

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

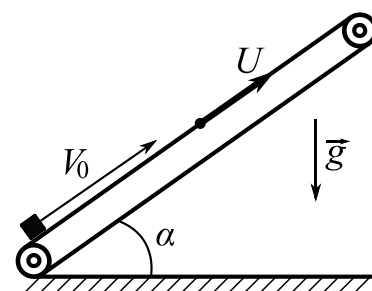
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте  $h$  мяч ударится в стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

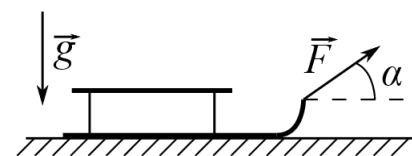
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

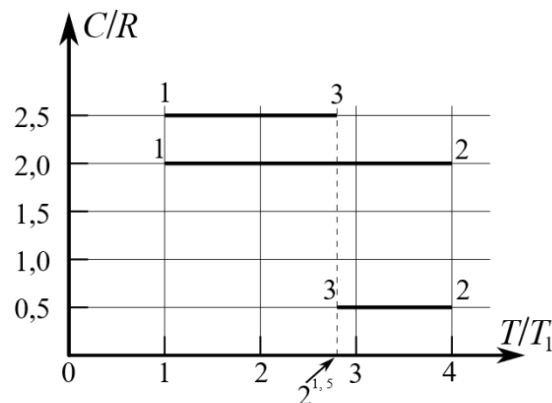


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

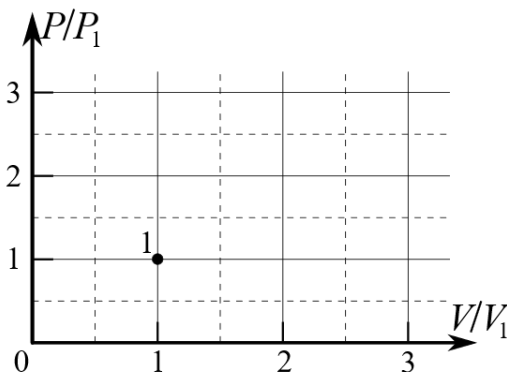
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



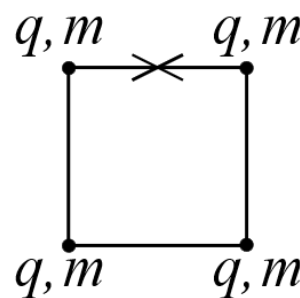
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

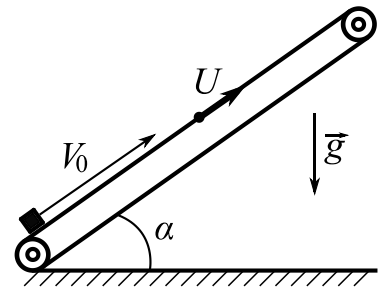
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

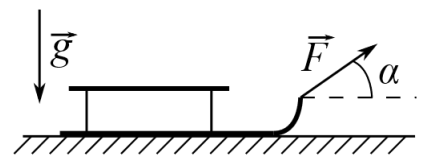
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

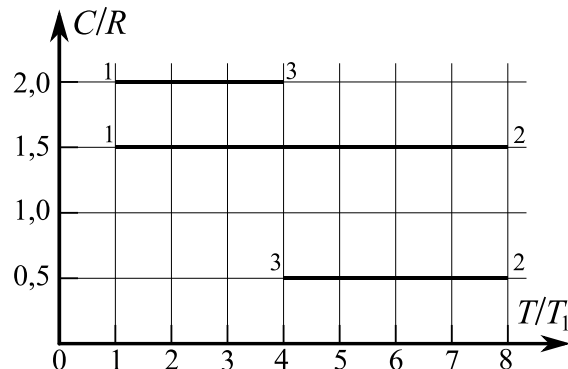
2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Масса санок  $m$ . Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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

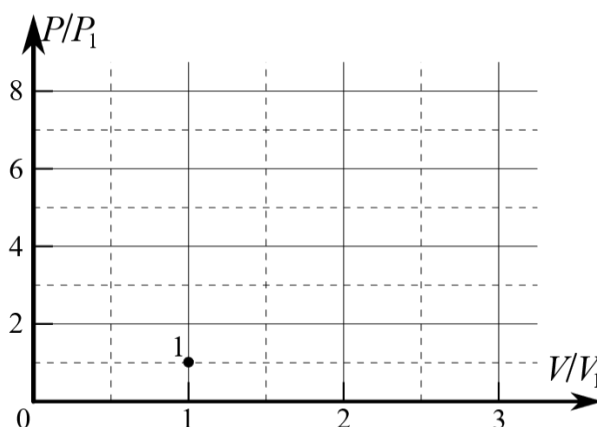
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

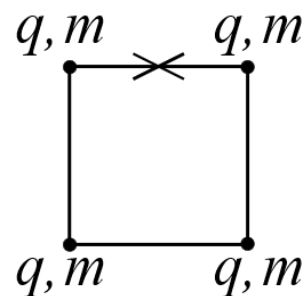
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-03

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

1. Снаряд летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через  $t_1 = 0,4$  с после разрыва все осколки находятся в полете, один из осколков движется горизонтально, его импульс  $P_1 = 30$  кг·м/с. Масса снаряда  $M = 10$  кг.

1) Найдите модуль  $P_2$  суммарного импульса  $\vec{P}_2$  всех остальных осколков в этот момент времени.

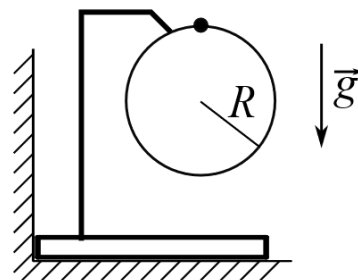
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2) Найдите угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{P}_2$  и  $\vec{g}$  в этот момент времени. В ответе укажите значение тригонометрической функции угла  $\alpha$ :  $\sin \alpha$  или  $\operatorname{tg} \alpha$ .

Наибольшее расстояние от точки разрыва до точки падения осколков на горизонтальную поверхность  $d = 80$  м.

3) Найдите продолжительность  $T$  полета таких осколков. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса  $R = 1$  м, на которое надет шарик. Массы бруска и шарика одинаковы. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



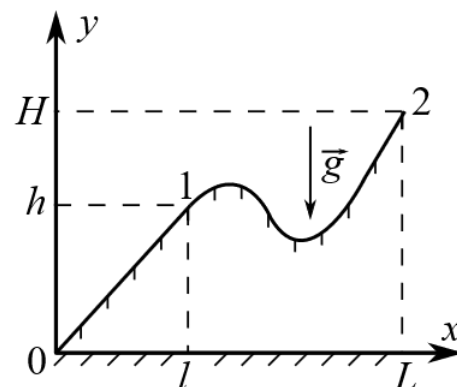
1) Найдите ускорение  $\vec{a}$  шарика в тот момент, когда сила, с которой брусок действует на вертикальную стенку, обращается в ноль. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{a}$ .

2) Найдите вертикальное перемещение  $h$  шарика к этому моменту времени.

3) Найдите наибольшую скорость  $V$  бруска.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. Школьник втаскивает санки на горку. Профиль горки в вертикальной плоскости показан на рисунке к задаче. Для того, чтобы, двигаясь по прямой, медленно втащить санки массой  $m = 5$  кг, из точки 0 в точку 1, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки, необходимо совершить работу  $A_1 = 300$  Дж. В точке 1 школьник отпускает санки. Вертикальная координата точки старта  $h = 4,6$  м, начальная скорость санок нулевая. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) Найдите скорость  $V$  санок у основания горки в точке 0.

2) Какую работу  $A_2$  следует совершить, чтобы медленно переместить санки по горке из точки 1 в точку 2? В точке 2 вертикальная координата  $H = 10$  м,  $L = 4l$ . На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

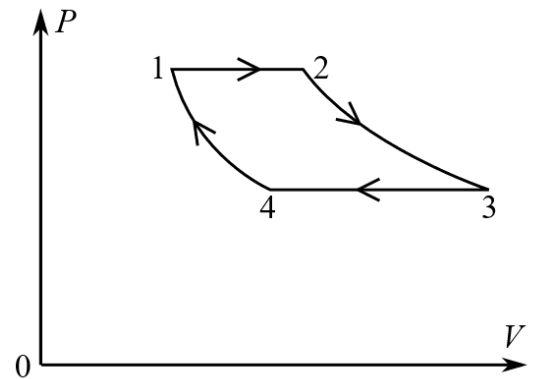
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-03

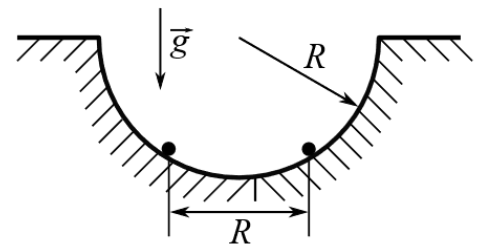
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения до удвоения объема газ совершает работу  $A$ . Такую же работу  $A$  совершает газ при изотермическом расширении.

- 1) Найдите количество  $Q_{\text{подв}}$  теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.
- 2) Найдите количество  $Q_{34}$  теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ( $Q_{34} > 0$ ).
- 3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса  $R$ , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Масса каждого шарика  $m$ , расстояние между шариками  $R$ . Шарика одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна  $R$ . Шарика отрываются от гладких стенок лунки у краев.



- 1) С какой скоростью  $V$  движется каждый шарик за мгновение до отрыва от края лунки?
- 2) Найдите заряд  $Q$  каждого шарика.
- 3) Найдите наибольшую скорость  $U$ , с которой растёт расстояние между шариками после вылета из лунки. Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие. Ускорение свободного падения  $g$ . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ .

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-04

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

1. Снаряд массой  $M = 5$  кг летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через  $t_1 = 0,6$  с после разрыва все осколки находятся в полете, в этот момент один из осколков движется по вертикали вниз, импульс осколка  $P_1 = 50$  кг·м/с.

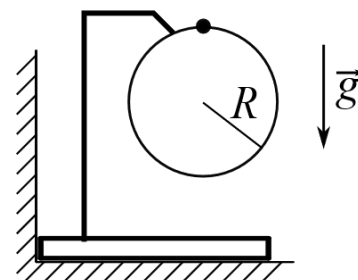
1) Найдите модуль  $P_2$  суммарного импульса  $\vec{P}_2$  всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2) Найдите угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{P}_2$  и  $\vec{g}$  в этот момент времени.

Продолжительность полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва,  $T = 3$  с.

3) На каком максимальном расстоянии  $d$  от точки разрыва такие осколки упали на горизонтальную поверхность? Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса  $R = 0,6$  м, на которое надет шарик. Массы шарика и бруска одинаковы и равны  $m = 0,2$  кг. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



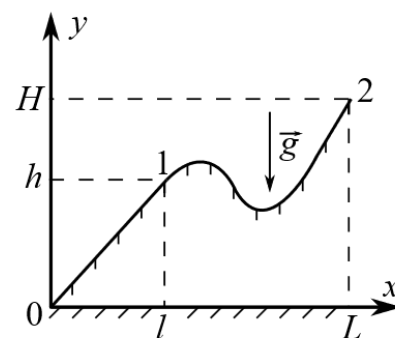
1) Найдите равнодействующую  $\vec{F}$  сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда сила, с которой вертикальная стенка действует на брусок, обращается в ноль. В ответе укажите модуль  $F$  и направление вектора  $\vec{F}$ .

2) Найдите горизонтальное перемещение  $S$  шарика к этому моменту времени.

3) Найдите скорость  $V$  шарика в тот момент, когда скорость бруска наибольшая. Брусок безотрывно движется по гладкой горизонтальной плоскости.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. На рисунке к задаче показан в вертикальной плоскости профиль горки, на которую школьник втаскивает санки. Масса санок  $m = 7$  кг, вертикальная координата точки 1  $h = 5$  м. Из точки 1 санки съезжают с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горки в точке 0 скорости  $V = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) Какую работу  $A_1$  следует совершить, чтобы медленно втащить санки на горку из точки 0 в точку 1 по линии скатывания, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки?

Школьник медленно перемещает санки по горке из точки 1 в точку 2. На этом перемещении работа внешней силы  $A_2 = 1,4$  кДж.

2) На какую высоту  $H$  школьник втащил санки?

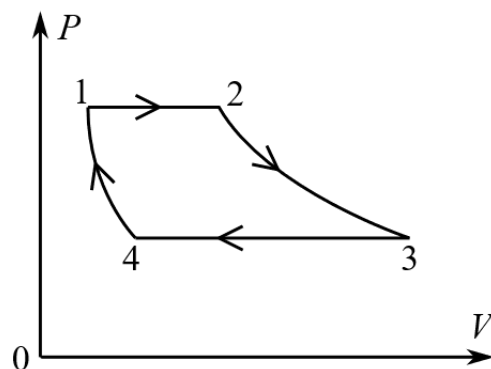
Горизонтальные координаты точек 1 и 2 связаны соотношением  $L = 6l$ . На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-04

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

4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения объем газа увеличивается в четыре раза. В процессах изотермического расширения и изобарического сжатия газ совершает одинаковую по модулю работу  $A$ .

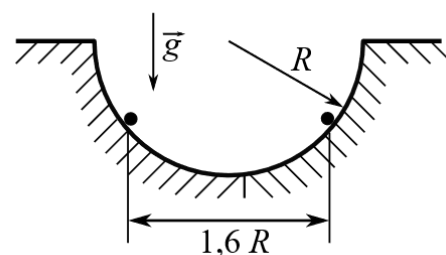


1) Найдите количество  $Q_{34}$  теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ( $Q_{34} > 0$ ).

2) Найдите количество  $Q_{ПОДВ}$  теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса  $R$ , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Заряд каждого шарика  $Q$ , расстояние между шариками  $1,6R$ . Шарики одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна  $2R$ . Шарики отрываются от гладких стенок лунки у краев.



1) Через какое время  $T$  после отрыва шарики впервые поднимутся на максимальную высоту?

2) Найдите массу  $m$  каждого шарика.

3) Найдите наибольшую скорость  $V$  каждого шарика после вылета из лунки. Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие.

Ускорение свободного падения  $g$ . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ .