

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 10

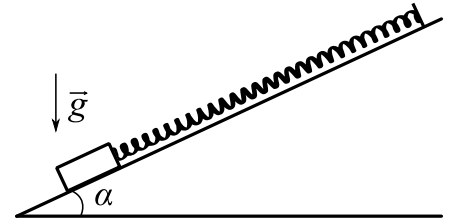
Шифр

(заполняется секретарём)

## Билет 10-02

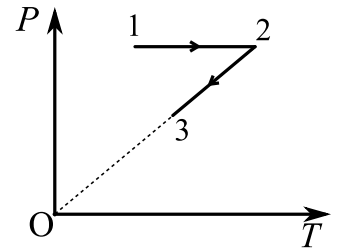
1. Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, догоняет брусок, который движется в том же направлении по этой поверхности. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения шарик скользит в первоначальном направлении с кинетической энергией, которая в 4 раза меньше его начальной кинетической энергии. Найти отношение начальных скоростей скольжения шарика и бруска.

2. На наклоненной под углом  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 3/4$ ) к горизонту поверхности лежит брусок, прикрепленный к упругой невесомой и достаточно длинной пружине (см. рис.). Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = 1/6$ . Брусок отклоняют вниз вдоль поверхности на расстояние  $A_0 = 35$  см от точки  $O$ , соответствующей положению равновесия бруска при отсутствии трения. Затем брусок отпускают, и начинаются затухающие колебания. Если брусок подвесить на этой пружине, то она удлинится на  $x_0 = 32$  см.



- 1) На каком расстоянии от точки  $O$  окажется брусок при первой остановке?
- 2) На каком расстоянии от точки  $O$  брусок остановится окончательно?

3. На диаграмме зависимости давления  $P$  газа от температуры  $T$  для гелия в количестве  $\nu = 3/2$  моль показано, что сначала газ нагревался в изобарном процессе 1-2, а затем охлаждался в процессе 2-3 прямо пропорциональной зависимости давления от температуры. Температуры газа в состояниях 1, 2 и 3  $T_1 = 150$  К,  $T_2 = 3T_1$ ,  $T_3 = 2T_1$ . Отношение давлений в состояниях 1 и 3 равно  $3/2$ .



- 1) Найти работу газа в процессе 1-2-3.
- 2) Найти отношение количества теплоты, подведенного к газу в процессе 1-2, к количеству теплоты, отведенному от газа в процессе 2-3.

4. Поршень делит объем герметичного вертикально расположенного цилиндра на две части. Стенки цилиндра хорошо проводят теплоту. Снаружи цилиндра поддерживается постоянная температура  $T = 373$  К. Поршень создает своим весом дополнительное давление  $P = P_0/5$ , где  $P_0$  – нормальное атмосферное давление. Под поршнем в объеме  $V_0 = 1$  л находится воздух, над поршнем в объеме  $V_0$  – вода массой  $m_1 = 1,2$  г и водяной пар. Система в равновесии. Цилиндр переворачивают вверх дном. После наступления равновесия под поршнем находится вода и водяной пар, над поршнем – воздух.

- 1) Найти объем пара в конечном состоянии.
- 2) Найти массу воды в конечном состоянии.

Объем воды значительно меньше объема цилиндра, масса воды значительно меньше массы поршня. Трением поршня о цилиндр пренебречь. Молярная масса водяного пара  $\mu = 18$  г/моль, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

5. Одноатомный идеальный газ в количестве  $\nu = 1$  моль участвует в прямом циклическом процессе, составленном из двух изотерм и двух изохор. При изохорическом нагревании газ получает  $Q_1 = 1000$  Дж теплоты, при изотермическом расширении газ получает еще  $Q_2 = 500$  Дж теплоты. Известно, что минимальная температура в процессе  $T_1 = 300$  К.

- 1) Найти максимальную температуру  $T_2$  газа в цикле.
- 2) Найти работу  $A$  газа при расширении.
- 3) Найти КПД  $\eta$  цикла.

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 10

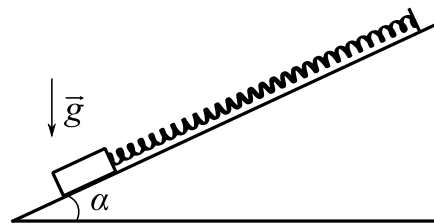
Шифр

(заполняется секретарём)

## Билет 10-03

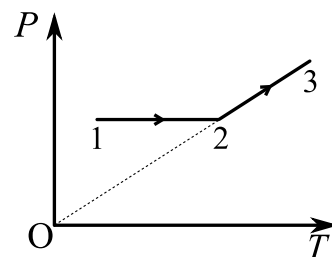
1. Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности сталкивается с бруском, который движется по той же поверхности навстречу шарiku. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения с бруском, шарик движется с кинетической энергией, которая в 1,21 раз больше его кинетической энергии движения до столкновения. Найти отношение начальных скоростей движения шарика и бруска.

2. На наклоненной под углом  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 3/4$ ) к горизонту поверхности лежит брусок, прикрепленный к упругой невесомой и достаточно длинной пружине (см. рис.). Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = 2/7$ . Брусок отклоняют вверх вдоль поверхности на расстояние  $A_0 = 41$  см от точки  $O$ , соответствующей положению равновесия бруска при отсутствии трения. Затем брусок отпускают, и начинаются затухающие колебания. Если брусок подвесить на этой пружине, то она удлинится на  $x_0 = 28$  см.



- 1) На каком расстоянии от точки  $O$  окажется брусок при первой остановке?
- 2) На каком расстоянии от точки  $O$  брусок остановится окончательно?

3. На диаграмме зависимости давления  $P$  газа от температуры  $T$  приведен процесс нагрева гелия в количестве  $\nu = 6/5$  моль сначала в изобарном процессе 1-2, а затем в процессе 2-3 прямо пропорциональной зависимости давления от температуры. Температуры газа в состояниях 1, 2 и 3  $T_1 = 50$  К,  $T_2 = 4T_1$ ,  $T_3 = 6T_1$ . Отношение давлений в состояниях 3 и 1 равно  $3/2$ .



- 1) Найти работу газа в процессе 1-2-3.
- 2) Найти отношение количеств теплоты, подведенных к газу в процессах 1-2 и 2-3.

4. Поршень делит объем герметичного вертикально расположенного цилиндра на две части. Стенки цилиндра хорошо проводят теплоту. Снаружи цилиндра поддерживается постоянная температура  $T = 373$  К. Поршень создает своим весом дополнительное давление  $P = P_0/5$ , где  $P_0$  – нормальное атмосферное давление. Под поршнем в объеме  $V_0 = 2/3$  л находится вода массой  $m_1 = 0,75$  г и водяной пар, над поршнем в объеме  $2V_0$  – воздух. Система в равновесии. Цилиндр переворачивают вверх дном. После наступления равновесия под поршнем находится воздух, над поршнем – вода и водяной пар.

- 1) Найти объем пара в конечном состоянии.
- 2) Найти массу воды в конечном состоянии.

Объем воды значительно меньше объема цилиндра, масса воды значительно меньше массы поршня. Трением поршня о цилиндр пренебречь. Молярная масса водяного пара  $\mu = 18$  г/моль, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

5. Одноатомный идеальный газ в количестве  $\nu = 1$  моль участвует в прямом циклическом процессе, составленном из двух изотерм и двух изохор. При изохорическом охлаждении газ отдает  $Q_1 = 500$  Дж теплоты, при изотермическом сжатии от газа отводят еще  $Q_2 = 600$  Дж теплоты. Известно, что максимальная температура в процессе  $T_1 = 340$  К.

- 1) Найти минимальную температуру  $T_2$  газа в цикле.
- 2) Найти работу  $A$  над газом при сжатии.
- 3) Найти КПД  $\eta$  цикла.

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 10

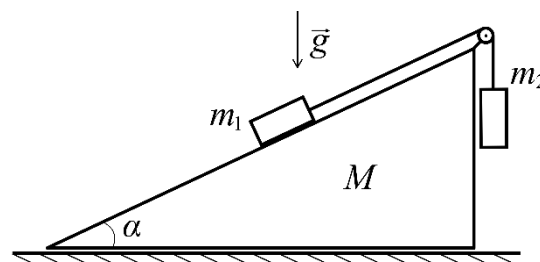
Шифр

(заполняется секретарём)

## Билет 10-04

1. Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, догоняет брусок, который движется в том же направлении по этой поверхности. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения шарик скользит в противоположном направлении с кинетической энергией, которая в 81 раз меньше его начальной кинетической энергии. Найти отношение начальных скоростей скольжения шарика и бруска.

2. Клин массой  $M$  находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. Через блок, укрепленный на вершине клина, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, связывающая грузы, массы которых  $m_1$  и  $m_2$  (см. рис.). Грузы удерживают, затем отпускают. После этого грузы движутся, а клин покоится. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha = \pi/6$ . Считайте  $M = 2m$ ,  $m_1 = m$ ,  $m_2 = 2m$ . Массой блока и трением в его оси пренебречь.

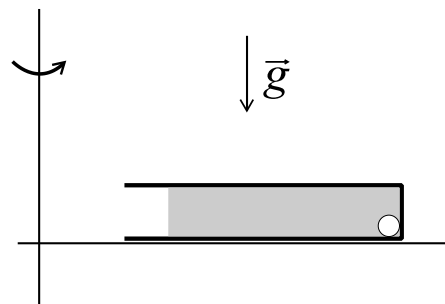


1) Найдите ускорение грузов.

2) Найдите силу  $T$  натяжения нити.

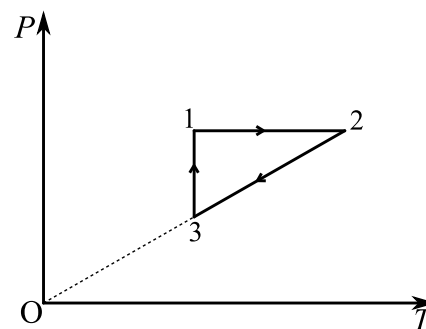
3) Найдите силу  $N$  нормальной реакции, действующей на клин со стороны стола.

3. Ротор ультрацентрифуги вращается вокруг вертикальной оси с частотой  $n = 5 \cdot 10^4$  об/мин. На роторе закреплена небольшая пробирка с водой (см. рис.). Ось пробирки горизонтальна, направлена по радиусу ротора, дно пробирки вертикально и находится на расстоянии  $L = 10$  см от оси вращения. В пробирке у дна находится шарик объёмом  $V = 0,1$  см<sup>3</sup> и массой  $m = 0,25$  г. С какой силой шарик действует на дно пробирки? Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.



4. Идеальный газ нагревают от объема  $V_1 = V_0$  до объема  $V_2 = 2V_0$  в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления от объема. Затем газ продолжают нагревать от объема  $V_2$  до объема  $V_3 = 3V_0$  в изобарическом процессе 2-3. Найти отношение работ газа в процессах 1-2 и 2-3.

5. Рабочим веществом тепловой машины является гелий в количестве  $\nu$ . Цикл машины изображен на диаграмме зависимости давления  $P$  от температуры  $T$  (см. рис.). Процесс 1-2 изобарный, процесс 2-3 идет с прямо пропорциональной зависимостью давления от температуры, процесс 3-1 изотермический. Температуры в состояниях 2 и 1 отличаются в 2 раза. КПД машины равен  $\eta$ . Температура в состоянии 1 равна  $T_1$ .



1) Найти работу газа за цикл.

2) Найти количество теплоты  $Q$  ( $Q > 0$ ), отведенной от газа за цикл.

Замечание: единица количества вещества - моль.

# Олимпиада «Физтех» по физике

2017 год

Класс 10

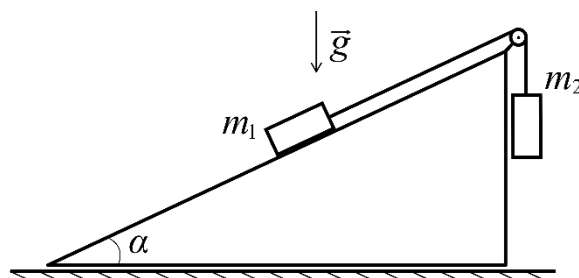
Шифр

(заполняется секретарём)

## Билет 10-05

1. Шарик, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, сталкивается с бруском, который движется по той же поверхности навстречу шарика. Грань бруска, о которую ударяется шарик, перпендикулярна вектору скорости шарика. Масса бруска много больше массы шарика. После упругого столкновения с бруском, шарик движется с кинетической энергией, которая в  $100/81$  раз больше его кинетической энергии движения до столкновения. Найти отношение начальных скоростей движения шарика и бруска.

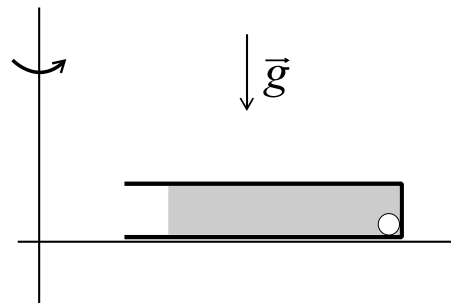
2. Клин находится на шероховатой горизонтальной поверхности стола. Через блок, укрепленный на вершине клина, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, связывающая грузы, массы которых  $m_1 = 3m$  и  $m_2 = m$  (см. рис.). Грузы удерживают, затем отпускают. После этого грузы движутся, а клин покоится. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 0,8$ ).



Массой блока и трением в его оси пренебречь.

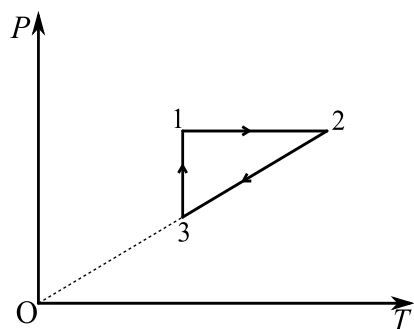
- 1) Найдите ускорение грузов.
- 2) Найдите силу  $T$  натяжения нити.
- 3) Найдите силу трения, действующую на клин со стороны стола.

3. Ротор ультрацентрифуги вращается вокруг вертикальной оси. На роторе закреплена небольшая пробирка с водой (см. рис.). Ось пробирки горизонтальна, направлена по радиусу ротора, дно пробирки вертикально и находится на расстоянии  $L = 4$  см от оси вращения. В пробирке у дна находится шарик объёмом  $V = 0,1$  см<sup>3</sup> и массой  $m = 0,2$  г. В процессе вращения шарик действует на дно пробирки с силой  $F = 225$  Н. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Найдите период  $T$  вращения ротора.



4. Идеальный газ нагревают от объема  $V_1 = V_0$  до объема  $V_2 = 3V_0$  в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления от объема. Затем газ продолжают нагревать от объема  $V_2$  до объема  $V_3 = 5V_0$  в изобарическом процессе 2-3. Найти отношение работ газа в процессах 1-2 и 2-3.

5. Рабочим веществом тепловой машины является гелий в количестве  $\nu$ . Цикл машины изображен на диаграмме зависимости давления  $P$  от температуры  $T$  (см. рис.). Процесс 1-2 изобарный, процесс 2-3 идет с прямо пропорциональной зависимостью давления от температуры, процесс 3-1 изотермический. Температуры в состояниях 2 и 1 отличаются в 1,5 раза. КПД машины равен  $\eta$ . Количество теплоты, отведенной от газа за цикл, равно  $Q$  ( $Q > 0$ ).



- 1) Найти работу газа за цикл.
- 2) Найти температуру газа в состоянии 1.

Замечание: единица количества вещества - моль.