

Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

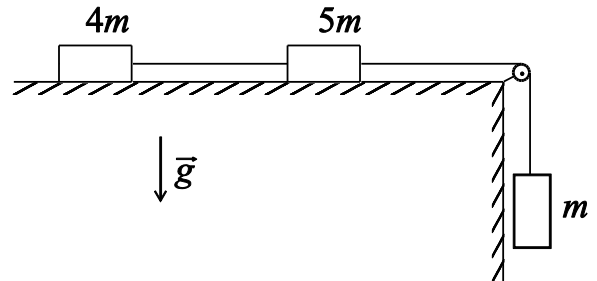
Класс 10

Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-01

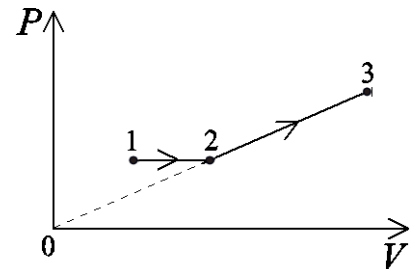
1. Два груза массами $4m$ и $5m$, находящиеся на гладком горизонтальном столе, связаны нитью и соединены с грузом массой m другой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рис.). Трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найти ускорение грузов.
- 2) Во сколько раз сила натяжения нити между грузами на столе меньше силы натяжения другой нити?

2. Гелий в количестве ν моль расширяется от температуры T_1 в изобарическом процессе 1-2, а затем в процессе 2-3 с прямо пропорциональной зависимостью давления P от объема V

(см. рис.). Отношение объемов $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} = \frac{3}{2}$.

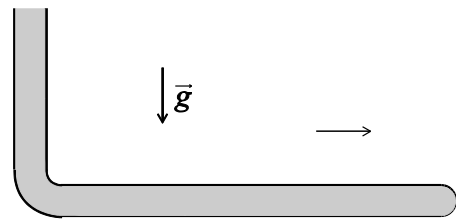


- 1) Найти температуры в состояниях 2 и 3.
- 2) Найти работу, совершенную газом в процессе 1-2-3.
- 3) Найти суммарное количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2-3.

3. Один моль гелия находится при температуре $T = 273$ К. Далее газ расширяется так, что объем увеличивается на 3%, а давление уменьшается на 2%. Изменения параметров газа считать малыми.

- 1) Вычислите приращение ΔT температуры газа.
- 2) Какую работу ΔA совершил газ в процессе расширения?
- 3) Найдите молярную теплоемкость C газа в этом процессе.

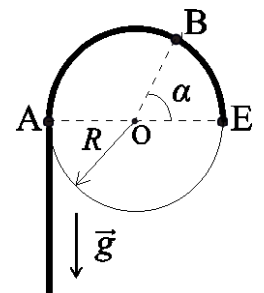
4. Тонкая Г-образная трубка постоянного внутреннего сечения полностью заполнена ртутью (см. рис.). Горизонтальное колено трубки закрыто с одного конца. Вертикальное колено высотой $H = 8$ мм открыто в атмосферу. Атмосферное давление $P_0 = 752$ мм рт. ст.



Ртуть начинает выливаться, если трубку двигать вдоль горизонтального колена с постоянным ускорением, не меньшим чем $a_0 = 0,8g$. При движении трубки с некоторым ускорением a , большим a_0 , выливается слой ртути длиной $L_1 = 19$ см.

- 1) Найти длину L горизонтального колена.
- 2) Найти ускорение a .

5. На гладком закрепленном бревне радиусом R висит массивный однородный канат массой m и длиной $l = 7R$, прикрепленный к бревну в точке **Е** (см. рис.). Точка **Е** и ось **О** бревна находятся в одной горизонтальной плоскости.



- 1) Найти силу натяжения каната в точке **А**.
- 2) Найти силу натяжения каната в точке **В** такой, что угол **ЕОВ** равен α ($\sin \alpha = 2/3$).

Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

Класс 10

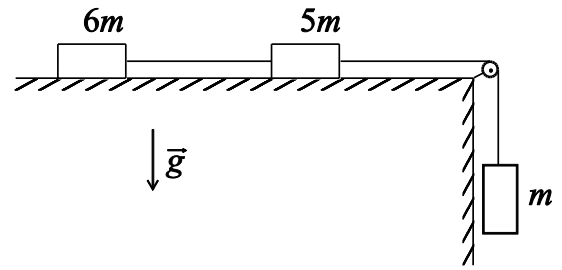
Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-02

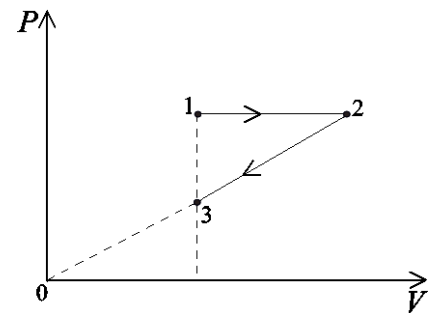
1. Два груза массами $6m$ и $5m$, находящиеся на гладком горизонтальном столе, связаны нитью и соединены с грузом массой m другой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рис.). Трением в оси блока можно пренебречь.

- 1) Найти ускорение грузов.
- 2) Во сколько раз сила натяжения нити между грузами на столе меньше силы натяжения другой нити?



2. Гелий в количестве ν моль расширяется от температуры T_1 в изобарическом процессе 1-2, а затем сжимается в процессе 2-3 с прямо пропорциональной зависимостью давления P от объема V , возвращаясь к начальному объему (см. рис.). Отношение объемов $\frac{V_2}{V_1} = 2$.

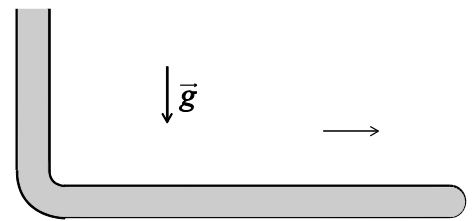
- 1) Найти температуры в состояниях 2 и 3.
- 2) Найти работу, совершенную газом в процессе 1-2-3.
- 3) Найти суммарное количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2-3.



3. Один моль гелия находится при температуре $T = 273$ К. Далее газ расширяется так, что объем и давление увеличиваются на 2%. Изменения параметров газа считать малыми.

- 1) Вычислите приращение ΔT температуры газа.
- 2) Какую работу ΔA совершил газ в процессе расширения?
- 3) Найдите молярную теплоемкость C газа в этом процессе.

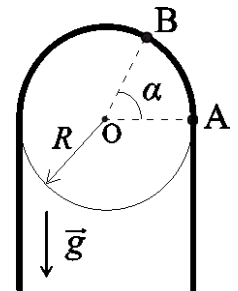
4. Тонкая Г - образная трубка постоянного внутреннего сечения полностью заполнена ртутью (см. рис.). Горизонтальное колено трубки закрыто с одного конца и имеет длину $L = 735$ мм. Вертикальное колено высотой $H = 5$ мм открыто в атмосферу. Ртуть начинает выливаться, если трубку двигать вдоль горизонтального колена с постоянным ускорением, не меньшим чем $a_0 = 0,6g$. При движении трубки с некоторым ускорением a , большим a_0 , выливается слой ртути длиной $L_1 = 62$ см.



- 1) Найти атмосферное давление P_0 (в мм рт. ст.).
- 2) Во сколько раз ускорение a больше ускорения a_0 ?

5. На гладком закрепленном шкиве радиусом R висит массивный однородный канат массой m и длиной $l = 8R$ (см. рис.). Ось O шкива горизонтальна.

- 1) Найти силу натяжения каната в точке A .
- 2) Найти силу натяжения каната в точке B такой, что угол AOB равен α ($\sin \alpha = 3/4$).



Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

Класс 10

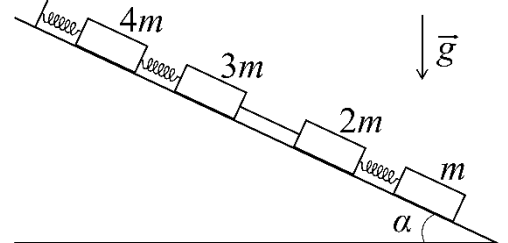
Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-03

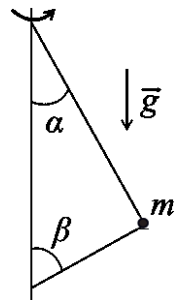
1. Бруски с массами m , $2m$, $3m$ и $4m$, соединенные легкими пружинами и нитью (см. рис.), удерживаются неподвижно с помощью упора на гладкой наклонной поверхности с углом наклона к горизонту α ($\sin \alpha = 1/3$).

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) Найти ускорение (направление и модуль) бруска с массой $3m$ сразу после пережигания нити.



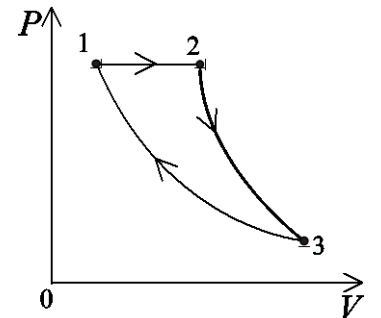
2. Небольшой по размерам шарик массой m движется по окружности в горизонтальной плоскости, находясь от вертикальной оси вращения на расстоянии R . Шарик удерживается двумя нитями (см. рис.), составляющими с осью вращения углы α ($\cos \alpha = 4/5$) и β ($\cos \beta = 3/5$). Сила натяжения верхней нити в 2 раза больше, чем нижней.

- 1) Найти силу натяжения нижней нити.
- 2) Найти угловую скорость вращения.



3. Газообразный гелий совершает цикл, состоящий из изобарического расширения 1-2, адиабатического процесса 2-3 и изотермического сжатия 3-1 (см. рис.). Отношение работы газа в адиабатическом процессе к работе над газом при его сжатии равно β .

- 1) Найти отношение работы газа в процессе 1-2 к работе над газом при его сжатии.
- 2) Найти КПД цикла.



4. Тонкая U - образная трубка постоянного внутреннего сечения с горизонтальным коленом длиной L и двумя одинаковыми вертикальными коленами, открытыми в атмосферу, заполнена водой не полностью (см. рис.). В каждом вертикальном колене остается слой воздуха. Вода начинает выливаться, если трубку двигать вдоль горизонтального колена с постоянным ускорением, не меньшим, чем $a_0 = g/10$.

- 1) Найти длину H слоя воздуха в одном вертикальном колене, когда трубка покоится.
- 2) Найти длину вылившегося слоя воды при движении с ускорением $a_1 = g/8$.



Горизонтальное колено остаётся всегда заполненным водой.

5. Газообразный гелий нагревается (непрерывно повышается температура) от температуры T_0 в процессе, в котором молярная теплоемкость газа зависит от температуры T по закону $C = R \frac{T}{T_0}$.

- 1) Найти температуру T_1 , при нагревании до которой газ совершил работу, равную нулю.
- 2) Найти температуру T_2 , при достижении которой газ занимал минимальный объем в процессе нагревания.

Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

Класс 10

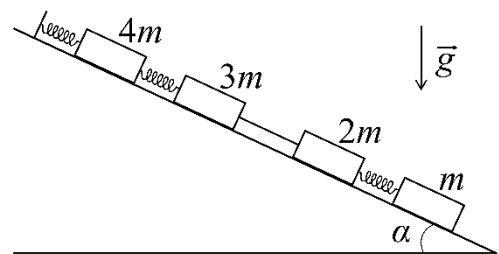
Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-04

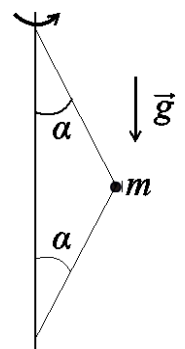
1. Бруски с массами m , $2m$, $3m$ и $4m$, соединенные легкими пружинами и нитью (см. рис.), удерживаются неподвижно с помощью упора на гладкой наклонной поверхности с углом наклона к горизонту α ($\sin \alpha = 1/6$).

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) Найти ускорение (направление и модуль) бруска с массой $2m$ сразу после пережигания нити.



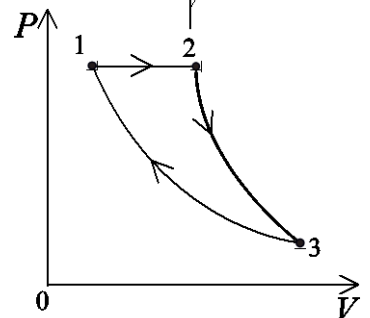
2. Небольшой по размерам шарик массой m движется по окружности в горизонтальной плоскости, находясь от вертикальной оси вращения на расстоянии R . Шарик удерживается двумя нитями (см. рис.), составляющими с осью вращения равные углы α ($\sin \alpha = 8/17$). Сила натяжения верхней нити в 5 раз больше, чем нижней.

- 1) Найти силу натяжения нижней нити.
- 2) Найти угловую скорость вращения.



3. Газообразный гелий совершает цикл, состоящий из изобарического расширения 1-2, адиабатического процесса 2-3 и изотермического сжатия 3-1 (см. рис.). КПД цикла равен η .

- 1) Найти отношение работы газа за цикл к работе газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение работы газа в процессе 2-3 к работе над газом при его сжатии.



4. Тонкая U - образная трубка постоянного внутреннего сечения с горизонтальным коленом длиной L и двумя одинаковыми вертикальными коленами, открытыми в атмосферу, заполнена водой не полностью (см. рис.). В каждом вертикальном колене остается слой воздуха. Вода начинает выливаться, если трубку двигать вдоль горизонтального колена с постоянным ускорением, не меньшим, чем $a_0 = g/8$.

- 1) Найти длину H слоя воздуха в одном вертикальном колене, когда трубка покоится.
- 2) Найти длину вылившегося слоя воды при движении с ускорением $a_1 = g/6$.



Горизонтальное колено остаётся всегда заполненным водой.

5. Газообразный гелий нагревается (непрерывно повышается температура) от температуры T_0 в процессе, в котором молярная теплоемкость газа зависит от температуры T по закону $C = \alpha R \frac{T}{T_0}$

, где α - неизвестная численная константа.

- 1) Найти α , если известно, что при нагревании до температуры $T_1 = 5T_0/4$ газ совершил работу, равную нулю.
- 2) Найти температуру T_2 , при достижении которой газ занимал минимальный объем в процессе нагревания.

Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

Класс 10

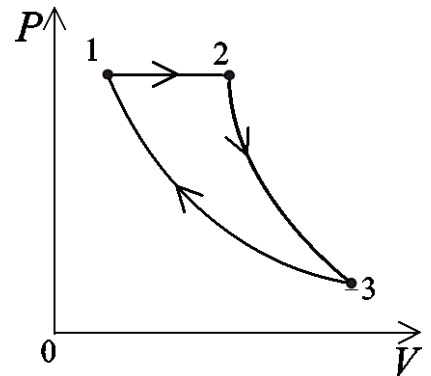
Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-05

1. Камень, брошенный мальчиком с горизонтальной поверхности Земли под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, через $t_0 = 0,8$ с перелетает через забор с горизонтально направленной скоростью, почти касаясь забора. Сопротивление воздуха не учитывать. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

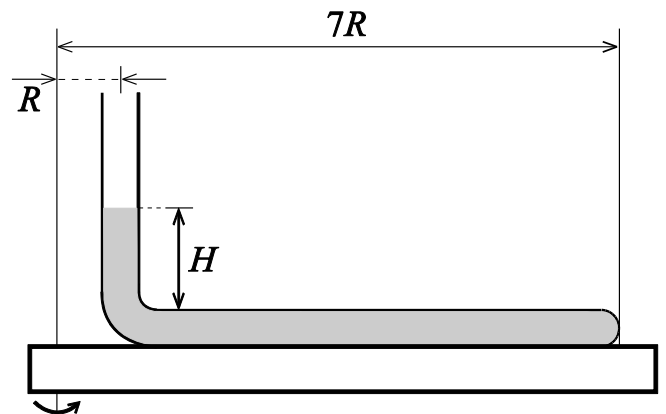
- 1) Найти начальную скорость камня.
- 2) Найти высоту забора.
- 3) Найти расстояние от мальчика до забора.



2. Газообразный гелий совершает цикл, состоящий из изобарического расширения 1-2, адиабатического процесса 2-3 и изотермического сжатия 3-1 (см. рис.). Отношение работы газа в изобарическом процессе к работе над газом при его сжатии равно α .

- 1) Найти отношение работы газа в процессе 2-3 к работе над газом при его сжатии.
- 2) Найти КПД цикла.

3. Тонкая трубка запаяна с одного конца, заполнена жидкостью плотностью ρ и закреплена на горизонтальной платформе (см. рис.). Открытое колено трубки вертикально и заполнено жидкостью до высоты H . Платформа вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. Вертикальное колено находится на расстоянии R , а конец горизонтального - на расстоянии $7R$ от оси вращения. Атмосферное давление P_0



- 1) Найти давление жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найти давление жидкости в горизонтальном колене на расстоянии $4R$ от оси вращения.

4. Маленький шарик массой m подвешен на нити и колеблется в вертикальной плоскости с угловой амплитудой $\varphi_0 = \arccos 0,8$.

- 1) Найти минимальную силу натяжения нити при колебаниях
- 2) Найти максимальную силу натяжения нити при колебаниях.
- 3) Найти касательное ускорение шарика в момент, когда сила натяжения нити в 1,5 раза больше ее минимального значения.

5. Один моль гелия находится при температуре $T = 273$ К. Далее газ сжимают так, что объем уменьшается на 2%, а давление увеличивается на 3%. Изменения параметров газа считать малыми.

- 1) Вычислите приращение ΔT температуры газа.
- 2) Каковую работу ΔA совершил газ в процессе сжатия?
- 3) Найдите молярную теплоемкость C газа в этом процессе.

Олимпиада «Физтех» по физике

2016 год

Класс 10

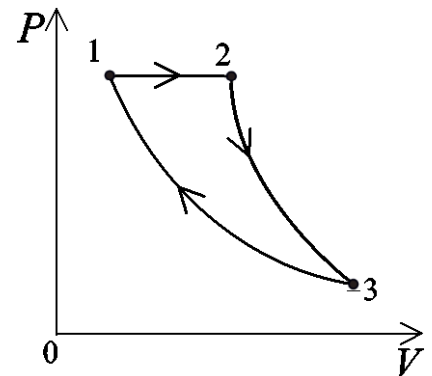
Шифр

(заполняется секретарём)

Билет 10-06

1. Мальчик бросил камень с горизонтальной поверхности Земли под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Максимальная высота подъема камня оказалась $H = 5$ м. Сопротивление воздуха не учитывать. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

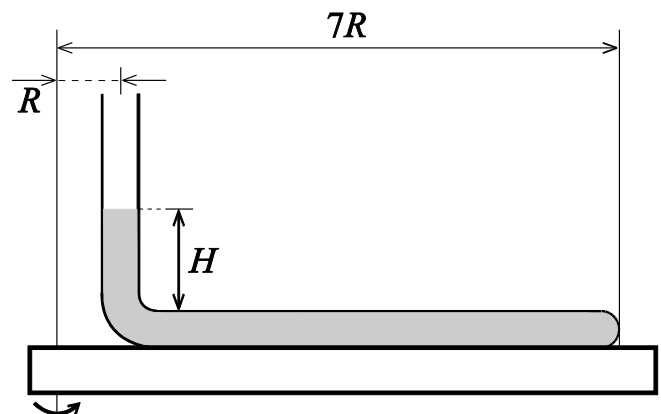
- 1) Найти начальную скорость камня.
- 2) Найти время полета до максимальной высоты подъема.
- 3) Найти расстояние от мальчика до места падения камня.



2. Газообразный гелий совершает цикл, состоящий из изобарического расширения 1-2, адиабатического процесса 2-3 и изотермического сжатия 3-1 (см. рис.). КПД цикла равен η .

- 1) Найти отношение работы газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найти отношение работы над газом при его сжатии к работе в процессе 1-2.

3. Тонкая трубка запаяна с одного конца, заполнена жидкостью плотностью ρ и закреплена на горизонтальной платформе (см. рис.). Открытое колено трубки вертикально и заполнено жидкостью до высоты H . Платформа вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. Вертикальное колено находится на расстоянии R , а конец горизонтального - на расстоянии $7R$ от оси вращения. Атмосферное давление P_0



- 1) Найти давление жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найти давление жидкости в горизонтальном колене на расстоянии $5R$ от оси вращения.

4. Маленький шарик массой m подвешен на нити и колеблется в вертикальной плоскости с угловой амплитудой $\varphi_0 = \arccos 0,75$.

- 1) Найти минимальную силу натяжения нити при колебаниях
- 2) Найти максимальную силу натяжения нити при колебаниях.
- 3) Найти центростремительное ускорение шарика в момент, когда сила натяжения нити на 25% превышает ее минимальное значение.

5. Один моль гелия находится при температуре $T = 273$ К. Далее газ сжимают так, что объем и давление уменьшаются на 1%. Изменения параметров газа считать малыми.

- 1) Вычислите приращение ΔT температуры газа.
- 2) Какую работу ΔA совершил газ в процессе сжатия?
- 3) Найдите молярную теплоемкость C газа в этом процессе.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-01

1. 1) $a = \frac{g}{10}$. 2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(4m+5m)a}{4ma}$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{9}{4}$.

2. $V_2 = \frac{3}{2}V_1$, $V_3 = \frac{9}{4}V_1$. $P_2 = \frac{3}{2}P_1$.

1) $T_2 = \frac{3}{2}T_1$, $T_3 = \frac{27}{8}T_1$.

2) $A_{12} = \frac{1}{2}\nu RT_1$, $A_{23} = \frac{15}{16}\nu RT_1$. $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{23}{16}\nu RT_1$.

3) $Q = \nu \frac{3}{2}R(T_3 - T_1) + A_{123} = 5\nu RT_1$.

3. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = 0,03$, $\frac{\Delta P}{P} = -0,02$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,01T = 2,7$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx 68$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_V\Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V} - 3СЭ$. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + 3R = \frac{9}{2}R \approx 37$ Дж/(моль·К).

4. $P_0 = \rho g H_0$, $H_0 = 75,2$ см.

1) Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho L S a_0$. $a_0 = 0,8g$.

$L = \frac{H_0 + H}{0,8} = 95$ см.

2) Для столбика длиной $L - L_1$ по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho(L - L_1)S a$.

$a = \frac{H_0 + H}{L - L_1} g = g$.

5. 1) $T_A = mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{7 - \pi}{7} mg$.

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha$.

Отсюда $T_B = T_A + \frac{2}{21} mg$. $T_B = \frac{23 - 3\pi}{21} mg$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-02

1. 1) $a = \frac{g}{12}$. 2) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(6m+5m)a}{6ma}$. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{11}{6}$.

2. $V_2 = 2V_1$, $V_3 = V_1$. $P_2 = P_1$, $P_3 = \frac{1}{2}P_1$.

1) $T_2 = 2T_1$, $T_3 = \frac{1}{2}T_1$.

2) $A_{12} = \nu RT_1$, $A_{23} = -\frac{3}{4}\nu RT_1$. $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{1}{4}\nu RT_1$.

3) $Q = \nu \frac{3}{2}R(T_3 - T_1) + A_{123} = -\frac{1}{2}\nu RT_1$.

3. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = 0,02$, $\frac{\Delta P}{P} = 0,02$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,04T \approx 11$ К.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx 45$ Дж.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_V\Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V}$ - 3СЭ. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = 2R \approx 17$ Дж/(моль·К).

4. $P_0 = \rho g H_0$.

1) Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho L S a_0$. $a_0 = 0,6g$.

$H_0 = 0,6L - H = 436$ мм. $P_0 = 436$ мм рт. ст.

2) Для столбика длиной $L - L_1$ по второму закону Ньютона $((P_0 + \rho g H) - 0)S = \rho(L - L_1)S a$.

$a = \frac{H_0 + H}{L - L_1} g = \frac{0,6L}{L - L_1} g$. $\frac{a}{a_0} = \frac{L}{L - L_1} = \frac{147}{23}$.

5. 1) $T_A = \frac{1}{2}mg \frac{l - \pi R}{l} = \frac{8 - \pi}{16}mg$.

2) Мысленно переместим участок АВ на малое расстояние x : $T_B x - T_A x = \frac{m}{l} x \cdot g \cdot R \sin \alpha$.

Отсюда $T_B = T_A + \frac{3}{32}mg$. $T_B = \frac{19 - 2\pi}{32}mg$.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-1, 10-2

Задача 1. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
 Ответ на первый вопрос 2 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 3 очка
 Ответ на второй вопрос 2 очка

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 4 очка
- 3) Ответ на третий вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Найдена связь между приращениями для P , V и T 3 очка
 Ответ на первый вопрос 2 очка
 - 2) Ответ на второй вопрос 2 очка
 - 3) Ответ на третий вопрос (число или через R) 3 очка
- За отсутствие численных ответов на 1-й и 2-й вопросы
снимать по одному очку.

Задача 4. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
 Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые уравнения 2 очка
 Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 5 очков
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
 Ответ на второй вопрос 3 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-03

1. 1) $T = (2m + m)g \sin \alpha = mg$.

2) $a = \frac{(3m + 2m + m)g \sin \alpha - 3mg \sin \alpha}{3m} = \frac{g}{3}$, вверх вдоль наклонной поверхности.

2. 1) $2T \cos \alpha - T \cos \beta - mg = 0$. $T = mg$.

2) $2T \sin \alpha + T \sin \beta = m\omega^2 R$. $\omega = \sqrt{\frac{2g}{R}}$.

3. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{23}}{-A_{31}} = \beta$, $x = \frac{A_{12}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{2}{3}\beta$. 2) $\eta = 1 - \frac{3}{5\beta}$.

4. 1) При движении с ускорением a_0 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g \cdot 2H$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g 2HS = \rho L S a_0$. $a_0 = g/10$. Отсюда $H = L/20$.

2) При движении с ускорением a_1 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g(2H + l)$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g(2H + l)S = \rho L S a_1$. $a_1 = g/8$, $H = L/20$. Отсюда находим, что выльется слой длиной $l = L/40$.

5. $\nu C \Delta T = \nu C_v \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_v) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\nu R \frac{1}{T_0} \frac{1}{2} (T_1^2 - T_0^2) = \nu \frac{3}{2} R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$, то $T_1 = 2T_0$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_v) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_v = \frac{3}{2}R$. Имеем $R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2}R$. Отсюда

$T_2 = \frac{3}{2}T_0$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-04

1. 1) $T = (2m + m)g \sin \alpha = \frac{1}{2}mg$.

2) $a = \frac{mg \sin \alpha + 2mg \sin \alpha}{2m} = \frac{3g \sin \alpha}{2} = \frac{g}{4}$, вниз вдоль наклонной поверхности.

2. 1) $T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \alpha - mg = 0$. $T_2 = \frac{17}{60}mg$.

2) $T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \alpha = m\omega^2 R$. $\omega = 2\sqrt{\frac{g}{5R}}$.

3. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A}{A_{23}}$, $x_2 = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x_1 = \frac{5}{3}\eta$. 2) $x_2 = \frac{3}{5(1-\eta)}$.

4. 1) При движении с ускорением a_0 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g \cdot 2H$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g 2HS = \rho L S a_0$. $a_0 = g/8$. Отсюда $H = L/16$.

2) При движении с ускорением a_1 разность давлений в местах изгиба трубки $\rho g(2H + l)$. Для столбика длиной L по второму закону Ньютона $\rho g(2H + l)S = \rho L S a_1$. $a_1 = g/6$, $H = L/16$. Отсюда находим, что выльется слой длиной $l = L/24$.

5. $\nu C \Delta T = \nu C_V \Delta T + \Delta A$. $\nu(C - C_V) \Delta T = \Delta A$.

1) $\nu \alpha R \frac{T}{T_0} \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. $\nu \alpha R \frac{1}{T_0} \cdot \frac{1}{2} \Delta(T^2) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta A$. Суммируем:

$\frac{1}{2} \nu \alpha R \frac{1}{T_0} (T_1^2 - T_0^2) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_0) + \Sigma \Delta A$. Так как $\Sigma \Delta A = 0$ и $T_1 = \frac{5}{4} T_0$, то $\alpha = \frac{4}{3}$.

2) При минимальном объеме $\Delta A = 0$ и $\nu(C - C_V) \Delta T = 0$, т.е. $C = C_V = \frac{3}{2}R$. Имеем $\frac{4}{3}R \frac{T_2}{T_0} = \frac{3}{2}R$.

Отсюда $T_2 = \frac{9}{8}T_0$.

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-03, 10-04

Задача 1. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Есть понимание, что сила упругости не успеваает изм-ся 2 очка
- Найдена сила упругости 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка
- Не указано направление (рис., слова) – снимать одно очко.

Задача 2. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 6 очков

Задача 3. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
- Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
- Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 5. (10 очков)

- 1) Правильный ЗСЭ в приращениях 2 очка
- Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Записано условие, что $C=C_V$ 1 очко
- Есть обоснование этого 1 очко
- Ответ на второй вопрос 2 очка

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-05

1. 1) $V_0 \sin \alpha = gt_0$. $V_0 = \frac{gt_0}{\sin \alpha} = 16 \text{ м/с}$.

2) $H = \frac{1}{2} gt_0^2 = 3,2 \text{ м}$.

3) $L = V_0 \cos \alpha \cdot t_0 = \frac{gt_0^2}{\operatorname{tg} \alpha} = 6,4\sqrt{3} \text{ м}$. $L \approx 11 \text{ м}$.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2} A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $\frac{A_{12}}{-A_{31}} = \alpha$, $x = \frac{A_{23}}{-A_{31}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x = \frac{3}{2} \alpha$. 2) $\eta = 1 - \frac{2}{5\alpha}$.

3. 1) $P_1 = P_0 + \rho gH$.

2) Для столбика длиной $3R$ по второму закону Ньютона $P_2S - P_1S = \rho 3RSa_c$. $a_c = 2,5\omega^2 R$ - ускорение центра масс столбика. $P_2 = P_0 + \rho(gH + 7,5\omega^2 R^2)$.

4. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,8mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,4mg$.

3) $T_3 = 1,5T_1 = 1,2mg$, $ma_\tau = mg \sin \varphi$, $T_3 - mg \cos \varphi = \frac{mV_3^2}{R}$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_\tau = \frac{\sqrt{29}}{15} g$.

5. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = -0,02$, $\frac{\Delta P}{P} = 0,03$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = 0,01T = 2,7 \text{ К}$.

2) $\Delta A = P\Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx -45 \text{ Дж}$.

3) $\nu C\Delta T = \nu C_v \Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V}$ - 3СЭ. $C = C_v + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2} R - 2R = -\frac{1}{2} R \approx -4,2 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$.

Заметим, что непосредственный более точный расчет дает

$C \approx \frac{3}{2} R - 2,13R = -0,63R \approx -5,2 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$.

Олимпиада Физтех-2016. Физика. Решения. Б. 10-06

1. 1) $(V_0 \sin \alpha)^2 = 2gH$. $V_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin \alpha} = 20$ м/с.

2) $H = \frac{1}{2}gt_0^2$. $t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1$ с.

3) $L = V_0 \cos \alpha \cdot 2t_0 = \frac{4H}{\operatorname{tg} \alpha} = 20\sqrt{3}$ м. $L \approx 34,6$ м.

2. Можно показать, что на изобаре 1-2 $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$. Имеем $U_2 - U_1 = \frac{3}{2}A_{12}$, $Q_{12} = \frac{5}{2}A_{12}$,

$0 = U_1 - U_2 + A_{23}$, $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$, $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$, $x_1 = \frac{A_{12}}{A}$, $x_2 = \frac{-A_{31}}{A_{12}}$.

Отсюда находим ответы. 1) $x_1 = \frac{2}{5\eta}$. 2) $x_2 = \frac{5}{2}(1-\eta)$.

3. 1) $P_1 = P_0 + \rho gH$.

2) Для столбика длиной $4R$ по второму закону Ньютона $P_2S - P_1S = \rho 4RSa_c$. $a_c = 3\omega^2 R$ - ускорение центра масс столбика. $P_2 = P_0 + \rho(gH + 12\omega^2 R^2)$.

4. 1) $T_1 = mg \cos \varphi_0 = 0,75mg$. 2) $T_2 - mg = \frac{mV_2^2}{R}$, $\frac{mV_2^2}{2} = mg(R - R \cos \varphi_0)$. $T_2 = 1,5mg$.

3) $T_3 = 1,25T_1 = \frac{15}{16}mg$, $a_n = \frac{V_3^2}{R}$, $T_3 - mg \cos \varphi = ma_n$, $\frac{mV_3^2}{2} = mg(R \cos \varphi - R \cos \varphi_0)$.

Получаем $a_n = \frac{g}{8}$.

5. $\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$. У нас $\frac{\Delta V}{V} = -0,01$, $\frac{\Delta P}{P} = -0,01$, $\nu = 1$ моль.

1) $\Delta T = T \left(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} \right) = -0,02T \approx -5,5$ К.

2) $\Delta A = P \Delta V = \nu RT \frac{\Delta V}{V} \approx -23$ Дж.

3) $\nu C \Delta T = \nu C_V \Delta T + \nu RT \frac{\Delta V}{V} - 3CЭ$. $C = C_V + R \frac{\Delta V/V}{\Delta V/V + \Delta P/P} = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = 2R \approx 17$ Дж/(моль·К).

Критерии оценивания. 2016 г.
Билеты 10-05, 10-06

Задача 1. (10 очков)

- 1) Аналитический ответ на первый вопрос 2 очка
Численный ответ на первый вопрос 1 очко
- 2) Аналитический ответ на второй вопрос 2 очка
Численный ответ на второй вопрос 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
Численный ответ (даже через корни) на третий вопрос 1 очко

Задача 2. (10 очков)

- Правильно записаны все необходимые ур-я 4 очка
- 1) Ответ на первый вопрос 3 очка
- 2) Ответ на второй вопрос 3 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 2 очка
Есть обоснование ответа на 1-й вопрос 1 очко
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 3 очка
Ответ на второй вопрос 4 очка

Задача 4. (10 очков)

- 1) Ответ на первый вопрос 4 очка
- 2) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
Ответ на второй вопрос 1 очко
- 3) Правильно записаны все необходимые ур-я 2 очка
Ответ на третий вопрос 1 очко

Задача 5. (10 очков)

- 1) Найдена связь между приращениями для P , V и T 3 очка
Ответ на первый вопрос 2 очка
 - 2) Ответ на второй вопрос 2 очка
 - 3) Ответ на третий вопрос (число или через R) 3 очка
- За отсутствие численных ответов на 1-й и 2-й вопросы
снимать по одному очку.

Олимпиада «Физтех-2016». МФТИ. 21.02.2016

Уважаемые преподаватели! В целях уменьшения влияния индивидуальных особенностей и вкусовых предпочтений на результаты олимпиады просим Вас при проверке работ придерживаться данных рекомендаций.

Проверяются только чистовики.

Ниже приведена «разбалловка» для «официальных» решений. Решения школьников не обязаны совпадать с «официальными» и укладываться в эту «разбалловку». Она является лишь ориентиром при проверке.

За любое решение, в котором получен и *обоснован* правильный ответ, необходимо давать полное количество очков.

За решение, в котором нет ничего правильного, следует ставить ноль, даже если человек «много работал».

Указанные в «разбалловке» очки даются только за полностью правильно выполненный пункт. В случае неполного или не во всём правильного решения проверяющий может поставить часть очков в зависимости от «тяжести содеянного».

Если абитуриент ввёл новое обозначение (за исключением общепринятых), то он должен написать, что оно означает. Проверяющий не обязан додумывать за абитуриента.

Численный ответ считается правильным, если при правильном аналитическом выражении он отличается от официального не более чем на 10%.

В проверенной работе обязательно должны остаться «следы» проверки, позволяющие без помощи проверяющего понять, сколько очков и за что именно получил (потерял) решающий. На самой работе около номера каждой оформленной задачи проверяющий ставит суммарные очки за эту задачу красной ручкой и обводит кружком.

Полностью решённый вариант «стоит» 50 очков. **Минимальный квант – 1 очко.** Проверяющий проставляет на двойном листе работы количество очков за каждую задачу, суммарное количество очков и ставит свою подпись.
