



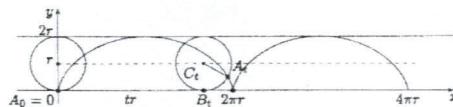
ФГБОУ ВПО  
«Тульский государственный университет»  
Олимпиада школьников  
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике  
2013/14



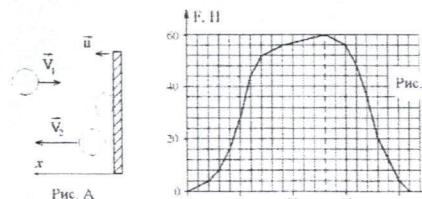
Заключительный этап  
II класс  
Вариант 1

1. Рулетта (циклоида) является линией столы обычной, что после прямой и окружности нет более часто встречающейся линии; она так часто вычертывается перед глазами каждого, что надо удивляться тому, как не рассмотрели ее древние, ибо это не что иное, как путь, описываемый в воздухе гвоздем колеса, когда оно катится своим движением с того момента, как гвоздь начал подниматься от земли, до того, когда непрерывное качение колеса не приводит его опять к земле после окончания целого оборота.

Паскаль

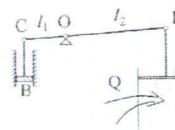


Колесо радиуса  $r = 1$  м катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью  $V = 3,14$  м/с. В какой-то момент  $t_0 = 0$  некоторая точка А на ободе колеса находится на высоте  $h = r$  от земли и движется по циклоиде вверх. Во сколько раз изменится скорость точки А относительно земли через  $t = 0,5$  с?



На рисунке А изображены две части движения шайбы: движение плиты вправо со скоростью  $u$  и движение шайбы влево со скоростью  $v_1$ . На рисунке Б изображена зависимость проекции силы давления плиты на шайбу от времени. Используя график на рисунке Б, найдите

- 1) работу, совершенную плитой над шайбой;
- 2) тепло, выделившееся при ударе. Ответ дать в мДж, округлив до целых.
- 3) во сколько раз изменилась скорость шайбы при ударе о плиту?



3. В горизонтальной трубе застряла пробка, которую надо вытащить. Юный экспериментатор Андрей выяснил, что для того, чтобы вытолкнуть пробку, необходимо приложить постоянную минимальную силу  $F = 200$  Н вдоль оси трубы. Ему показалось это слишком трудным, и он решил создать установку для выталкивания пробок. Для этого он использовал горизонтальный цилиндр с поршнем А сечением  $S_A = 10 \text{ см}^2$  с гладкими стенками и жесткий рычаг CD, который мог вращаться без трения вокруг закрепленного шарнира О в горизонтальной плоскости. Точка О делила рычаг CD в соотношении  $I_1 : I_2 = 1 : 2$ . После подсоединения стержней AD и CB к шарниру D и C в сосуде был воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$  и занимал объем  $V = 3 \text{ л}$ , а стержни AD и CB параллельны. Далее, Андрей подал с помощью нагревателя тепло  $Q = 757 \text{ Дж}$ , и пробка, переместившись на некоторое расстояние  $\Delta x$ , выскочила из трубы.

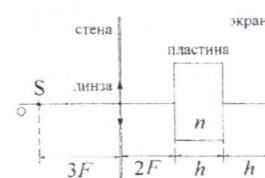
- 1) Найти КПД такой установки, округлив результат до сотых процента.
- 2) Предложите Андрею способы увеличения КПД. Обоснуйте.

Примечание: воздух, в основном, двухатомный газ (78% азота и 21% кислорода), который можно считать идеальным при давлениях, не очень сильно превышающих атмосферное. Для двухатомного идеального газа внутренняя энергия вычисляется по формуле  $U = \frac{5}{2}vRT$ .

4. На расстоянии  $r = 4$  м от бесконечного прямого провода параллельно нему движется протон со скоростью  $V = 3,46 \text{ см/с}$ . На очень короткое время  $\Delta t = 65 \text{ мс}$  по проводу пропускают импульс постоянного тока  $I = 43,8 \text{ А}$  в направлении движения протона.

На каком расстоянии от провода окажется протон через 1 мин после окончания импульса тока?

Замечание: бесконечный прямой провод с током создает на расстоянии  $r$  от себя индукцию магнитного поля  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  – магнитная постоянная. Принять  $\pi = 3,14$ , масса протона  $m = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ , заряд протона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .



5. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром  $d = 3 \text{ см}$ , в которое вставлена собирающая линза такого же диаметра с оптической силой  $D = 1 \text{ дптр}$ . На расстоянии трех фокусных расстояний от центра линзы на главной оптической оси разместили точечный источник света S, освещавший линзу. За линзой, на двойном фокусном расстоянии, расположена стеклянная плоскопараллельная пластинка с показателем преломления  $n = 1,5$  и толщиной  $h = 30 \text{ см}$ , а за ней на расстоянии  $h$  расположен экран. И пластина, и экран параллельны стене и плоскости линзы. Найти радиус светового пятна на экране. При малых углах принять  $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ .



ФГБОУ ВПО  
«Тульский государственный университет»  
Олимпиада школьников  
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике  
2013/14

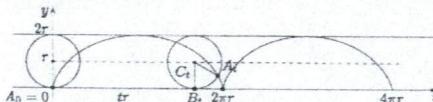


Заключительный этап

II класс  
Вариант 2

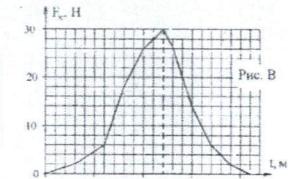
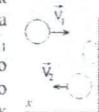
1. Рулетта (циклоида) является линией, столь обычной, что после прямой и окружности нет более часто встречающейся линии: она так часто вычертывается перед глазами каждого, что надо удивляться тому, как не рассмотрели ее древние, ибо это не что иное, как путь, отсылаемый в воздухе гвоздем колеса, когда оно катится своим движением с того момента, как гвоздь начал подниматься от земли до того, когда непрерывное качение колеса не приводит его опять к земле после окончания целого оборота.

Паскаль



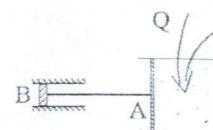
Колесо радиуса  $r = 1$  м катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью  $V = 6,28$  м/с. В какой-то момент  $t_0 = 0$  некоторая точка A на ободе колеса находится на высоте  $h = \frac{r}{2}$  от земли и движется по циклоиде вверх. Во сколько раз изменится скорость точки A относительно земли через  $t = \frac{1}{3}$  с?

2. По горизонтальной, гладкой плоскости перпендикулярно к вертикальной стене движется шайба массы  $m$  с некоторой скоростью  $V_1$  (см. рис. А). После неупругого удара о стенку шайба отскочила со скоростью  $V_2$ . На рисунке В приведен график зависимости проекции на ось x силы давления стены на шайбу. Используя график на рис. В, найдите



1) массу шайбы, если тепло выделившееся, при ударе шайбы о стенку, равно  $Q = 8$  мДж. Ответ дать в граммах, округлив до целых.

2) Во сколько раз изменилась скорость шайбы при ударе?



3. В горизонтальной трубе застряла пробка, которую надо вытащить. Юный экспериментатор Андрей выяснил, что для того, чтобы вытолкнуть пробку, необходимо приложить постоянную минимальную силу  $F = 200$  Н вдоль оси трубы. Ему показалось это слишком трудным, и он решил создать установку для выталкивания пробок. Для этого он использовал горизонтальный цилиндр с поршнем A сечением  $S_A$ , с гладкими стенками. После подсоединения стержня AB в сосуде был воздух при атмосферное давление  $P_0 = 10^5$  Па и занимал объем  $V = 1$  л, а стержень AB параллелен оси трубы и перпендикулярен поршню A. Далее Андрей подал с помощью нагревателя некоторое тепло Q, и пробка, переместившись на расстояние  $\Delta x = 10$  мм, выскочила из трубы. Подбирая цилиндры с воздухом одинакового начального объема  $V = 1$  л, но разных сечений  $S_A$ , Андрей добился максимального КПД установки.

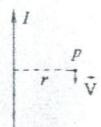
1) Чему равен этот максимальный КПД? Ответ дать в процентах, округлив до десятых.

2) Чему равна при этом площадь поршня A? Ответ дать в  $\text{cm}^2$ , округлив до целых.

Примечание: воздух – в основном двухатомный газ (78% азота и 21% кислорода), который можно считать идеальным при давлениях, не очень сильно превышающих атмосферное. Для двухатомного идеального газа внутренняя энергия вычисляется по формуле  $U = \frac{5}{2}RT$

4. На расстоянии  $r = 5$  м от бесконечного прямого провода параллельно нему движется протон со скоростью  $V = 4,62$  см/с. На очень короткое время  $\Delta t = 120$  мс по проводу пропускают импульс постоянного тока  $I = 36,5$  А в направлении, противоположном движению протона. На каком расстоянии от провода окажется протон через 1 мин после окончания импульса тока?

Замечание: бесконечный прямой провод с током создает на расстоянии  $r$  от себя индукцию магнитного поля  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная, Принять  $\pi = 3,14$ , масса протона  $m = 1,673 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд протона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.



5. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром  $d = 4$  см, в которое вставлена рассеивающая линза такого же диаметра с оптической силой  $D = -\frac{2}{3}$  дптр. На расстоянии двух фокусных расстояний от центра линзы, на главной оптической оси, разместили точечный источник света S, освещавший линзу. За линзой на двойном фокусном расстоянии расположена стеклянная плоскопараллельная пластина с показателем преломления  $n = 1,5$  и толщиной  $h = 90$  см, а за ней на расстоянии  $h$  расположен экран. И пластина и экран параллельны стене и плоскости линзы. Найти радиус светового пятна на экране. При малых углах принять  $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ .



ФГБОУ ВПО  
«Тульский государственный университет»  
Олимпиада школьников  
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике  
2013/14



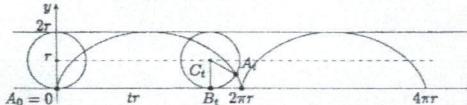
Заключительный тур

11 класс

Вариант 3

1. Рулетта (циклоида) является линией, стоя обычной, что после прямой и окружности нет более часто встречающейся линии; она так часто вычертывается перед глазами каждого, что надо удивляться тому, как не рассмотрели ее древние, ибо это не что иное, как путь, описываемый в воздухе гвоздем колеса, когда оно катится своим движением с того момента, как гвоздь начал подниматься от земли, до того, когда непрерывное качение колеса не приводит его опять к земле после окончания целого оборота.

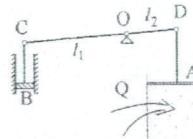
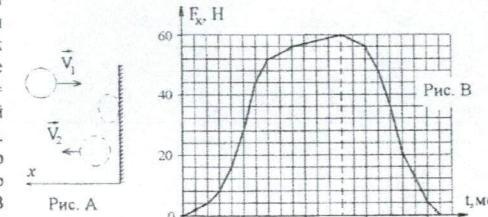
Паскаль



- Колесо радиуса  $r = 2$  м катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью  $V = 1,57$  м/с. В какой-то момент  $t_0 = 0$  некоторая точка A на ободе колеса находится на высоте  $h = 1$  м от земли и движется по циклоиде вниз. Во сколько раз изменится скорость точки A относительно земли через  $t = 4$  с?

2. По горизонтальной гладкой плоскости перпендикулярно к вертикальной стене движется шайба массы  $m = 100$  г с некоторой скоростью  $V_1$  (см. рис. А). После неупругого удара о стенку шайба отскочила со скоростью  $V_2$ . На рисунке В приведен график зависимости проекции на ось x силы давления стенки на шайбу. Используя график на рис. В, найдите

- 1) во сколько раз изменилась скорость шайбы при ударе;  
2) тепло, выделившееся при ударе шайбы о стенку. Ответ дать в миллидюймах, округлив до целых



3. В горизонтальной трубе застряла пробка, которую надо вытащить. Юный экспериментатор Андрей выяснил, что для того, чтобы вытолкнуть пробку, необходимо приложить постоянную минимальную силу  $F = 200$  Н вдоль оси трубы. Ему показалось это слишком трудным, и он решил создать установку для вытапливания пробок. Для этого он использовал горизонтальный цилиндр с поршнем

А сечением  $S_A = 100 \text{ см}^2$  с гладкими стенками и жесткий рычаг CD, который мог вращаться без трения вокруг закрепленного шарнира О в горизонтальной плоскости. Точка О делила рычаг CD в соотношении  $l_1 : l_2 = 2 : 1$ . После подсоединения стержней AD и CB к шарнирам D и C в сосуде был воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5 \text{ Па}$ , а стержни AD и CB параллельны. Далее Андрей подал с помощью нагревателя некоторое тепло Q, и пробка, переместившись на расстояние  $\Delta x = 4 \text{ мм}$ , выскочила из трубы.

- 1) Найти первоначальный объем воздуха в цилиндре, если КПД такой установки оказался равен 1%.

- 2) Предложите Андрею способы увеличения КПД. Обоснуйте.

Примечание: воздух – в основном двухатомный газ (78% азота и 21% кислорода), который можно считать идеальным при давлениях, не очень сильно превышающих атмосферные. Для двухатомного идеального газа внутренняя энергия вычисляется по формуле  $U = \frac{5}{2}vRT$

4. На расстоянии  $r = 2$  м от бесконечного прямого провода параллельно нему движется электрон со скоростью  $V = 4,23$  м/с. На очень короткое время  $\Delta t = 11,25 \text{ мкс}$  по проводу пропускают импульс постоянного тока  $I = 35,7 \text{ А}$  в направлении движения электрона. На каком расстоянии от провода окажется электрон через  $2$  с после окончания импульса тока?

Замечание: бесконечный прямой провод с током создает на

расстоянии  $r$  от себя индукцию магнитного поля  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , где

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  – магнитная постоянная. Принять  $\pi = 3,14$ , масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ , заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .



5. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром  $d = 2$  см, в которое вставлена собирающая линза такого же диаметра с оптической силой  $D = 0,5$  дптр. На расстоянии половины фокусного расстояния от центра линзы на главной оптической оси разместили точечный источник света S, освещавший линзу. За линзой на фокусном расстоянии расположена стеклянная плоскопараллельная пластина с показателем преломления  $n = 1,5$  и толщиной  $h = 60$  см, а за ней на расстоянии  $h$  расположен экран. И пластина и экран параллельны стене и плоскости линзы. Найти радиус светового пятна на экране. При малых углах принять  $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ .



ФГБОУ ВПО  
«Тульский государственный университет»  
Олимпиада школьников  
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике  
2013/14

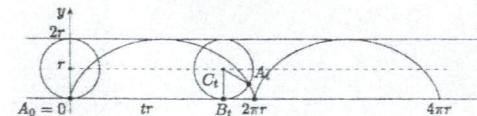


Заключительный тур  
11 класс

Вариант 4

1. Рулетта (циклоида) является линией, столь обычной, что после прямой и окружности нет более часто встречающейся линии; она так часто вычертывается перед глазами каждого, что надо удивляться тому, как не рассмотрели ее древние, ибо это не что иное, как путь, описываемый в воздухе гвоздем колеса, когда оно катится своим движением с того момента, как гвоздь начал подниматься от земли, до того, когда непрерывное качение колеса не приводит его опять к земле после окончания целого оборота.

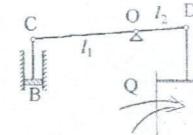
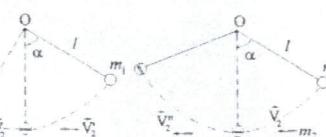
Паскаль



Колесо радиуса  $r = 2$  м катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью  $V$ .

скоростью  $V = 1,57$  м/с. В какой-то момент  $t_0 = 0$  некоторая точка А на ободе колеса находится на высоте  $h = 1$  м от земли и движется по циклоиде вниз. Во сколько раз изменится скорость точки А относительно земли через  $t = 4$  с?

2. Два шара массой  $m_1 = 1$  кг каждый, подвешенные на нитях длиной  $l = 90$  см, отводят от положения равновесия на угол  $\alpha = 60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шарами положения равновесия в них попадают пули массами  $m_2 = 10$  г каждая – одна, летящая навстречу шару со скоростью  $V_2 = 400$  м/с, а вторая, летящая с такой же скоростью, но догоняя шар. Они пробивают эти шары и вылетают горизонтально со скоростями первая  $V'_2 = 300$  м/с, а вторая с некоторой скоростью  $V''_2$ , после чего шары продолжают движение в прежнем направлении, а их нити отклоняются на некоторые углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  от вертикали. На сколько градусов больше отклонится нить второго шара от вертикали, если потери энергии на тепло при столкновении шаров с пулями были одинаковыми? Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



3. В горизонтальной трубе застряла пробка, которую надо вытащить. Юный экспериментатор Андрей выяснил, что для того, чтобы вытолкнуть пробку, необходимо приложить постоянную минимальную силу  $F = 200$  Н вдоль оси трубы. Ему показалось это слишком трудным, и он решил создать установку для выталкивания пробок. Для этого он использовал горизонтальный цилиндр с поршнем А сечением  $S_A = 100$  см<sup>2</sup> с гладкими стенками и жесткий

рычаг CD, который мог вращаться без трения вокруг закрепленного шарнира О в горизонтальной плоскости. Точка О делила рычаг CD в соотношении  $l_1:l_2 = 2:1$ . После подсоединения стержней AD и CB к шарнирам D и C в сосуде был воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5$  Па, а стержни AD и CB параллельны. Далее Андрей подал с помощью нагревателя некоторое тепло Q, и пробка, переместившись на расстояние  $\Delta x = 4$  мм, выскочила из трубы.

1) Найти первоначальный объем воздуха в цилиндре, если КПД такой установки оказался равен 1%.

2) Предложите Андрею способы увеличения КПД. Обоснуйте.

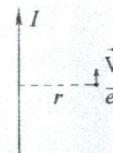
**Примечание:** воздух – в основном двухатомный газ (78% азота и 21% кислорода), который можно считать идеальным при давлениях, не очень сильно превышающих атмосферное. Для двухатомного идеального газа внутренняя энергия вычисляется по формуле  $U = \frac{5}{2}RT$

4. На расстоянии  $r = 3$  м от бесконечного прямого провода параллельно нему движется электрон со скоростью  $V = 4,23$  м/с. На очень короткое время  $\Delta t = 62,5$  мкс по проводу пропускают импульс постоянного тока  $I = 26,8$  А в направлении, противоположном движению электрона. На каком расстоянии от провода окажется электрон через 1 с после окончания импульса тока?

**Замечание:** бесконечный прямой провод с током создает на расстоянии  $r$  от себя индукцию магнитного поля  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная. Принять  $\pi = 3,14$ , масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл



5. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром  $d = 4$  см, в которое вставлена рассеивающая линза такого же диаметра с оптической силой  $D = -\frac{2}{3}$  дптр. На расстоянии двух фокусных расстояний от центра линзы на главной оптической оси разместили точечный источник света S, освещающий линзу. За линзой на двойном фокусном расстоянии расположена стеклянная плоскопараллельная пластина с показателем преломления  $n = 1,5$  и толщиной  $h = 90$  см, а за ней на расстоянии  $h$  расположен экран. И пластина и экран параллельны стене и плоскости линзы. Найти радиус светового пятна на экране. При малых углах принять  $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ .





ФГБОУ ВПО  
«Тульский государственный университет»  
Олимпиада школьников  
«НАСЛЕДНИКИ ЛЕВШИ» по физике  
2013/14

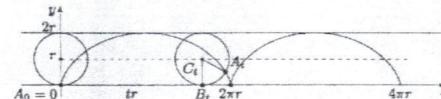


Заключительный этап  
II класс

Вариант 5

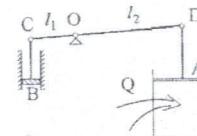
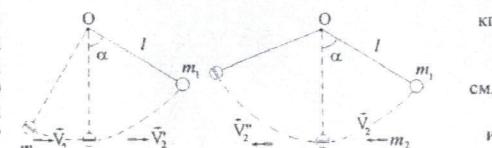
1. Рулетта (циклоида) является линией, столь обычной, что после прямой и окружности нет более часто встречающейся линии; она так часто вычертывается перед глазами каждого, что надо удивляться тому, как не рассмотрели ее древние, ибо это не что иное, как путь, описываемый в воздухе гвоздем колеса, когда оно катится своим движением с того момента, как гвоздь начал подниматься от земли, до того, когда непрерывное качение колеса не приводит его опять к земле после окончания целого оборота.

Паскаль



Колесо радиуса  $r = 1$  м катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью  $V = 6,28$  м/с. В какой-то момент  $t_0 = 0$  некоторая точка А на ободе колеса находится на высоте  $h = \frac{r}{2}$  от земли и движется по циклоиде вверх. Во сколько раз изменится скорость точки А относительно земли через  $t = \frac{1}{3}$  с?

2. Два шара массой  $m_1 = 1$  кг каждый, подвешенные на легких нерастяжимых стержнях длиной  $l = 90$  см отводят от положения равновесия на угол  $\alpha = 60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шарами положения равновесия в них попадают пули массами  $m_2 = 10$  г каждая — одна, летящая навстречу шару со скоростью  $V_2 = 500$  м/с, а вторая, летящая с такой же скоростью, но догоняя шар. Они пробивают эти шары и вылетают горизонтально со скоростями первая  $V_2' = 300$  м/с, а вторая с некоторой скоростью  $V_2''$ , после чего шары продолжают движение в прежнем направлении, поднимаясь на некоторую высоту  $h_1$  и  $h_2$ . Во сколько раз высота подъема  $h_2$  больше  $h_1$ , если в обоих случаях считать одинаковыми время взаимодействия и среднюю силу взаимодействия между пулями и шарами? Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



3. В горизонтальной трубе застряла пробка, которую надо вытащить. Юный экспериментатор Андрей выяснил, что для того, чтобы вытолкнуть пробку, необходимо приложить постоянную минимальную силу  $F = 200$  Н вдоль оси трубы. Ему показалось это слишком трудным, и он решил создать установку для выталкивания пробок. Для этого он использовал горизонтальный цилиндр с поршнем

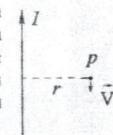
А сечением  $S_0 = 10$  см<sup>2</sup> с гладкими стенками и жесткий рычаг CD, который мог вращаться без трения вокруг закрепленного шарнира О в горизонтальной плоскости. Точка О делила рычаг CD в соотношении  $l_1:l_2 = 1:2$ . После подсоединения стержней AD и CB к шарнирам D и C в сосуде был воздух при атмосферном давлении  $P_0 = 10^5$  Па и занимал объем  $V = 3$  л, а стержни AD и CB параллельны. Далее Андрей подал с помощью нагревателя тепло  $Q = 757$  Дж, и пробка, переместившись на некоторое расстояние  $\Delta x$ , выскочила из трубы.

- 1) Найти КПД такой установки, округлив результат до сотых процента.
- 2) Предложите Андрею способы увеличения КПД. Обоснуйте.

Примечание: воздух — в основном двухатомный газ (78% азота и 21% кислорода), который можно считать идеальным при давлениях, не очень сильно превышающих атмосферное. Для двухатомного идеального газа внутренняя энергия вычисляется по формуле  $U = \frac{5}{2}vRT$

4. На расстоянии  $r = 5$  м от бесконечного прямого провода параллельно нему движется протон со скоростью  $V = 4,62$  см/с. На очень короткое время  $\Delta t = 120$  мс по проводу пропускают импульс постоянного тока  $I = 36,5$  А в направлении, противоположном движению протона. На каком расстоянии от провода окажется протон через 1 мин после окончания импульса тока?

Замечание: бесконечный прямой провод с током создает на расстоянии  $r$  от себя индукцию магнитного поля  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м — магнитная постоянная. Принять  $\pi = 3,14$ , масса протона  $m = 1,673 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд протона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл/



5. В непрозрачной стене сделано маленькое круглое отверстие диаметром  $d = 6$  см, в которое вставлена рассеивающая линза такого же диаметра с оптической силой  $D = -\frac{1}{3}$  дптр.

За линзой на двойном фокусном расстоянии расположена стеклянная плоскопараллельная пластина с показателем преломления  $n = 1,5$  и толщиной  $h = 120$  см, за ней на расстоянии  $h$  расположен экран. И пластина и экран параллельны стене и плоскости линзы. Линзу освещают параллельным главной оптической оси широким пучком света. Найти радиус светового пятна на экране. При малых углах принять  $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ .

