

## Механика

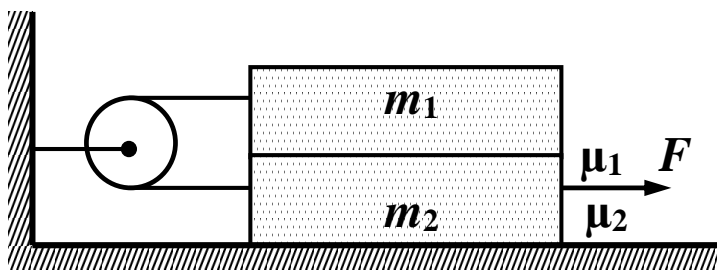
1. Мяч брошен с земли со скоростью  $v_0 = 10$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. На мяч во время полета действует встречный горизонтальный ветер, сообщая мячу постоянное ускорение  $a$  в горизонтальном направлении. Чему равно ускорение  $a$ , если известно, что мяч вернулся в исходную точку? Ускорение свободного падения можно считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

2. Колесо диаметром  $D = 1,6$  м катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. Скорость центра колеса равна  $V_0 = 2$  м/с. С точки обода

$$h = \frac{3D}{4}$$

колеса, находящейся на высоте  $h$ , срывается комок грязи. С какой скоростью этот комок упадет на плоскость? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения можно считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

3. Две длинные доски массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг лежат на горизонтальной

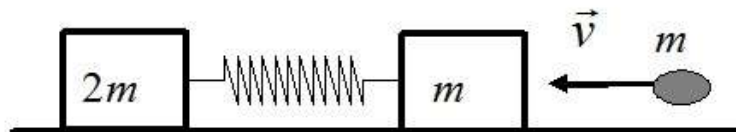


поверхности, одна на другой (см. рисунок). Коэффициент трения между досками равен  $\mu_1 = 0,2$ , а между нижней доской и поверхностью  $\mu_2 = 0,4$ . Доски связаны невесомой нерастяжимой нитью, переброшенной через легкий неподвижный блок,

закрепленный на неподвижной стенке. Какую минимальную горизонтально направленную силу  $F$  следует приложить к нижней доске, чтобы сдвинуть ее с места? Ускорение свободного падения можно считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

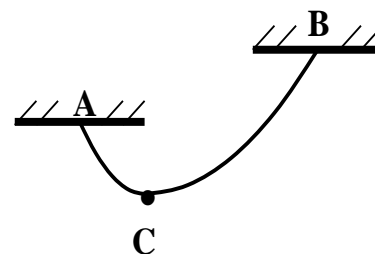
4. Стоя на льду, человек пытается сдвинуть тяжелые сани за привязанную к ним веревку. Масса саней в 2 раза больше массы человека. Коэффициент трения саней о лед  $\mu_1 = 0,20$ , человека о лед  $\mu_2 = 0,30$ . Под каким минимальным углом к горизонту нужно тянуть за веревку?

5. Два бруска массами  $m$  и  $2m$ , соединенные невесомой нерастянутой пружиной жесткости  $k$ , лежат на горизонтальной поверхности (см. рис.). В брусок массой  $m$  попадает горизонтально летящая пуля и застревает в нем. Масса пули  $m$ . При какой минимальной скорости  $v$  пули сдвинется не только брусок, в который она попала, но и другой брусок. Коэффициент трения брусков о поверхность равен  $\mu$ . Время взаимодействия пули и бруска считать очень малым.

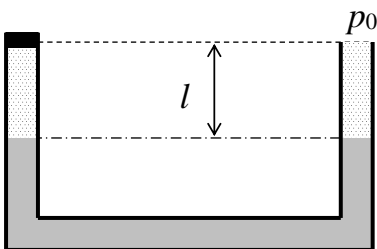


6. Космонавт, высадившись на поверхность астероида, бросил в горизонтальном направлении камень массы  $m = 500$  г. Какую максимальную горизонтальную скорость относительно астероида космонавт может сообщить этому камню, не рискуя, что сам станет спутником астероида? Масса космонавта со скафандром  $M = 100$  кг. Про астероид известно, что он имеет практически сферическую форму, его диаметр  $D = 1$  км, а средняя плотность  $\rho = 2$  г/см<sup>3</sup>.

7. Однородная тонкая веревка свободно висит так, что ее концы закреплены в точках А и В (см. рисунок). При этом самая нижняя точка веревки (точка С) делит веревку в отношении 1:3. Силы натяжения веревки в точках закрепления равны  $T_A = 3$  Н и  $T_B = 7$  Н соответственно. Определите массу веревки и силу натяжения в точке С.



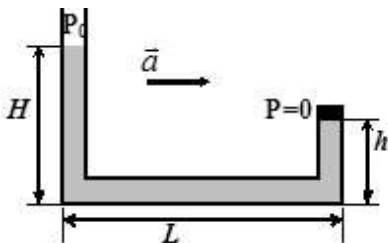
8. В U-образную трубку налита ртуть (см. рис.). Уровни ртути в обеих частях трубки одинаковы и находятся на расстоянии  $l = 28$  см от верха трубки. При этом правая часть трубки открыта, а левая герметично закрыта пробкой.



В пространстве между ртутью и пробкой находится воздух. Сколько граммов ртути нужно долить в правую часть трубки, чтобы разность уровней ртути в левой и правой частях трубки оказалась равной

$\Delta l = 9$  см? Площадь сечения трубки равна  $S = 1$  см<sup>2</sup>. Атмосферное давление  $p_0 = 750$  мм. рт. ст., плотность ртути  $\rho = 13,6$  г/см<sup>3</sup>. Искривлением уровня ртути в трубке пренебречь.

9. Изогнутая тонкая трубка, заполненная ртутью, движется в горизонтальном направлении с постоянным ускорением (см. рисунок). Левая часть трубки открыта, уровень ртути в ней поднимается до высоты  $H = 24$  см. Правая часть трубки высотой  $h = 10$  см герметично закрыта пробкой и полностью заполнена ртутью. Длина горизонтальной части трубки  $L = 90$  см. Атмосферное давление  $H_0 = 760$  мм. рт. ст. С каким ускорением движется трубка, если ртуть в правой части трубки не оказывает давления на пробку?



Поверхностными явлениями пренебречь. Плотность ртути равна  $13600 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения можно считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

10. Тело, имеющее форму однородного цилиндра длиной  $L$ , плавает вертикально в воде, погрузившись в воду на треть своей длины. Цилиндр полностью погружают в воду, так, что его нижнее основание оказывается на глубине  $2L$  от поверхности воды. На какую максимальную высоту над поверхностью воды поднимется центр тяжести тела, если его отпустить без начальной скорости? Силой сопротивления воды и воздуха пренебречь. Ось цилиндра в процессе движения остается вертикальной.

### Термодинамика

1. В калориметре находится 1 кг жидкого свинца при температуре плавления ( $327 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В калориметр влили 1 кг жидкого олова, взятого при температуре плавления ( $232 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Сколько жидкости окажется в калориметре спустя длительное время? Удельная теплоемкость олова  $225 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , удельная теплота плавления олова  $59 \text{ кДж/кг}$ , свинца  $24,3 \text{ кДж/кг}$ .

2. В калориметр, содержащий 2 кг воды при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , бросили кусок льда массой 1 кг, в центре которого заморожен стальной шарик массой 50 г. Температура льда  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Утонет ли стальной шарик с оставшимся льдом после установления теплового равновесия? Плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность стали  $7800 \text{ кг/м}^3$ .

3. В калориметр с водой, температура которой  $t_в = 20\text{ }^\circ\text{C}$ , переносят нагретые до  $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$  одинаковые металлические шарики. После переноса первого шарика температура воды в калориметре установилась равной  $t_2 = 40\text{ }^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия в калориметр перенесли второй шарик. Какой станет температура воды в калориметре после переноса второго шарика?

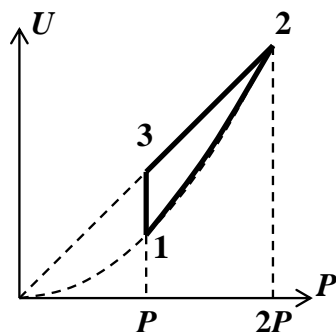
4. Ученик 9 класса Петя Иванов исследует охлаждение воды в стакане на морозе. Он заметил, что охлаждение от температуры  $91\text{ }^\circ\text{C}$  до  $89\text{ }^\circ\text{C}$  происходит за 3 минуты, а от температуры  $31\text{ }^\circ\text{C}$  до  $29\text{ }^\circ\text{C}$  — за 6 минут. Известно, что мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды. Чему равна температура окружающей среды? Результат выразите в кельвинах. Удельная теплоемкость воды  $c_в = 4,2\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$

5. В стакан налита вода при комнатной температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  до одной трети объема. Потом в этот стакан доливают еще столько же воды при температуре  $30\text{ }^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура в стакане оказалась равной  $23\text{ }^\circ\text{C}$ . В другой такой же стакан наливают воду при температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  до  $1/5$  объема и доливают горячей воды с температурой  $30\text{ }^\circ\text{C}$  доверху. Какая температура установится в этом стакане?

6. С какой скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые льдинки, имеющие температуру  $t = -10\text{ }^\circ\text{C}$ , чтобы при ударе они обратились в пар? Удельные теплоемкости воды  $c_в = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , льда  $c_л = 2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,34\cdot 10^5\text{ Дж}/\text{кг}$ , Удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26\cdot 10^6\text{ Дж}/\text{кг}$ .

7. Сосуд разделен на две равные части полупроницаемой неподвижной перегородкой. В обеих частях сосуда находится кислород  $\text{O}_2$ , молекулы которого могут свободно проходить через перегородку. В некоторый момент под действием электрического разряда весь кислород, находившийся в левой части сосуда, превращается в озон  $\text{O}_3$ . Для молекул озона перегородка непроницаема. Определите отношение давлений в левой и правой частях сосуда после установления в них равновесия и выравнивания температур. Химическая реакция образования озона:  $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ . Считать, что обратного превращения озона в кислород не происходит.

8. Два моля идеального одноатомного газа сначала изохорно охладдили, а затем изобарно нагрели до первоначальной температуры 400 К, увеличив объем газа в три раза. Какое количество теплоты отдал газ при охлаждении?



9. Тепловая машина, рабочим телом которой является идеальный одноатомный газ, совершает циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке показано, как меняется в цикле внутренняя энергия  $U$  газа в зависимости от его давления  $P$ . Процессу 1-2 на рисунке соответствует дуга параболы, когда внутренняя энергия пропорциональна квадрату давления, а процессам 2-3 и 3-1 – отрезки прямых. Рассчитайте коэффициент полезного действия для этого цикла.

10. Тепловая машина, рабочим телом которой является гелий, совершает цикл, состоящий из изотермы, адиабаты и изобары. Чему равен КПД этого цикла, если известно, что модуль работы, совершаемой гелием, в изотермическом процессе в 3 раза больше, модуля работы, совершаемой в изобарном процессе?

## Электричество

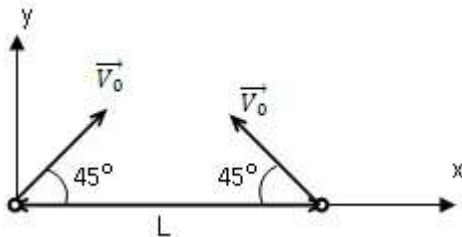
1. В заряженной проводящей сферической поверхности сделано маленькое отверстие (его радиус много меньше радиуса сферы). Чему равно отношение напряженности электростатического поля в центре отверстия к напряженности вблизи поверхности сферы?

2. Металлический шарик радиуса  $r_1 = 1$  см, заряженный до потенциала  $\varphi_1 = 270$  В, вносится внутрь полого металлического шара радиуса  $r_2 = 10$  см, заряженного до потенциала  $\varphi_2 = 450$  В. Определите потенциал шаров после их соприкосновения. Результат округлите до трех значащих цифр и выразите в вольтах.

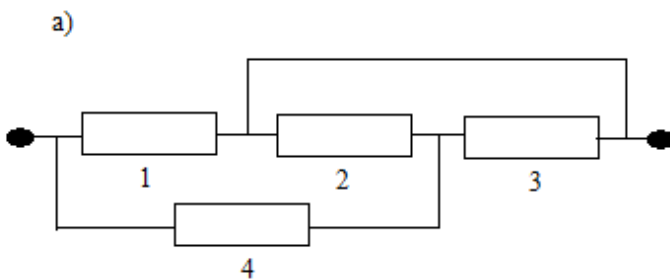
3. В далеком космосе для проверки законов электростатики три маленьких одинаковых шарика с массой  $m = 8$  г и зарядом  $q = 2$  мКл каждый соединили шелковыми нитями так, что образовался равносторонний треугольник со стороной  $l = 300$  м. Одну нить пережгли. Каким должно быть ускорение среднего шарика при справедливости законов электростатики?

4. Из бесконечной незаряженной проводящей плоскости перпендикулярно ей в вакуум вылетает электрон. В полупространстве, в которое он попадает, создано однородное ускоряющее электростатическое поле напряженностью  $E = 10$  В/м. На каком расстоянии от плоскости электрон будет иметь минимальную скорость?

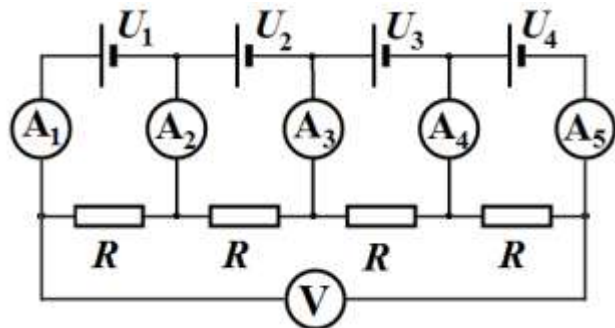
5. Заряженная частица вылетает из источника частиц с некоторой скоростью  $V$ . Пролетев с этой скоростью по прямолинейной траектории расстояние  $L$ , частица попадает в однородное тормозящее поле и летит до остановки с ускорением  $a$  вдоль той же прямой. При каком значении скорости  $V$  время движения частицы до остановки будет наименьшим?



6. Две частицы равной массы с одинаковыми электрическими зарядами в некоторый момент времени находятся на расстоянии  $L = 45$  см друг от друга и имеют скорости, равные по величине и ориентированные в одной плоскости под углами  $45^\circ$  к проходящей через заряды прямой (см. рисунок). Суммарная кинетическая энергия частиц в этот момент равна потенциальной энергии их электрического взаимодействия. До какого минимального расстояния сблизятся частицы?

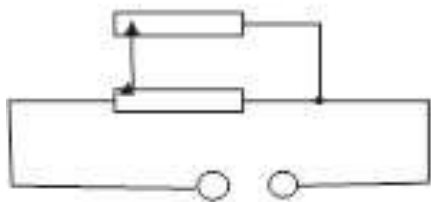


7. Каково сопротивление цепи, если сопротивление каждого из резисторов 10 Ом? Ответ дайте в омах.



8. В цепи, показанной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 1,0$  Ом. Все измерительные приборы идеальные, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Напряжения источников таковы, что амперметры  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$  показывают одинаковые значения сил токов равные  $I_1 = 1$  А. Какую силу тока показывает амперметр  $A_5$ ?

Какое напряжение показывает вольтметр?



9. Два реостата сопротивлением 40 Ом и длиной 100 см подключили к источнику электрической энергии с напряжением 12 В так, как показано на схеме. Ползунки реостатов соединены вместе и движутся одновременно. Первоначально они установлены в крайнее левое по схеме положение. Какая мощность выделится в цепи через

50 с, если ползунок начать двигать со скоростью 1 см/с вправо? Сопротивлением источника электрической энергии и температурной зависимостью сопротивлений реостатов можно пренебречь.

10. Предохранитель в цепи электрического тока состоит из двух свинцовых проволочек, соединенных параллельно. Тонкая проволочка диаметром  $d_1 = 0,30$  мм плавится при пропускании через нее тока  $I_1 = 1,8$  А, а толстая проволочка диаметром  $d_2 = 0,60$  мм – при токе  $I_2 = 5,0$  А. Какое максимальное значение силы тока в цепи может выдержать предохранитель, составленный из двух проволочек указанных диаметров? Длины проволочек считать одинаковыми.