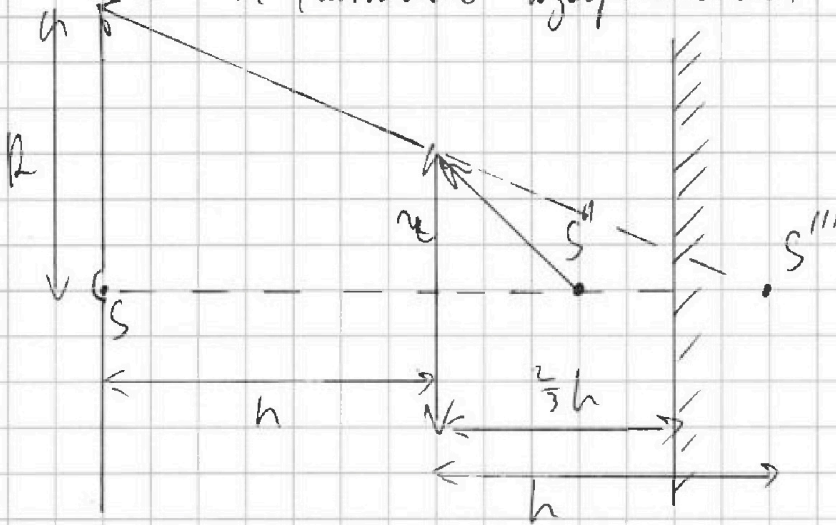
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$d = h - l = \frac{1}{3}h \quad l - d = \frac{2}{3}h - \frac{1}{3}h = \frac{1}{3}h$$

Найдём изображение  $S''$  в линзе:

$$\frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} \quad \Leftrightarrow \frac{1}{2h} + \frac{1}{f'} = \frac{2}{h}$$

$$f' = -h \text{ (мнимое изображение)}$$



$R$  - радиус несветящейся части стержня.

$$\frac{r}{R} = \frac{h}{2h} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad R = 6 \text{ см}$$

$$S_2 = \pi R^2 = 36\pi$$

Ответ: 1)  $S_1 = 24\pi$

2)  $S_2 = 36\pi$

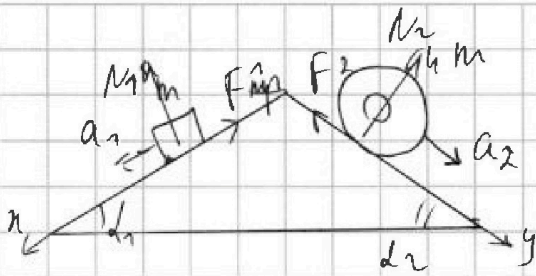
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{F}_{mp} + \vec{N}_2$$

$$x: ma_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = \frac{14}{65} mg$$

$$4ma_2 = 4mg \cdot \sin \alpha_2 - F_2$$

$$F_2 = \frac{55}{78} mg$$

$$p_3 V_3 = UR \delta_3 = 7 p_0 V_0$$

$$UR \delta_2 = \frac{5}{2} p_0 \cdot 7 V_0$$

$$n = \frac{\delta U_{23}}{A_{U_2}} = 7$$

$$1-2: p = 2V + V_0$$

$$b = 4 p_0 - \frac{2}{7} p_0 \cdot \left(-\frac{p_0}{2 p_0}\right)$$

$$b = 6 p_0$$

$$p_{12} = 6 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} \cdot V_{12}$$

$$dQ = 0 = p \Delta V + \frac{3}{2} UR \Delta T$$

$$6 \left( 6 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} \cdot V \right) + \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{p_0}{V_0} \cdot V \cdot UR \Delta T = 6 p_0 \Delta V - \frac{p_0}{V_0} \cdot V \cdot \Delta V$$

$$0 = 6 - \frac{V}{2 V_0} + 9X - \frac{3}{2} \frac{V}{V_0}$$

$$6 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} \cdot V$$

$$UR \delta = 6 p_0 V - \frac{p_0}{2 V_0} V^2$$

$$0 = 6 p_0 \Delta V - \frac{p_0}{V_0} V \Delta V$$

$$\frac{V}{V_0} = 6 \quad V = 6 V_0$$

$$F_1 = mg \cdot \sin \alpha_1 - ma_1$$

$$F_1 = mg \cdot \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right)$$

$$F_2 = 4 mg \cdot \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{29} \right)$$

$$F_2 = 5 mg \cdot \frac{4}{13 \cdot 29 \cdot 6}$$

$$|\Delta U|_{23} = \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{3}{2} \cdot 7 p_0 V_0 \right) = \frac{9}{4} \cdot 7 p_0 V_0$$

$$A_{U_2} = \frac{1}{2} \cdot 3 V_0 \cdot \frac{3}{2} p_0 = \frac{9}{4}$$

$$p_1 = 4 p_0 = 4 V_0 a + b$$

$$p_2 = 2 p_0 = 7 V_0 \cdot a + b$$

$$\frac{3}{2} p_0 = -3 V_0 a \quad a = -\frac{p_0}{2 V_0}$$

$$\left( 6 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} \cdot V \right) V = UR \delta$$

$$UR \delta = 6 p_0 \Delta V - \frac{p_0}{2 V_0} \cdot 2 V \Delta V$$

$$12 V_0 - V + 18 X \cdot V_0 - 3 V = 0$$

$$4 V = 30 V_0$$



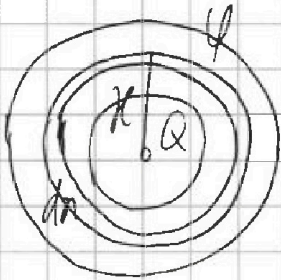
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
из

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$E(r) = \frac{kQ}{r^2}$$

$$E(r) = \frac{kQ}{r^2 \cdot \epsilon}$$

$$\Delta\varphi = E(r) \cdot dr$$

$$\int_r^R E(r) \cdot dr = \int_r^R \frac{kQ}{\epsilon r^2} \cdot dr = \frac{kQ}{\epsilon} \int_r^R \frac{dr}{r^2} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{r} \right) \Big|_r^R = -\frac{kQ}{\epsilon r} + \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon r} = \frac{kQ}{\epsilon R} - \varphi(r)$$

$$\varphi(r) = -\frac{kQ}{\epsilon r} + \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{kQ}{\epsilon r} - \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon} - \varphi(r)$$

$$\varphi(r) = kQ \cdot \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{\epsilon R} - \frac{1}{\epsilon r} \right) = kQ \cdot \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon r} + \frac{1}{\epsilon R} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = kQ \cdot \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon \cdot \frac{R}{3}} + \frac{1}{\epsilon R} \right) = 4$$

$$kQ = \frac{2\epsilon R}{3}$$

$$\varphi\left(\frac{2}{3}R\right) = kQ \cdot \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon \cdot \frac{2}{3}R} + \frac{1}{\epsilon R} \right) = 3$$

$$\frac{3kQ}{2\epsilon R} = 1 \quad \frac{2kQ}{\epsilon R} \cdot (\epsilon - 1) + \frac{3kQ}{2\epsilon R} = 1 \quad | \cdot 2\epsilon R$$

$$4kQR \cdot (\epsilon - 1) + 3kQR = 14\epsilon R$$

$$\frac{8kQR}{3} (\epsilon - 1) + 3kQR = 14\epsilon R$$

$$12kR(\epsilon - 1) + 18R = 42\epsilon R$$

$$12R(\epsilon - 1) = 24\epsilon$$

$$\epsilon = \frac{4}{14}(\epsilon - 1)R$$



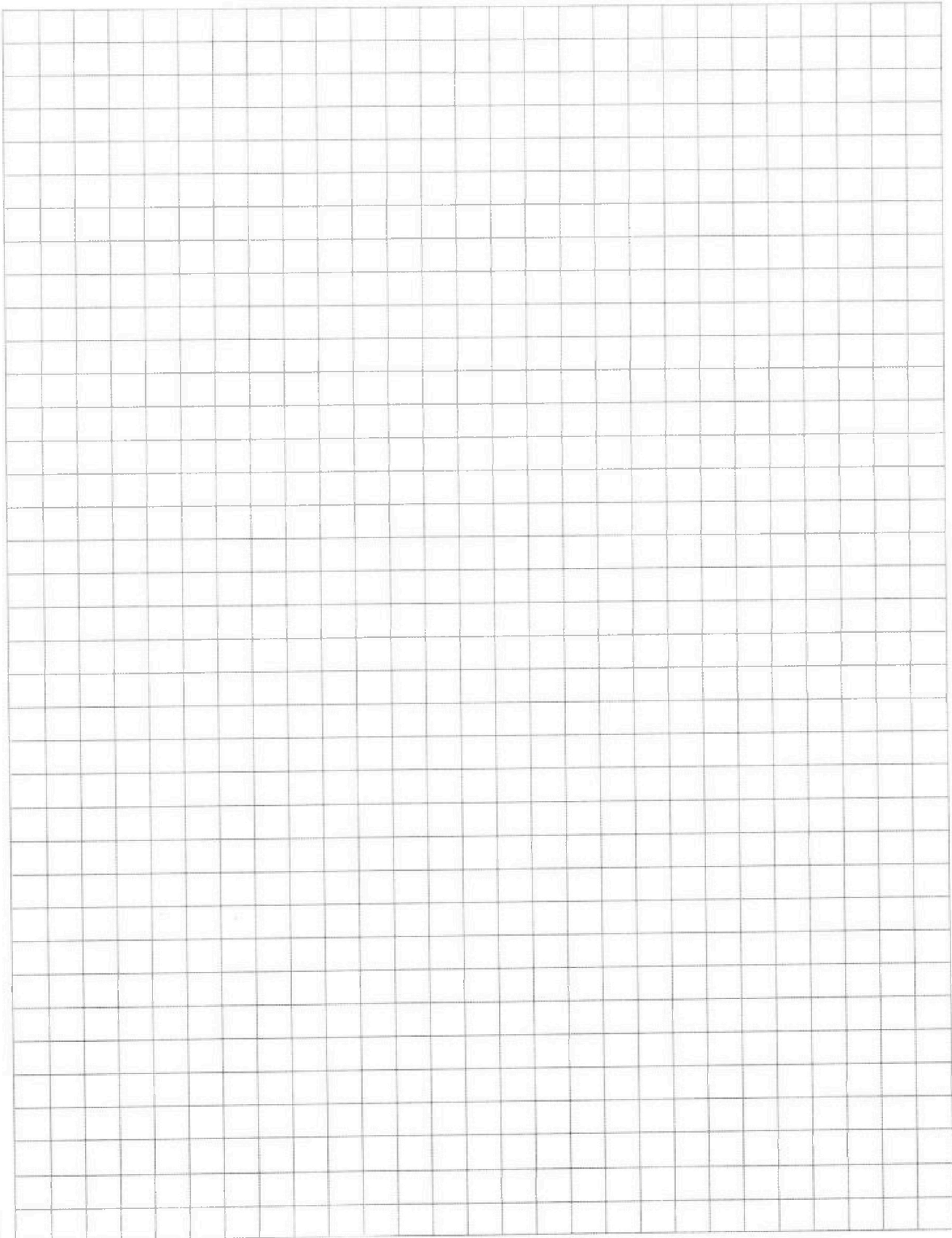


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\epsilon_i = \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{d} \cdot 5n_1 = 5L \cdot \dot{\varphi}$$

$$\dot{\varphi} = \frac{2Sh}{5L}$$

$$\varphi = \text{const}$$

$$B_0 S n_1 + \frac{4}{3} B_0 S n_1 = 5 B_0 S n_1 = \text{const}$$
$$5 \dot{\varphi} L + \frac{B_0 S}{2 S n_1} \times \frac{4}{3} B_0 S n_1 = 5 B_0 S n_1$$

$$5 \dot{\varphi} L = 5 B_0 S n_1 + \frac{5L}{6} B_0 S n_1 = \frac{35}{6} B_0 S n_1$$

$$\dot{\varphi} = \frac{7}{30} \frac{B_0 S n_1}{L}$$

$\dot{\varphi}$   $\epsilon_i$

$\varphi$   $\dot{\varphi}$

2

$\varphi$

$\dot{\varphi}$

$\varphi$