

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 10

Билет 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Пушка установлена на плоском склоне горы, образующем угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. При выстреле «вверх» по склону снаряд падает на склон на расстоянии $S_1 = 700$ м от места выстрела. В момент падения скорость снаряда перпендикулярна поверхности склона. Пушку разворачивают на 180° и производят второй выстрел «вниз» по склону. Затем пушку перемещают на горизонтальную поверхность и производят третий выстрел. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой. Угол наклона ствола к поверхности, с которой стреляют, при всех выстрелах одинаков.

- 1) На каком расстоянии S_2 от места второго выстрела снаряд упадет на склон?
- 2) Найдите дальность L стрельбы при третьем выстреле.

2. На шероховатой горизонтальной поверхности стола покоится чаша. Внутренняя поверхность чаши – гладкая полусфера радиуса R . На дне чаши лежит небольшая шайба массы m . Масса чаши $3m$. Ударом шайбе сообщают горизонтальную скорость $V_0 = \sqrt{2gR}$, здесь g – ускорение свободного падения. Скольжение чаши начинается в тот момент времени, когда вектор скорости шайбы повернется на угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$.

- 1) С какой силой P шайба действует на чашу в этот момент?
- 2) Вычислите коэффициент μ трения скольжения чаши по столу.

3. Гладкая упругая шайба радиуса R , движущаяся со скоростью V_0 , упруго сталкивается с такой же шайбой, покоящейся на гладкой горизонтальной поверхности. В результате столкновения скорость налетающей шайбы уменьшается вдвое.

- 1) Найдите расстояние d от центра покоившейся шайбы до прямой, по которой двигался центр налетающей шайбы.
- 2) Через какое время T после соударения расстояние между центрами шайб будет равно S ?

4. Горизонтальный цилиндр длины $L = 0,5$ м вначале открыт в атмосферу и заполнен воздухом при температуре $T_0 = 300$ К. Цилиндр плотно закрывают тонким поршнем и охлаждают. Поршень смещается и останавливается на расстоянии $h = 0,4$ м от дна. Далее цилиндр нагревают до температуры T_0 , при которой поршень останавливается на расстоянии $H = 0,46$ м от дна. Атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа, площадь поперечного сечения цилиндра $S = 0,1$ м². Внутренняя энергия воздуха $U = \frac{5}{2}PV$, где P – давление, V – объем. Считать силу трения, действующую на поршень, постоянной в процессе движения поршня.

- 1) До какой температуры T_1 был охлажден воздух в цилиндре?
- 2) Найдите силу трения $F_{\text{тр}}$, действующую на поршень в процессе движения поршня.
- 3) Какое количество Q теплоты подвели к воздуху в цилиндре в процессе нагревания к тому моменту, когда поршень начал смещаться?

5. Теплоизолированный цилиндр объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится водород в количестве ν при температуре T_1 , а в другой – азот в количестве $1,5\nu$ при температуре $5/4 T_1$ и другом давлении. Перегородка прорывается.

- 1) Какая температура T_2 , установится в смеси?
- 2) Найти давление P в смеси.

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 10

Билет 10-02

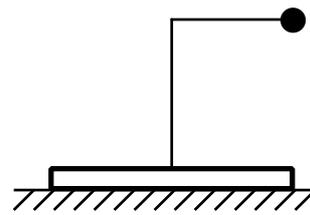
Шифр

(заполняется секретарём)

1. При стрельбе из пушки на горизонтальной поверхности дальность стрельбы $L = 3000$ м. Пушку устанавливают на плоском склоне горы, образующем угол α ($\cos \alpha = 0,8$) с горизонтом и производят первый выстрел «вверх» по склону. В момент падения скорость снаряда перпендикулярна поверхности склона. Пушку разворачивают на 180° и производят второй выстрел «вниз» по склону. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой. Угол наклона ствола к поверхности, с которой стреляют, при всех выстрелах одинаков.

- 1) На каком расстоянии S_1 от места первого выстрела снаряд упадет на склон?
- 2) На каком расстоянии S_2 от места второго выстрела снаряд упадет на склон?

2. Брусок, к вертикальной стойке которого на нити прикреплен шарик массы m , покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. Нить с шариком отклонили до горизонтального положения и отпустили без начальной скорости. Шарик движется в вертикальной плоскости по окружности. Брусок начинает скользить по поверхности в тот момент, когда нить составляет с вертикалью угол $\alpha = \frac{\pi}{4}$.



Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности $\mu = \frac{4}{7}$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Нить и стойка легкие.

- 1) Найдите силу T натяжения нити в этот момент.
- 2) Найдите массу M бруска.

3. Гладкая упругая шайба радиуса R упруго сталкивается с такой же шайбой, покоящейся на гладкой горизонтальной поверхности. После соударения покоившаяся шайба движется в направлении, составляющем угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$ с направлением движения налетающей шайбы перед соударением.

- 1) Найдите расстояние d от центра покоившейся шайбы до прямой, по которой двигался центр налетающей шайбы.
- 2) Найдите скорость V_0 налетающей шайбы, если через время T после соударения расстояние между центрами шайб равно S .

4. Горизонтальный цилиндр длины $L = 1,2$ м вначале открыт в атмосферу и заполнен воздухом. Цилиндр плотно закрывают тонким поршнем и охлаждают до температуры $T_1 = 300$ К. Поршень смещается и останавливается на расстоянии $h = 0,6$ м от дна. Далее цилиндр нагревают до начальной температуры, при которой поршень останавливается на расстоянии $H = 1,0$ м от дна. Атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа, площадь поперечного сечения цилиндра $S = 0,1$ м². Внутренняя энергия воздуха $U = \frac{5}{2} PV$, где P – давление,

V – объем. Считать силу трения, действующую на поршень, постоянной в процессе движения поршня.

- 1) Найдите начальную температуру T_0 воздуха.
- 2) Найдите силу трения $F_{\text{тр}}$, действующую на поршень в процессе движения поршня.
- 3) Какое количество Q теплоты отвели от воздуха в цилиндре в процессе охлаждения к тому моменту, когда поршень начал смещаться?

5. Теплоизолированный цилиндр объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится кислород в количестве ν при температуре T_1 , а в другой – азот в количестве 2ν при температуре $\frac{4}{3} T_1$ и другом давлении. Перегородка прорывается.

- 1) Какая температура T_2 , установится в смеси?
- 2) Найти давление P в смеси.

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 10

Билет 10-03

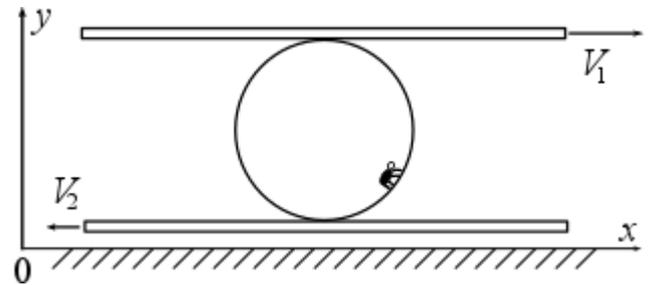
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Теннисист тренируется на горизонтальной площадке, посылая мяч к вертикальной стенке. В первом случае мяч летит практически с уровня земли с начальной скоростью $V_0 = 22$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и ударяется в стенку. Во втором случае мяч стартует из той же точки со скоростью $\frac{V_0}{2}$ под углом 2α к горизонту и ударяется в ту же точку стенки. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Мяч движется в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке. Силой сопротивления воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

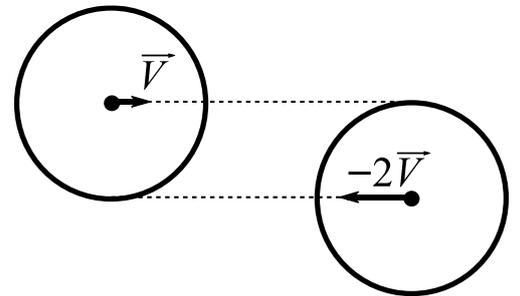
- 1) На какой максимальной высоте H находился мяч в полете в первом случае?
- 2) На какой высоте h мяч ударяется в стенку?
- 3) Через какое время τ после удара о стенку мяч упадет на площадку во втором случае?

2. Тонкостенный полый шар радиуса $R = 0,1$ м зажат между двумя горизонтальными параллельными пластинами, одна из которых движется вправо со скоростью $V_1 = 0,6$ м/с, а вторая - влево со скоростью $V_2 = 0,4$ м/с. Проскальзывания между пластинами и шаром нет. На внутренней поверхности полого шара сидит жук массы $m = 1$ г. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



- 1) Найдите скорость V центра шара.
- 2) Найдите максимальную силу P_{MAX} , с которой жук действует на шар.

3. Две одинаковые гладкие упругие шайбы движутся по гладкой горизонтальной поверхности. Скорость первой шайбы \vec{V} , скорость второй $(-2\vec{V})$. Для каждой шайбы прямая, сонаправленная с вектором скорости и проходящая через центр шайбы, касается другой шайбы. Происходит абсолютно упругое соударение.



- 1) Найдите скорость V_1 (по модулю) первой шайбы после соударения.
- 2) На какой угол α повернется вектор скорости первой шайбы в результате соударения?

4. В цилиндре с вертикальными гладкими стенками под покоящимся поршнем находятся вода и влажный воздух при температуре $t_1 = 100$ °С. Площадь поршня $S = 100$ см², масса M поршня такова, что $Mg = 0,5P_0S$, здесь $P_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Па – давление в окружающей атмосфере. Высота поршня над поверхностью воды $H = 20$ см. Температуру в цилиндре медленно уменьшили до $t_2 = 7$ °С. Давление водяного пара при $t_2 = 7$ °С считайте пренебрежимо малым. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Молярная масса воды $\mu_1 = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

- 1) Найдите парциальное давление $P_{св}$ сухого воздуха в цилиндре под поршнем при $t_1 = 100$ °С.
- 2) На каком расстоянии h от поверхности воды остановится поршень при $t_2 = 7$ °С?

5. Теплоизолированный сосуд объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится гелий в количестве ν при температуре T_1 , а в другой – азот в количестве 3ν при температуре $6/5 T_1$ и другом давлении. Перегородка прорывается. Известно, что молярная теплоемкость азота при постоянном объеме равна $2,5R$.

- 1) Какая температура T_2 , установится в смеси?
- 2) Найти давление P в смеси.

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 10

Билет 10-04

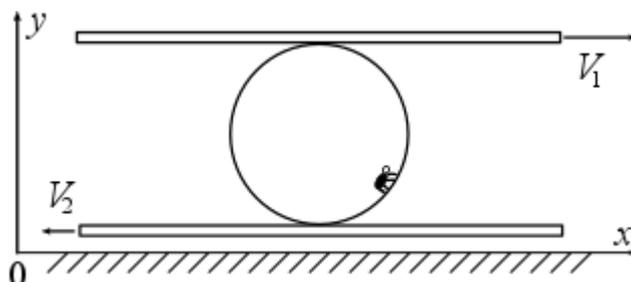
Шифр

(заполняется секретарём)

1 Теннисист тренируется на горизонтальной площадке, посылая мяч к вертикальной стенке. В первом случае мяч после удара ракеткой летит практически с уровня земли со скоростью $V_0 = 18$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и ударяется в стенку. Во втором случае мяч стартует из той же точки со скоростью $\frac{V_0}{2}$ под углом 2α к горизонту и ударяется в ту же точку стенки. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Мяч движется в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке. Силой сопротивления воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

- 1) Через какое время τ мяч находится на максимальной высоте в первом случае?
- 2) На какой высоте h мяч ударяется в стенку?
- 3) На каком расстоянии L от стенки мяч упадет на площадку во втором случае?

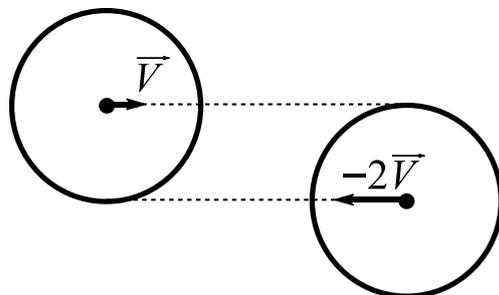
2. Тонкостенный полый шар радиуса $R = 0,05$ м зажат между двумя горизонтальными параллельными пластинами, одна из которых движется вправо со скоростью $V_1 = 0,8$ м/с, а другая - влево со скоростью $V_2 = 0,2$ м/с. Проскальзывания между пластинами и шаром нет. На внутренней поверхности полого шара сидит жук массы $m = 2$ г.



1) За какое время T шар совершает один оборот вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр?

- 2) Найдите силу P , с которой жук действует на шар, в тот момент, когда жук находится в высшей точке траектории.

3. Две одинаковые гладкие упругие шайбы движутся по гладкой горизонтальной поверхности. Скорость первой шайбы \vec{V} , скорость второй $(-2\vec{V})$. Для каждой шайбы прямая, сонаправленная с вектором скорости и проходящая через центр шайбы, касается другой шайбы. Происходит абсолютно упругое соударение.



- 1) Найдите скорость V_2 (по модулю) второй шайбы после соударения.
- 2) На какой угол β повернется вектор скорости второй шайбы в результате соударения?

4 В цилиндре с вертикальными гладкими стенками под покоящимся поршнем находятся вода и влажный воздух при температуре $t_1 = 100$ °С. Площадь поршня $S = 80$ см², масса M поршня такова, что $Mg = 0,3P_0S$, здесь $P_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Па – давление в окружающей атмосфере. Высота поршня над поверхностью воды $H = 30$ см. Температуру в цилиндре медленно уменьшили до $t_2 = 4$ °С. Давление водяного пара при $t_2 = 4$ °С считайте пренебрежимо малым. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Молярная масса воды $\mu_1 = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

- 1) Найдите массу $M_{\text{пара}}$ пара в цилиндре при $t_1 = 100$ °С.
- 2) На каком расстоянии h от поверхности воды остановится поршень при $t_2 = 4$ °С?

5. Теплоизолированный сосуд объемом V разделен на две части перегородкой. В одной части находится гелий в количестве ν при температуре T_1 , а в другой – кислород в количестве 2ν при температуре $4/5 T_1$, и другом давлении. Перегородка прорывается. Известно, что молярная теплоемкость кислорода при постоянном объеме равна $2,5R$.

- 1) Какая температура T_2 , установится в смеси?
- 2) Найти давление P в смеси.