

1 Снег на скамейках (3 балла)

Этой зимой жители Алуksне заметили, что на скамейках вокруг эстрады образовались регулярно расположенные кучки снега (см. фото). Администрация города также поделилась фотографиями того, как эти кучки менялись в течение времени. Предположите и обоснуйте механизм образования таких кучек.

2 Квадрокоптер (2 балла)

На старте велопробега репортёр запустил квадрокоптер, чтобы тот снимал участников пробега с небольшого расстояния. Предполагая, что велосипедисты едут по прямому шоссе с постоянной скоростью $v = 30$ км/ч, найти, насколько далеко от старта квадрокоптер сможет продолжать вести съёмку в случае, если репортёр

- (а) останется на старте;
(б) на машине обгонит велосипедистов и будет ждать их на контрольной отметке в $L = 20$ км от старта.

Заряда аккумулятора квадрокоптера хватает на $t_0 = 30$ мин полёта вне зависимости от скорости движения. Репортёр всегда знает расстояние до квадрокоптера. Скорость возвращения аппарата к репортёру $u = 50$ км/ч.

3 Камень во льдах (3 балла)

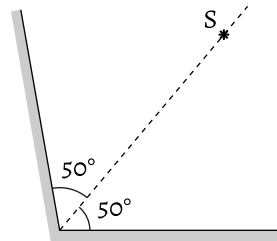
Во льдину массой 20 кг, дрейфующую в океане, вмёрз камень массой 1 кг. Лыдина от разных источников получает ежесекундно 10 Дж энергии. Через какое

время она начнёт тонуть?

Удельная теплота плавления льда 244 кДж/кг, его плотность 0,925 г/см³, плотность морской воды 1,024 г/см³, плотность камня 2,5 г/см³.

4 Изображения в зеркалах (4 балла)

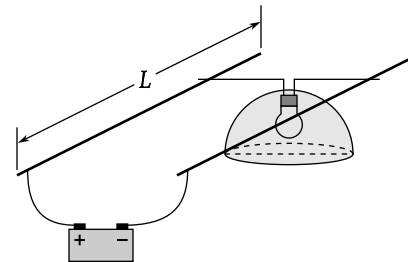
Два плоских зеркала образуют угол $\alpha = 100^\circ$. На биссектрисе этого угла находится точечный источник света S. Сколько изображений источника S даст такая оптическая система? Сколько из них можно увидеть одновременно, находясь на большом расстоянии от зеркал?

**5 Подача воды** (4 балла)

В доме используется оригинальная система подачи горячей воды. Она состоит из большого бака, от которого жильцы получают горячую воду, и устройства, которое автоматически поддерживает в баке уровень воды, добавляя в него кипяток. При обычном потреблении температура воды в баке составляет $T_1 = 60^\circ\text{C}$. Какая температура воды установится в баке, если жильцы будут потреблять вдвое большее количество воды? Температура окружающей среды $T_0 = 20^\circ\text{C}$, скорость отдачи тепла бака в окружающую среду пропорциональна разности температур воды в баке и окружающей среды.

6 Сопротивление провода (3 балла)

Под потолком коридора длиной $L = 20$ м расположены два параллельных изолированных друг от друга провода. Провода подключены к источнику напряжения $U_0 = 12$ В, который находится в одном из концов коридора. По проводам может двигаться лампа накаливания номинальной мощностью $P_0 = 60$ Вт, рассчитанная на напряжение 12 В. Замечено, что если лампа находится на расстоянии от источника конце проводов, то она светит слабее, так как на ней падает напряжение $U = 11$ В. Найти сопротивление каждого метра провода, а также мощность лампы в дальнем конце коридора. Считать сопротивление лампы пропорциональным квадратному корню напряжения на ней: $R \sim \sqrt{U}$.

**7 Ящик на клине** (4 балла)

По лёгкому клину с углом α , лежащему на горизонтальном полу, скользит ящик. Коэффициент трения между клином и полом μ_0 . Каков должен быть минимальный коэффициент трения μ между ящиком и клином, чтобы клин оставался неподвижным? Массой клина пренебречь.

8 Тесла (3 балла)

Запас энергии в батарее электромотоцикла, составляет 50 кВт·ч, причём на полном заряде батареи он может проехать 500 км со скоростью 100 км/ч.

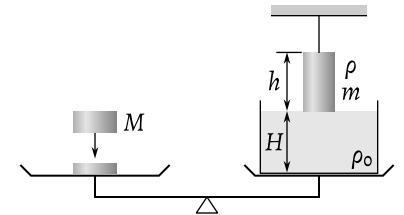
(а) Считая к. п. д. машины равным 80% — это включает в себя как преобразование электрической энергии в механическую, так и её передачу к колёсам, — найдите мощность электромотора машины.

(б) Какой объём бензина сожгла бы такая же, машина, но с бензиновым двигателем, если её к. п. д. равен 25%, а при сгорании 1 л бензина выделяется 34 МДж энергии?

9 Весы в равновесии (3 балла)

На равноплечих весах уравновешен сосуд с водой. Над сосудом, едва касаясь поверхности воды, подвешен металлический цилиндр массой m , высотой h и плотностью ρ . Цилиндр погружают в воду на половину его высоты. Груз какой массы M нужно дополнительно положить на вторую чашу весов, чтобы равновесие не нарушилось?

Высота цилиндра меньше высоты столба воды в сосуде: $h < H$. Плотность воды ρ_0 . Вертикальным перемещением чаш весов можно пренебречь.



**Тест**

(5 баллов)

В каждом вопросе один правильный ответ. Поясните свой выбор. Ответы без пояснения не оцениваются.

о-1 Два тела движутся прямолинейно. В таблице приведены их координаты, зафиксированные последовательно с интервалом в 0,2 секунды.

$t, \text{с}$	$x_1, \text{м}$	$x_2, \text{м}$
0,0	0,2	0,0
0,2	0,4	0,4
0,4	0,7	0,8
0,6	1,1	1,2
0,8	1,6	1,6
1,0	2,2	2,0
1,2	2,9	2,4
1,4	3,7	2,8

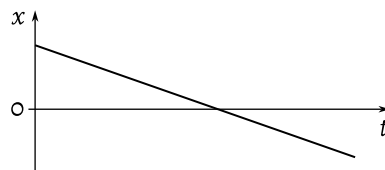
Есть ли момент времени, в который оба тела имеют одинаковую скорость?

- Ⓐ Нет.
- Ⓑ Да, при $t = 0,2 \text{ с}$ и $t = 0,8 \text{ с}$.
- Ⓒ Да, при $t = 0,2 \text{ с}$.
- Ⓓ Да, при $t = 0,8 \text{ с}$.
- Ⓔ Да, где-то между $t = 0,4 \text{ с}$ и $t = 0,8 \text{ с}$.

о-2 Полая игрушечная лодочка плавает в ванночке. Как изменится уровень воды в ванночке, если чайную ложку воды перелить из ванночки в лодочку?

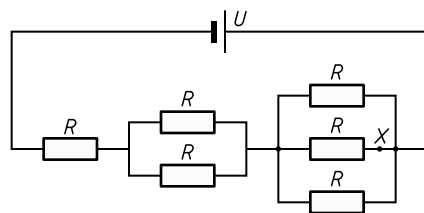
- Ⓐ Уровень воды опустится.
- Ⓑ Уровень воды поднимется.
- Ⓒ Уровень воды не изменится.
- Ⓓ Недостаточно информации, чтобы однозначно ответить.

о-3 Дан график зависимости координаты тела x от времени t . Ось x направлена вправо. Какое из утверждений наиболее точно описывает данное движение?



- Ⓐ Тело все время движется вправо.
- Ⓑ Тело все время движется влево.
- Ⓒ Тело сначала движется вправо, а потом влево.
- Ⓓ Тело скользит вниз по наклонной плоскости.

о-4 Чему равно общее сопротивление внешнего участка цепи?



- Ⓐ $11R/6$
- Ⓑ $3R$
- Ⓒ $6R/11$
- Ⓓ $R/3$

о-5 Чему равна сила тока, протекающего через точку X (см. схему из предыдущего вопроса)?

- Ⓐ $2U/(11R)$
- Ⓑ $6U/(11R)$
- Ⓒ $U/(6R)$
- Ⓓ $3U/(11R)$

о-6 При остывании длина металлического стержня уменьшается. Какое из утверждений является верным?

- Ⓐ Масса остается постоянной, плотность уменьшается.
- Ⓑ Плотность и масса увеличиваются.
- Ⓒ Масса остается постоянной, плотность увеличивается.
- Ⓓ Плотность и масса не изменяются.

о-7 Воздушный шар опускается равномерно со скоростью 11 м/с. Пилот сбрасывает балласт (мешок песка), который падает на землю через 7 с. На какой высоте над землей находился шар в момент, когда был отпущен мешок с песком?

- Ⓐ 168 м
- Ⓑ 245 м
- Ⓒ 322 м
- Ⓓ 528 м

о-8 Дан металлический куб с длиной стороны x . Сопротивление между противоположными гранями куба ...

- Ⓐ прямо пропорционально x .
- Ⓑ обратно пропорционально x .
- Ⓒ пропорционально x^2 .
- Ⓓ не зависит от x .

о-9 3,6 В аккумулятор мобильного телефона может поддерживать силу тока 0,70 А в течение часа. Аккумулятор заряжается от солнечной батареи квадратной формы, длина стороны которой 25 см. Какое время понадобится для того, чтобы полностью зарядить аккумулятор, если к.п.д. солнечной батареи 10%, а мощность солнечного излучения $1,0 \text{ кВт/м}^2$?

- Ⓐ 0,10 ч
- Ⓑ 0,28 ч
- Ⓒ 0,40 ч
- Ⓓ 1,5 ч

о-10 Фоторезистор подключен к источнику напряжения 12 В и оставлен на открытой горизонтальной поверхности в пустыне. В какое время суток мощность, рассеиваемая на фоторезисторе, максимальна?

- Ⓐ На рассвете.
- Ⓑ В середине утра.
- Ⓒ В полдень.
- Ⓓ В полночь.

1 Снег на скамейках (3 балла)

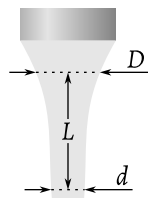
Этой зимой жители Алуksне заметили, что на скамейках вокруг эстрады образовались регулярно расположенные кучки снега (см. фото). Администрация города также поделилась фотографиями того, как эти кучки менялись в течение времени. Предположите и обоснуйте механизм образования таких кучек.

2 Вертолёт (3 балла)

Оцените мощность двигателя, необходимую для поддержания в воздухе вертолёта массой $m = 500$ кг, если длина лопасти пропеллера $L = 3$ м. Примите, что под лопастями вертолёта воздух движется вниз однородным потоком.

3 Вода из-под крана (4 балла)

Из крана вытекает вертикальная струя воды, диаметр которой на протяжении $L = 3$ см уменьшается с $D = 3$ мм до $d = 2$ мм. Найти объём воды, вытекающей из крана каждую секунду.

**4 Ахроматическая линза** (5 баллов)

Коэффициент преломления стекла и, следовательно, оптическая сила линз зависит от длины волны света. Это вызы-

вает так называемую *хроматическую аберрацию* и мешает получать изображения цветных объектов в оптических системах. Чтобы частично компенсировать этот недостаток, при изготовлении линз используются плотно прижатые друг к другу стёкла разных типов.

Рассчитайте оптические силы D_K и D_F линз двух типов стекла — крона БК7 и флинта Ф2, — если из них нужно составить линзу так, чтобы её оптическая сила в красном и в синем свете была одинаковой и равной $D_{KF} = 10$ м⁻¹. Оптические силы D_K и D_F двух компонент дайте для зелёного света ($\lambda = 550$ нм). Оптическая сила линзы заданной формы в воздухе пропорциональна $(n - 1)$, где n — коэффициент преломления стекла.

λ , нм	n_K	n_F
480	1,5228	1,6331
550	1,5185	1,6237
700	1,5130	1,6126

5 Две катушки (4 балла)

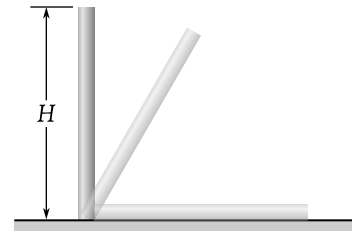
Две одинаковые катушки индуктивности расположены недалеко друг от друга. Одна из них подключена к источнику синусоидального переменного напряжения последовательно с амперметром, а концы другой катушки подключены к другому амперметру. Амперметры показывают 1,0 А и 0,2 А. Цепь второй катушки разрывают. Что покажет после этого оставшийся амперметр? Активное сопротивление катушек пренебрежимо мало; провода, амперметры и источник напряжения также считать идеальными.

6 Падение столба (4 балла)

Вертикальный телеграфный столб высотой $H = 6$ м после лёгкого толчка начинает падать на плоскую поверхность без проскальзывания.

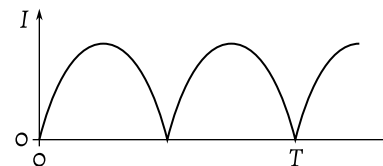
(а) Определите скорость его свободного конца в момент удара.

(б) Какая точка столба в любой момент падения имеет скорость движения, равную скорости тела, свободно падающего с той же начальной высоты?

**7 Зарядка аккумулятора** (4 балла)

Аккумулятор ёмкостью 40 А·ч заряжают выпрямленным переменным током (см. график). Амперметр, включённый в цепь, показывает ток 3 А. За какое время происходит полная зарядка изначально разряженного аккумулятора? Примите, что на зарядку идёт весь протекающий ток.

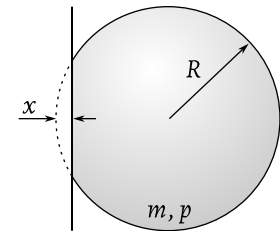
Ёмкость аккумулятора — это заряд, который аккумулятор может отдать при разрядке. Амперметр измеряет действующее (среднеквадратичное) значение силы тока.

**8 Как удерживать атмосферу?** (3 балла)

Оцените минимальный радиус планеты, достаточный для длительного удержания вокруг неё атмосферы, состоящей из углекислого газа. Обоснуйте ваше решение. Средняя плотность планеты (без учёта атмосферы) 3,5 г/см³, температура её поверхности 250 К.

9 Подробности отскока (4 балла)

При слабом ударе мяча о стенку он деформируется как показано на рисунке. При этом деформация x мяча много меньше его радиуса R , и можно считать, что давление воздуха в мяче p в процессе удара не меняется. Пренебрегая упругостью оболочки мяча, оцените время соударения мяча со стенкой. Чему оно равно, если масса мяча $m = 0,5$ кг, радиус $R = 15$ см, а давление воздуха в нём $p = 200$ кПа?

**10 Снежные искры** (4 балла)

Свежий снег «искрится» в свете зимнего солнца. Оцените среднее расстояние между соседними блёстками, приняв, что поверхность снега покрыта случайно расположенными плоскими кристаллами размером 1 мм. Угловой диаметр Солнца 0,5°.