

# 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  $180^\circ$  и производят второй выстрел «вниз» по склону. Затем пушку перемещают на горизонтальную поверхность и производят третий выстрел. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  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  $S = 0,1$  м<sup>2</sup>. 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  $\nu$  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

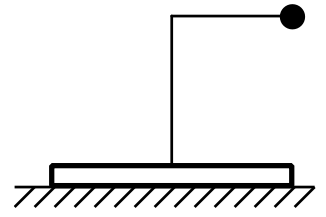
Шифр

(заполняется секретарём)

1. При стрельбе из пушки на горизонтальной поверхности дальность стрельбы  $L = 3000$  м. Пушку устанавливают на плоском склоне горы, образующем угол  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 0,8$ ) с горизонтом и производят первый выстрел «вверх» по склону. В момент падения скорость снаряда перпендикулярна поверхности склона. Пушку разворачивают на  $180^\circ$  и производят второй выстрел «вниз» по склону. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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/с<sup>2</sup>.

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  $S = 0,1$  м<sup>2</sup>. 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  $\nu$  при температуре  $T_1$ , а в другой – азот в количестве  $2\nu$  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

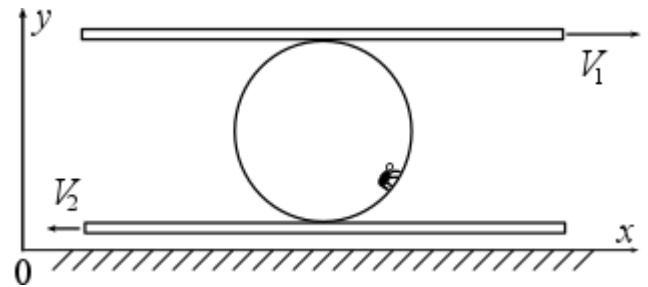
Шифр

(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  $2\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

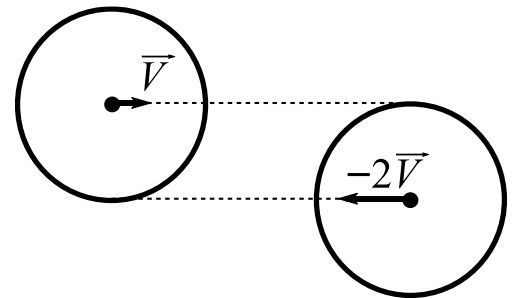
- 1) На какой максимальной высоте  $H$  находился мяч в полете в первом случае?
- 2) На какой высоте  $h$  мяч ударяется в стенку?
- 3) Через какое время  $\tau$  после удара о стенку мяч упадет на площадку во втором случае?

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/с<sup>2</sup>.



- 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  $\alpha$  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  $S = 100$  см<sup>2</sup>, 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  $\nu$  при температуре  $T_1$ , а в другой – азот в количестве  $3\nu$  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

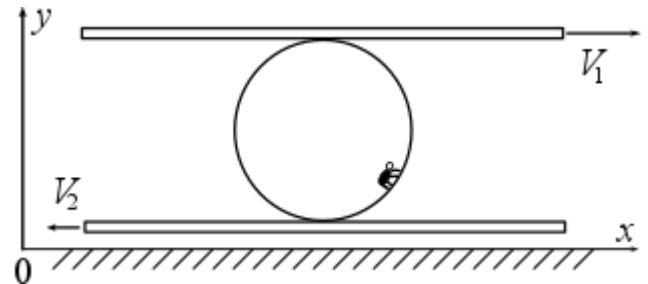
Шифр

(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  $2\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

- 1) Через какое время  $\tau$  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?

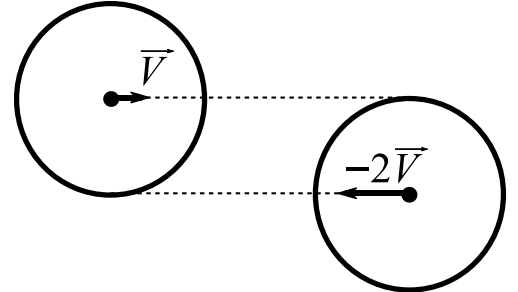
2. Тонкостенный полый шар радиуса  $R = 0,05$  м зажат между двумя горизонтальными параллельными пластинами, одна из которых движется вправо со скоростью  $V_1 = 0,8$  м/с, а другая - влево со скоростью  $V_2 = 0,2$  м/с. Проскальзывания между пластинами и шаром нет. На внутренней поверхности полого 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  $\beta$  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  $S = 80$  см<sup>2</sup>, 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  $\nu$  при температуре  $T_1$ , а в другой – кислород в количестве  $2\nu$  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.