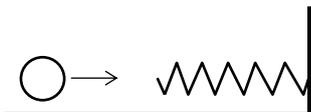


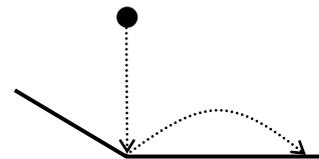
Варианты вступительных работ по физике в 10 класс

2008 год

1. На брусок массы m , который вначале покоился на горизонтальной плоскости, в течение времени t_1 действует горизонтальная сила F . Коэффициент трения бруска о плоскость равен k .
 - а) Нарисуйте график зависимости скорости тела от времени.
 - б) Какое расстояние пройдет тело за время движения?
2. Шарик массы 10 г, движущийся со скоростью 5 м/с, налетает на пружинку жесткости $k=100$ Н/м, другим концом закрепленную в стенке, и сжимает ее. Затем пружинка распрямляется, и шар движется назад с той же скоростью 5 м/с. Потерями энергии на нагрев пружинки, шарика и воздуха пренебрегите.
 - а) Насколько сожмется пружинка?
 - б) С какой максимальной силой будет действовать пружинка на стенку?
3. Электроплитку мощностью 440 Вт и электроплитку мощностью 880 Вт включили в сеть, соединив их последовательно.
 - а) В какой из плиток выделяется больше теплоты?
 - б) Во сколько раз?
4. Есть два шара одинакового размера, легкий (плотность $0,5$ г/см³) и тяжелый (плотность 2 г/см³).
 - а) Что произойдет быстрее: тяжелый опустится с поверхности на дно или легкий всплывет со дна на поверхность одного и того же бассейна?
 - б) Как повлияет на результат учет силы сопротивления воды?
5. На газовой горелке подогревают воду в кастрюле. Сколько газа сгорает каждую секунду, если 0,5 л воды, взятой при 0°C , за 3 мин нагревается до кипения и 2% ее испаряется? К.п.д. горелки равен 50%. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг·град, удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплота сгорания газа $44 \cdot 10^6$ Дж/кг.

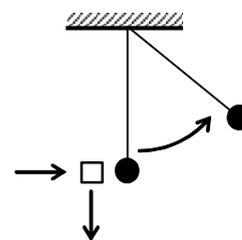
2009 год

1. Мячик уронили с некоторой высоты. После упругого отскока от наклонной доски он полетел под углом 30° со скоростью 8 м/с . С какой высоты падал мячик? Какое расстояние он пролетел по горизонтали?

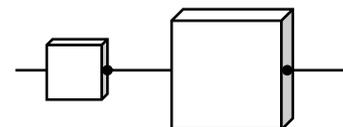


2. Локомотив массой 10 т начинает толкать перед собой вагон такой же массы. На участке длиной 50 м они набирают скорость 36 км/ч . С какой силой локомотив действует на вагон? Сила трения вагона о рельсы постоянна и равна 2000 Н .
3. Некоторая лампочка после подключения в электрическую сеть имела мощность 50 Вт .
- а) Во сколько раз нужно изменить напряжение в сети, чтобы средняя скорость пробега электронов в нити лампочки возросла в 2 раза?
- б) Какой станет мощность лампочки после этого?

4. Незнайке подарили пробковое ружье, и он почти в упор горизонтально выстрелил в яблоко, висевшее на нити длиной 90 см . Пробка после попадания упала вертикально вниз, а яблоко отклонилось максимально на угол 60° . Помогите Незнайке:

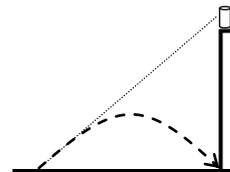


- а) Найти скорость яблока сразу после попадания пробки.
- б) Найти массу яблока.
- (В инструкции к ружью сказано, что оно стреляет пробкой массой 60 г , вылетающей со скоростью 5 м/с).
5. Есть два термоса с разным количеством чая температуры 100°C и неполный кувшин с молоком температуры 20°C . Если вылить в кувшин только чай из 1-го термоса, температура в кувшине станет 60°C , а если только из 2-го термоса, то 70°C . Какой станет температура в кувшине, если вылить в молоко чай из обоих термосов? (Во всех ситуациях из кувшина ничего не проливается.)
6. Нагревательные элементы представляют собой квадратные плитки из одного материала, с торцов подключаемые в сеть. Два элемента с отличающимися в два раза всеми линейными размерами включили в сеть последовательно. На меньшей плитке при этом выделяется мощность 400 Вт , и она нагрелась до 80°C . Температура окружающей среды 20°C .
- а) Какая мощность выделяется на большей плитке?
- б) До какой температуры она нагреется?

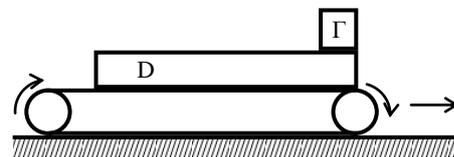


2010 год

1. Кот Леопольд сидел на краю крыши сарая. Мышонок, не знавший законов физики, выстрелил в него из рогатки, целясь точно в кота. Но камень через 1 секунду упал у основания сарая. На какой высоте сидел кот Леопольд?

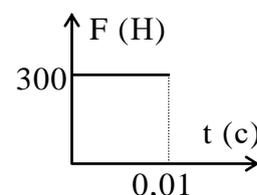


2. Лента транспортера начинает двигаться по ровной дороге с постоянной скоростью 5 см/с. На ленте лежит доска D длиной 6 м, шириной 0,5 м, толщиной 2 см. Плотность материала доски 0,5 г/см³. На переднем крае доски лежит груз Г массой 10 кг, причем ни груз относительно доски, ни доска относительно ленты не скользят.



- а) С какой скоростью движется груз?
б) Через какое время доска с грузом начнут терять равновесие? (Начальное положение системы указано на рисунке).

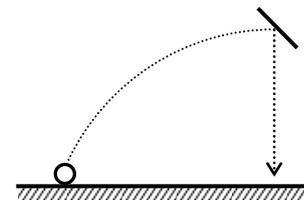
3. Пятачок испытывает новое ружье, стреляющее каштанами, и ему помогает Винни-Пух. На испытании каштан массой 100 г, летевший горизонтально со скоростью 20 м/с, попал в неподвижно стоявшего Винни-Пуха и отскочил (тоже горизонтально). Датчик, закрепленный на Винни-Пухе, показал такой график (см. рисунок) зависимости от времени силы его взаимодействия с каштаном. Масса Винни-Пуха с датчиком 30 кг.



- а) С какой скоростью отскочил каштан?
б) С какой скоростью отскочил Винни-Пух?
в) Сколько тепла выделилось при столкновении?
4. В высокий легкий стакан с площадью дна 50 см³ налита вода массой 200 г и начальной температурой 0°C. Затем в воду каплями массой по 1,36 г начинает капать ртуть температурой 100°C. Каждую секунду в стакан падает 10 капель ртути. Плотность воды 1000 кг/м³, ртути 13600 кг/м³; теплоемкость воды 4200 Дж/кг·град, ртути 140 Дж/кг·град.
- а) Каким будет давление жидкости на дно стакана через 50 секунд?
б) Какой будет температура воды в стакане через 50 секунд?
б) Постройте примерный график зависимости температуры воды в стакане от времени за 1000 секунд.
5. У Незнайки была электрическая лампочка, горевшая с некоторой мощностью. Чтобы получить мощность в 2 раза большую, Незнайка сделал другую лампочку из тех же материалов, все размеры деталей которой (кроме патрона) были ровно в 2 раза больше, и ввинтил ее на место первой. Известно, что обе лампочки светились за счет нагреваемых проволочек, свойства которых не зависят от температуры.
- а) Достиг ли Незнайка своей цели?
б) Температура проволочки какой из лампочек (когда она горела) была выше?

2011 год

1. Мячик, брошенный с пола под углом 45° к поверхности, упруго ударился в верхней точке своей траектории на высоте H в наклонную стенку и отскочил вертикально вниз.



а) Опишите дальнейшее движение мячика, если его удар об пол тоже оказался упругим.

б) С какой скоростью мячик ударился об пол?

2. Барон Мюнхгаузен рассказывал, что свинцовое ядро температуры 27°C столкнулось с покоившимся таким же (и по массе, и по температуре) ядром, и от столкновения оба ядра расплавились. При какой наименьшей скорости первого ядра так могло произойти? Температура плавления свинца 327°C , теплоемкость свинца $140 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$, его удельная теплота плавления $2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$.

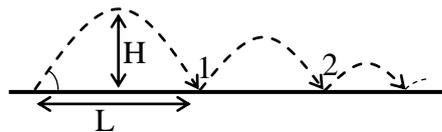
3. В электрическом чайнике находятся $2,2 \text{ л}$ воды. После включения чайника в сеть с постоянным напряжением 220 В он начинает кипеть примерно через 100 секунд. Через какое время закипит в этом чайнике 1 л воды, если его включить в сеть с напряжением 100 В ? КПД чайника в обоих случаях одинаков и равен 84% . Начальная температура воды в обоих случаях 12°C , теплоемкость воды $4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$.

4. Если две лампочки подключить последовательно, то первая имеет мощность $22,5 \text{ Вт}$, а если параллельно, то эта же лампочка имеет мощность 160 Вт . Чему равна в каждом из случаев мощность второй лампочки? Напряжение сети постоянно и равно 220 В .

5. Если к воздушному шару с гелием привязать бутылку с 450 г воды, то он будет равномерно подниматься со скоростью 1 м/с . Если в бутылке будет 550 г воды, то шар будет равномерно опускаться с такой же скоростью. Найдите объем шара. Размером бутылки, ее массой без воды и массой оболочки шара можно пренебречь. Плотность воздуха равна примерно $1,2 \text{ кг/м}^3$, плотность гелия $0,2 \text{ кг/м}^3$.

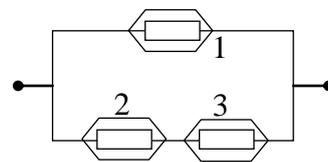
2012 год

1. Маленький мячик, брошенный под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту, скачет вдоль дороги так, что при каждом отскоке (под тем же углом) его скорость уменьшается на 50% относительно скорости перед отскоком. Перед первым отскоком его максимальная высота подъема была $H=5$ м, а горизонтальная длина полета $L=20$ м. Удельная теплоемкость вещества мячика 200 Дж/кг·град.



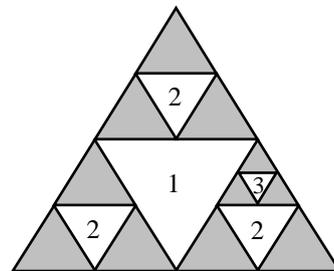
- Какими будут максимальная высота и горизонтальная длина полета мячика между первым и вторым отскоком?
- На сколько градусов в итоге нагреется мячик, если вся тепловая энергия, выделяющаяся при неупругих отскоках, пойдет на его нагрев?

2. У Незнайки в комнате сломалось отопление, и он решил обогреть хотя бы самого себя с помощью электрических грелок. У него было 3 одинаковых маленьких грелки, он собрал из них схему (см. рисунок) и включил. При этом его порадовала только грелка №1, нагреваясь до 40°C , и огорчили грелки №2 и №3, температура которых установилась равной 13°C . Грелки всегда имеют одинаковое сопротивление, при этом они нагреваются пропорционально своей мощности, а на температуру воздуха в комнате они практически не влияют.

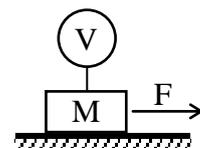


- Объясните, почему так произошло.
- Не могли бы вы определить температуру в комнате у Незнайки?

3. В лаборатории для некоторого эксперимента понадобилось изготовить дырчатый проводник. Для этого взяли стержень с треугольным сечением и на первом этапе аккуратно удалили из него треугольную "сердцевину" (аккуратность нужна, чтобы весь объект не распался). На втором этапе проделали сердцевинные треугольные отверстия во всех образовавшихся меньших треугольных стержнях, на третьем – в еще меньших и т.д. (На рисунке показан поперечный разрез стержня, в котором есть все отверстия, проделанные на первом и втором этапе, и одно отверстие третьего этапа). В лаборатории удалось полностью осуществить четыре этапа треугольного "продырявливания". Каким стало общее сопротивление получившегося проводника, если сопротивление исходного стержня было 162 Ом?



4. Груз массы $M=300$ кг лежал на дороге, причем горизонтальной силой $F=600$ Н его было невозможно сдвинуть. Когда же к грузу привязали шар с гелием объема $V=5$ м³ и приложили такую же силу, груз сдвинулся. Каким может быть коэффициент трения груза о поверхность дороги (укажите, по возможности, и наименьшее и наибольшее значения)? Плотность гелия $\rho_{\text{г}}=0,2$ кг/м³, плотность воздуха $\rho_{\text{в}}=1,4$ кг/м³. Массой оболочки шара пренебрегите.



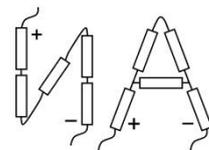
2013 год

1. Во время испытания реактивных саней массы $m=200$ кг, они сначала стартовали на льду, пройдя расстояние $L=100$ м, выехали на грунт, и, пройдя еще расстояние $2L$, остановились. Сила тяги реактивного двигателя всегда была постоянной и равнялась $F=400$ Н. Лед можно считать идеально гладким.
- 
- а) Нарисуйте график, как менялась скорость саней в зависимости от времени.
б) Найдите коэффициент трения саней о грунт.

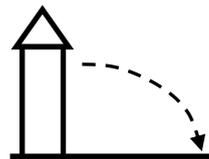
2. Белые карлики – это такие сильно сжавшиеся старые звезды, в которых никакой термоядерный подогрев внутри уже не идет, и они, излучая, медленно остывают. Пусть ученые обнаружили два карлика: "маленький" радиуса R и массы $8M$ и "большой" радиуса $2R$ и массы M (у белых карликов чем больше размер, тем меньше их масса). Оба карлика имели одинаковую температуру и одинаковый состав вещества. Известно, что "маленький" карлик остывает на 1° за 800 тысяч лет.
- а) Быстрее или медленнее остынет на 1° "большой" карлик? Ответ поясните.
б) За какое примерно время остынет на 1° этот карлик?

3. У рыбаков случился большой улов рыбы, и наполняемое судно-холодильник уже погрузилось до допустимого уровня, однако каждую минуту в него поступают новые 100 кг улова. Для остановки дальнейшего погружения, был предложен следующий способ: начать замораживать дно судна, чтобы к нему примерзал лед. Найдите необходимую для этого мощность отъема тепла холодильной установкой. Считайте, что температура заборной воды 0°C , теплоемкость воды 4200 Дж/кг·град, удельная теплота замерзания льда 336000 Дж/кг, а его плотность 900 кг/м³.
- 

4. Друзья подарили ослику Иа буквы его собственного имени, собранные из светящихся трубочек. Все трубочки одинаковые и имеют равные сопротивления 4 Ом. Затем между плюсом "+" и минусом "-" каждой буквы они подали напряжение 40 В.
- а) Какова яркость трубочки в перекладине буквы "И"?
б) Какова яркость трубочки в перекладине буквы "А"?

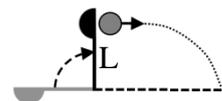


5. При горизонтальном выстреле из орудия, расположенного в башне замка на высоте 45 м над землей, ядро массой 2 кг пролетело 600 м. Стрелявшая 200 -килограммовая пушка оказалась не закреплена. Какую скорость отдачи приобрела пушка?



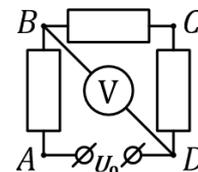
2014 год

1. Легкая катапульта с длиной плеча $L=2$ м горизонтально бросает камень массой $m=10$ кг на расстояние в 100 раз большее, чем ее плечо.



- а) С какой скоростью вылетает камень из катапульти?
б) Какую наименьшую работу необходимо совершить катапульти для совершения выстрела?
2. Муля любит мороженое и всегда держит в морозилке два одинаковых ведерка с ним. Как-то его холодильник сломался. Пока Муля занимался починкой, в одном ведерке, стоявшем на столе, ровно половина мороженого растаяла. А с другим ведерком случилась беда: пришел Хрюля, съел из него 450 г мороженого, после чего поставил ведерко на батарею, где все нагрелось до 35°C . Муля прогнал Хрюлю и убрал ведерки в починенную морозилку. До температуры -20°C мороженое в обоих ведерках охладилось одновременно. Считайте, что мороженое плавится при 0°C , его удельная теплота плавления $\lambda=320$ кДж/кг. Удельная теплоемкость замерзшего мороженого $C_1=2000$ Дж/кг·град, растаявшего $C_2=4000$ Дж/кг·град. Теплоемкость ведерок не учитывайте и считайте, что морозилка отнимает тепло у обоих ведерок с постоянной и одинаковой скоростью.
- а) Мороженое в каком ведерке раньше полностью замерзло?
б) Сколько мороженого было в полном ведерке?

3. В схеме, изображенной на рисунке, все сопротивления одинаковы. Вольтметр, подсоединенный к точкам В и D, показывает 2,4 В. Вольтметр идеальный, ток через него не идет.



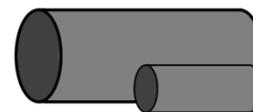
- а) Каково напряжение источника U_0 ?
б) Что покажет вольтметр, если точки А и С соединить проводом?

4. Пятачок массой $m=12$ кг, повиснув на веревке, поднимает Винни-Пуха (массой M) по ледяной горке с углом наклона $\alpha=30^{\circ}$.



- а) При какой наибольшей массе Винни-Пуха это возможно?
б) Достигнув вершины, Винни объелся стоявшего там меда и приобрел массу 50 кг, но при этом умудрился пролить часть меда, так что горка приобрела некоторый коэффициент трения. При каком наименьшем коэффициенте трения Пух не съедет обратно вниз, если Пятачок все это время продолжал героически висеть на веревке?

5. Планетоход обнаружил на исследуемой планете 2 цилиндра из одинакового неизвестного металла. Все размеры большого цилиндра ровно в 3 раза превышали размеры маленького.



Когда на маленький цилиндр подали постоянное напряжение, он за 10 сек нагрелся до температуры плавления. Не дав расплавиться, напряжение сразу отключили, однако цилиндр затем остывал очень долго (примерно 3 часа).

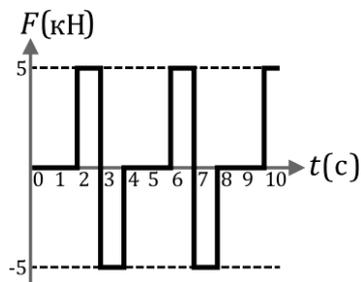
- а) За какое время нагреется до температуры плавления большой цилиндр при том же поданном напряжении?
б) Быстрее или медленнее он затем остынет?

2015 год

1. У школьника есть два куска провода, длинный и короткий, одинаковой толщины и из одного материала. Он соединял их друг с другом сначала последовательно (а), затем – параллельно (б), каждый раз подключая к одному и тому же источнику постоянного напряжения. Для каждого из случаев помогите школьнику ответить на вопрос: в каком проводе (длинном или коротком) скорость электронов была выше?
- в) Верно ли предположение школьника, что если по куску провода электроны текут быстрее, то и нагревается он сильнее? Ответ обоснуйте.

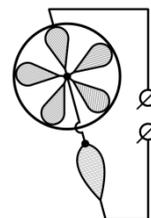
2. Барон, известный своей правдивостью, рассказывал, что летал на воздушном шаре столь высоко, что когда он уронил из корзины кусок льда, тот, упав на землю, от удара испарился. Если нужно, считайте что: теплоемкость воды 4200 Дж/кг·град, теплоемкость льда 2100 Дж/кг·град, теплота плавления льда 336 кДж/кг, теплота испарения воды 2100 кДж/кг.
- а) Оцените время падения такого куска на землю (сопротивление воздуха не учитывайте, начальная температура льда пусть равна -40°C).
- б) Почему рассказ правдивого Мюнхгаузена все же не правдоподобен? Ответ обоснуйте.

3. Неутомимый Тянитолкай везет карету скорой помощи с Айболитом в Африку по ровной прямой дороге. Сначала он размышляет, затем тянет карету в одну сторону, затем толкает в другую, затем снова размышляет, снова тянет, снова толкает и т.д. График силы действия Тянитолкай на карету изображен на рисунке.



- а) Нарисуйте график скорости кареты с Айболитом от времени, если их полная масса равна 1 тонне.
- б) Ровно через трое суток неутомимой работы Тянитолкай все перепутал, и стал сначала толкать карету назад, а затем тянуть ее вперед, и т.д. Величины же сил и периоды работ и размышлений он сохранил прежними. Как далеко от дома окажется карета через неделю?

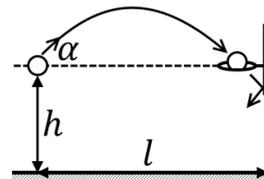
4. Для иллюминации из осветительных элементов – пяти одинаковых "лепестков" и одного "листа" – собрали схему электрического цветка (см. рисунок) и включили ее в сеть 300 В. Оказалось, что и "лепестки", и "лист" горят с одинаковой мощностью по 50 Вт. Сопротивление проводов считайте пренебрежимо малыми.



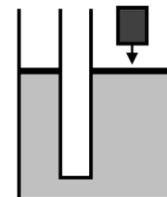
- а) Найдите сопротивления "лепестков" и "листа".
- б) Через некоторое время один из "лепестков" перегорел, и по нему перестал течь ток. Как изменилась мощность свечения "листа": возросла, уменьшилась или осталась прежней? А оставшихся "лепестков"?

2016 год

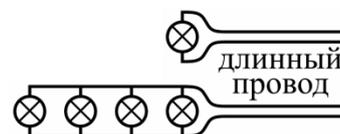
1. Подпрыгнув, баскетболист Миша бросил мяч под углом $\alpha=30^\circ$ с высоты кольца $h \approx 2,8$ м, и тот, пролетев по горизонтали $l \approx 8,66$ м, попал в кольцо.



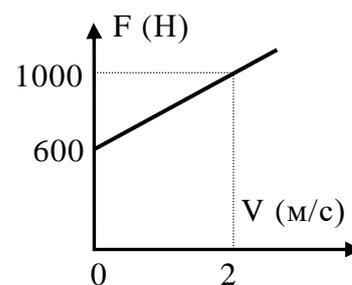
- а) С какой скоростью Миша бросил мяч?
б) Через какое время после броска мяч упал на пол, если кольцо он пролетел, не задев его, а о щит ударился упруго?
2. Два сообщающихся сосуда с сечениями $S_1=100$ см² и $S_2=200$ см² заполнены водой и закрыты легкими поршнями. Система находится в равновесии. В этом положении на больший поршень кладут гирю массой $m=3$ кг.



- а) На сколько опустится поршень с гирей относительно начального положения?
б) Сколько тепла выделится в системе при переходе в новое положение равновесия?
3. Для освещения в экспедиции использовали стабильный аккумулятор, дававший при любой нагрузке 12 В, и одинаковые лампы, рассчитанные при этом напряжении на мощность 36 Вт. Однако, когда в пещеру протянули длинный провод, использованная лампа показала мощность лишь 16 Вт.



- а) Объясните, почему это могло произойти.
б) Для большей освещенности вместо одной лампы по тому же проводу подключили 4 параллельно соединенные лампы. Какую мощность покажет каждая из них?
4. Во время испытаний сферический батискаф объемом $V=600$ л затонул в глубоком озере, и его поднимают на тросе с помощью лебедки. Справа приведен график зависимости силы натяжения троса от скорости подъема. Батискаф сохранил свою герметичность, и вода в него не проникает. Вес троса не учитывайте.

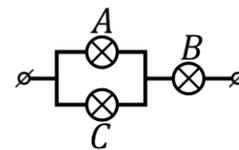


- а) Найдите массу батискафа.
б) Внезапно трос оборвался и батискаф опять начал тонуть. Найдите установившуюся скорость погружения батискафа.

2017 год

1. На олимпиаде в Древней Греции атлет массой $M=80$ кг, держа в руках две гири по $m=10$ кг каждая, прыгнул с места под углом 45° на $3,6$ метра. Затем он в точности повторил свой прыжок, однако в верхней точке траектории резко отбросил гири горизонтально назад со скоростью $10,6$ м/с относительно себя. Какой длины прыжок получился у атлета на этот раз?
2. Сопротивление нагревателя при изменении температуры меняется по закону $R = R_0 \left(1 + \frac{t^\circ}{100}\right)$, где $R_0=20$ Ом, t° – температура в градусах Цельсия. Нагреватель погрузили в кастрюлю, содержащую $2,1$ кг холодной воды с температурой 0°C , и включили в сеть напряжением $U=210$ В. Считайте температуры кастрюли и нагревателя все время одинаковыми; теплотерями и теплоемкостями кастрюли и нагревателя пренебрегите.
 - а) Через какое время вода в кастрюле дойдет до кипения?
 - б) Нарисуйте примерный график зависимости температуры воды и нагревателя от времени.

3. Из двух лампочек A и B номинальной мощностью 110 Вт каждая и лампочки C мощностью 44 Вт собрали схему (см. рисунок) и включили в сеть напряжением $U_0=220$ В.
 - а) Какая из трех лампочек горит ярче всех? Ответ поясните.

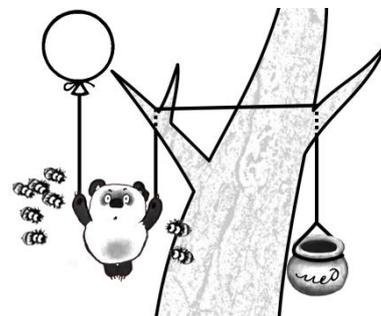


Чтобы увеличить общую яркость, ту же схему включили в цепь напряжением $U_1=380$ В, но для страховки последовательно с ней подключили предохранитель – устройство практически без сопротивления, но размыкающее цепь, если сила тока в нем превосходит $0,5$ А.

- б) Разомкнет ли цепь предохранитель?

Примечание: Номинальные мощности лампочек подсчитаны при их одиночном подключении к сети 220 В; их сопротивление не меняется при изменении протекающего через них тока.

4. Винни-Пух массы $M=9$ кг с помощью веревки, используя ветки в качестве блоков, достает большой горшочек меда из улья. Сначала, уравновесив с помощью шарика с гелием себя и горшочек, он повис неподвижно. Затем, благодаря прицельному выстрелу его друга Пятачка, шарик лопнул, и Винни, держась за веревку, стал двигаться с ускорением $a=2$ м/с². Считая малым трение в ветках, работающих как блоки:



- а) Найдите массу горшочка с медом.
- б) Найдите начальный объем шарика, если плотность гелия $\rho_{\text{г}}=0,2$ кг/м³, воздуха $\rho_{\text{в}}=1,4$ кг/м³, а масса оболочки мала.

2018 год

1. Двужильный кабель – это два идущих вместе изолированных провода. Такой кабель длиной $L=4$ км повредился: между проводами стал протекать ток. Чтобы определить место повреждения кабеля, к проводам одного конца кабеля подключили батарею напряжением $U=15$ В. При этом оказалось, что если провода на другом конце кабеля разомкнуты, ток через батарею равен $I_1=1$ А. Если провода на другом конце кабеля замкнуты накоротко, то ток через батарею $I_2=1,8$ А. Сопротивлением батареи пренебрегите. Сопротивление единицы длины каждого провода равно $\rho=1,25$ Ом/км.

а) На каком расстоянии от конца кабеля находится место повреждения?

б) Чему равно сопротивление изоляции в месте повреждения?

2. Ученик ФТШ любит кофе, мороженое и физическую лабораторию. Он для опытов взял большие и маленькие чашки одинаковой формы с кофе одинаковой температуры и большие и маленькие шарики одинаково начинающего подтаивать мороженого. При этом радиусы больших чашки и шарика были в два раза больше радиусов маленьких чашки и шарика.

Школьник провел опыты четырех типов:

ММ:	положил маленький шарик в маленькую чашку
МБ:	положил маленький шарик в большую чашку
БМ:	положил большой шарик в маленькую чашку
ББ:	положил большой шарик в большую чашку

Для всех опытов он измерял время полного таяния шарика в минутах и результаты занес в таблицу:

4	5	X	много
---	---	---	-------

Запись X означает, что школьник плохо измерил результат (но он больше 5 минут), а запись "много" – что ему стало лень ждать окончания опыта.

а) Какому типу опыта (*ММ*, *МБ*, *БМ*, *ББ*) какой результат соответствует? Ответ поясните.

б) Не могли бы вы довольно точно указать, чему равно X, если остальные результаты верны?

3. Электрическая пушка устроена так: в течении часа ее аккумулятор заряжается током 10 мА от сети напряжением 220 В, а затем очень быстро разряжается, выстреливая снаряд массой 64 г под углом 30° к горизонту. Каков КПД пушки, если снаряд улетает на расстояние 216,5 м по горизонтали?

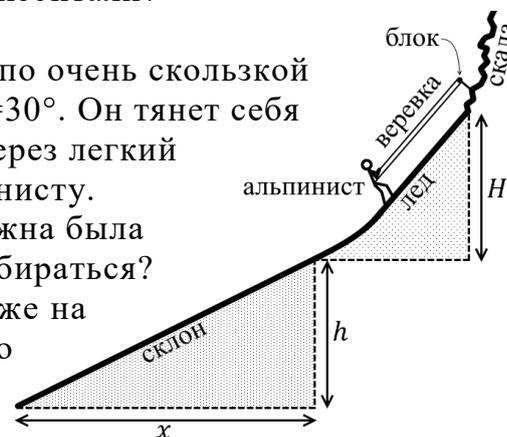
4. Альпинист массы $m=80$ кг втягивает себя наверх по очень скользкой ледяной горке высотой $H=5$ м с углом наклона $\alpha=30^\circ$. Он тянет себя за один конец веревки, которая далее проходит через легкий блок и привязана вторым концом к самому альпинисту.

а) Какую наибольшую силу натяжения точно должна была выдерживать веревка, чтобы альпинист мог взбираться?

б) Веревка выдержала, но когда альпинист был уже на вершине горы, из скалы вылетел блок. По

счастью, альпинист плавно съехал по льду на снежно-песчаный склон. Соскользнув по

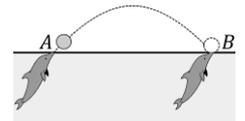
этому склону, альпинист остановился, опустившись еще на $h=5$ м и сместившись по горизонтали на расстояние $x=10$ м. Найдите примерный коэффициент трения альпиниста на склоне.



2019 год

1. Летом была сильная жара и три друга захотели выпить холодной воды. Для этого они добавили в тёплую воду одинаковые кубики сильно замороженного льда массой $m = 10$ г из морозилки и подождали, пока вода остынет. Петя налил в свой стакан 50 мл теплой воды и у него кубик льда даже увеличился до $m_1 = 11$ г. Вася налил себе 100 мл тёплой воды и у него размеры кубика льда в тепловом равновесии остались прежними. Миша налил в стакан 200 мл теплой воды. Какой будет масса льда m_3 в стакане у Миши?

2. Дельфин вытолкнул в точке A из воды мяч массой $m = 0,5$ кг, а сам, проплыв под поверхностью со средней скоростью $v = 36$ км/ч, ровно через две секунды поймал мяч в точке B .



А) Чему равна кинетическая энергия мяча в верхней точке его траектории?

Б) Чему равна в этой точке его потенциальная энергия (относительно поверхности воды)?

Примечание: сопротивлением воздуха движению мяча пренебрегите.

3. Для измерения сопротивления резистора собрали две электрические схемы с неидеальными (имеющими свои неизвестные сопротивления) амперметром и вольтметром. В обоих случаях на клеммы CD подавали одинаковое напряжение. В первом случае вольтметр показал напряжение $U_1 = 190$ В, а амперметр – ток $I_1 = 1,9$ А. Во втором случае показания вольтметра и амперметра были равны $U_2 = 170$ В и $I_2 = 2$ А. Определите сопротивление резистора R .

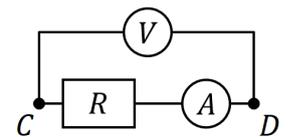


Схема №1

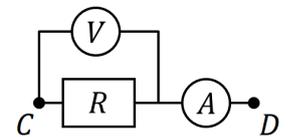


Схема №2

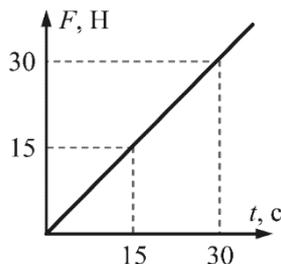
4. Существует идея путешествовать в космосе, используя давление излучения, падающего на зеркально отражающий парус.

А) Рассмотрим два «парусника», один из которых по всем размерам ровно в два раза больше первого. У какого из них и во сколько раз больше ускорение в одном и том же потоке излучения?

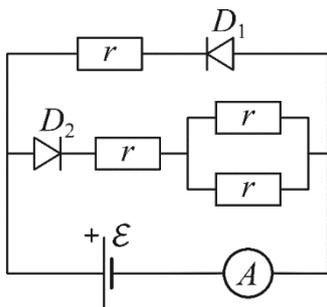
Б) Пусть один и тот же «парусник» находился сначала на земной орбите (расстояние до Солнца $R_1 \approx 150$ млн км), а затем на орбите Нептуна (расстояние до Солнца $R_2 \approx 4500$ млн км). Во сколько раз отличались его ускорения под действием «солнечного ветра» (излучения Солнца)?

2020 год

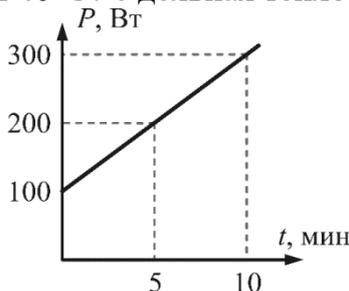
1. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью $v_0 = 10$ м/с, равна высоте, с которой брошено тело. Под каким углом к горизонту тело упало на землю?
2. Камень бросили с поверхности Земли под углом 60 градусов к горизонту с начальной скоростью 25 м/с. Какой будет скорость камня, когда он окажется на высоте 20 м?
3. На тело массой 10 кг, покоившееся на горизонтальной плоскости, начинает действовать горизонтальная сила, зависимость которой от времени изображена на рисунке. Коэффициент трения тела о плоскость равен 0,15. Постройте график зависимости ускорения тела от времени.



4. Через диоды D_1 и D_2 ток может протекать только в направлении стрелки. В таком случае говорят, что диод открыт. Напряжение на открытом диоде равно $U_0 = 1$ В независимо от величины протекающего тока. Какой ток пойдет через идеальный амперметр A в схеме, показанной на рисунке? Резисторы имеют сопротивление $r = 10$ Ом, ЭДС батарейки $\mathcal{E} = 10$ В.



5. Лампочки 1, 2 и 3 при включении в сеть по отдельности имеют мощности $P_1 = 25$ Вт, $P_2 = 100$ Вт и $P_3 = 200$ Вт соответственно. Как относятся мощности лампочек при их последовательном соединении? Считайте, что сопротивления лампочек не зависят от температуры.
6. Возможна ли ситуация, когда телу передают какое-то количество теплоты, не вызывая при этом повышения его температуры? Ответ поясните.
7. Два литра воды с начальной температурой 25°C нагревают на электроплитке мощностью $W = 510$ Вт. При этом часть тепла теряется в окружающую среду, график зависимости мощности теплопотерь P от времени показан на рисунке. За какое время вода нагреется до температуры 40°C ? Удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг \cdot °C).

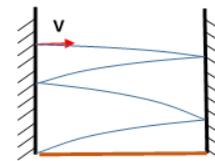


2021 год

1. Мячик бросили горизонтально со скоростью $v = 10$ м/с с высоты $H = 3,2$ м. Сделав три упругих отскока, мяч упал в угол ровно под точкой броска (см. рисунок).

А) Найдите расстояние между стенками.

Б) Предположим, мячик теперь окружили специальным поглощающим материалом так, что при любом отскоке мячик уменьшает свою скорость на 40%. Как изменится время падения мячика на землю (увеличится, уменьшится, не изменится)?



Примечание: при любом отскоке считайте, что угол падения равен углу отражения.

2. Веня работал «мотором полярной экспедиции» и горизонтально тянул санки с братом: сначала по ледяной дорожке (коэффициент трения $\mu_1 = 0,08$), а затем по снежной целине (коэффициент трения $\mu_2 = 0,4$). Через $t = 8$ с после старта экспедиции санки остановились.

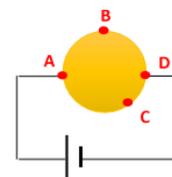
А) Нарисуйте график зависимости скорости санок от времени.

Б) Во сколько раз отличается работа Вени на ледяном и снежном участке экспедиции?

Масса санок с братом равна $m = 15$ кг, а Веня работал очень надёжным мотором и всегда тянул с постоянной силой $F = 18$ Н.

3. Для конкурса «искусственное солнце» Незнайка взял нихромовый шарик (нихром – сплав, из которого делаются нагревательные элементы) и подключил его к батарейке. Шарик нагрелся и стал немного светиться.

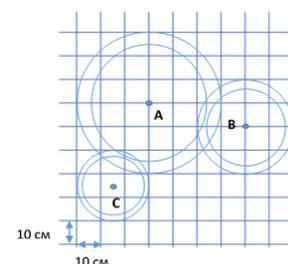
А) Вблизи каких точек (А, В, С или D) шарик нагревается и светится ярче всего? Ответ поясните.



Б) По идее Незнайки, для искусственного солнца надо было взять нихромовый шар в тысячу раз большего радиуса, установить его над цветочным городом и подключить к той же батарейке. Сильнее или слабее нагреется такой шар по сравнению с исходным шариком? Объясните свой ответ.

4. На рисунке с нанесённой размерной сеткой – изображение сделанной из-под воды фотографии волн на поверхности водоёма, оставленных тремя небольшими каплями дождя. Волны на поверхности воды двигаются со скоростью $u = 10$ см/с.

А) На какой высоте над водоёмом находилась каждая из капель, попавших в точки А, В, С за $t = 5$ с до момента съёмки? Известно, что маленькие капли дождя падали на поверхность с одинаковой скоростью $v = 3$ м/с.

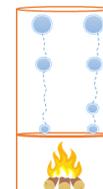


Б) Как изменились бы значения высот, вычисленные по этой фотографии, если капли воды были бы предгрозовыми, то есть более крупными, и имели в 2 раза больший радиус? Известно, что сила сопротивления воздуха, действующая на каплю, прямо пропорциональна её радиусу и скорости падения.

5. Над огнём, в котором каждую секунду сгорает $m_1 = 0,4$ г дров, стоит медная труба – цилиндр, с медной перегородкой внизу. Над перегородкой кипит вода. Кипение выглядит примерно так: на перегородке образуются маленькие пузырьки объёма $V_0 = 1$ мм³, и за время всплытия, каждый пузырёк увеличивает свой радиус в 20 раз.

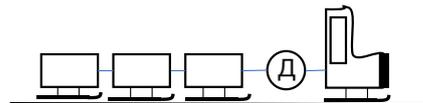
А) Чему примерно равно число пузырьков, всплывающих за одну секунду?

Б) Когда огонь разгорелся сильнее, так что каждую минуту стало сгорать $m_2 = 81$ г дров, количество всплывающих пузырьков не изменилось. Во сколько раз изменился радиус всплывшего пузырька? Удельная теплота сгорания дров $q = 1,15 \cdot 10^7$ Дж/кг, образования пара $L = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность пара при атмосферном давлении $\rho_{\text{пара}} = 0,8$ кг/м³.



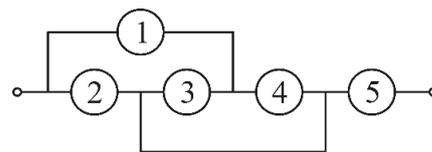
2022 год

1. Ваня возит по снегу поезд на санках, состоящий из паровоза и 3-х одинаковых вагонов. Между паровозом и 1-м вагоном закреплен легкий динамометр Д (см.рис). Когда Ваня тянет равномерно скользящий поезд направо, динамометр показывает силу $F_1 = 1,2$ Н, а когда Ваня тянет равномерно скользящий поезд влево – силу $F_2 = 0,8$ Н. Коэффициент трения санок о снег равен 0,2. Найдите массу паровоза и вагонов.

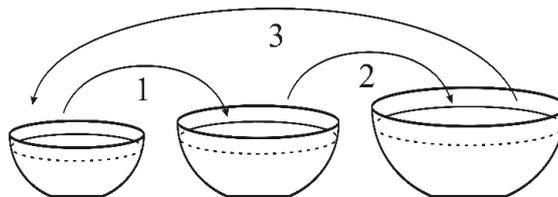


2. Хулиган бросает камень массой $m = 500$ г под углом к горизонту. Камень во время полета поднялся на максимальную высоту $H = 5$ м и упал на землю на расстоянии $S = 16$ м от хулигана. Какую работу совершил хулиган во время броска? Считайте, что бросок происходит с поверхности земли, то есть высота камня над землей в момент броска равна нулю.
3. На закрепленный вентилятор во время его работы действует горизонтально сила отдачи F . Площадь потока, захватываемая лопастями вентилятора, равна S , плотность воздуха ρ . Считая, что горизонтальная скорость воздуха по всей площади потока одинаковая, найдите эту скорость.

4. Из пяти амперметров собрали электрическую схему, показанную на рисунке. Оказалось, что четыре амперметра одинаковые, а один – новой модели, с меньшим внутренним сопротивлением. Показания приборов $I_1 = 2$ А, $I_2 = 2$ А, $I_3 = 1$ А, $I_4 = 1$ А, $I_5 = 4$ А.



- А) На каком месте в схеме стоит амперметр новой модели
- Б) Во сколько раз внутреннее сопротивление амперметра новой модели меньше, чем у остальных?
5. На столе стоят три миски разного размера, в которые налиты объемы V , $2V$ и $4V$ супа разной температуры. Машенька зачерпнула из маленькой миски ложку супа и перелила ее в среднюю миску. При этом температура супа в средней миске уменьшилась на 1°C . Затем Машенька зачерпнула (такую же) ложку из средней миски и перелила ее в большую миску, после чего температура в большой миске увеличилась на 1°C . Как и на сколько изменится температура супа в маленькой миске, если теперь зачерпнуть ложку супа из большой миски и перелить ее в маленькую?



Решения вступительных работ по физике

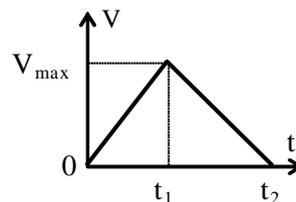
2008 год

1. Запишем 2-й закон Ньютона до момента t_1 (момент прекращения действия силы): $ma_1 = F - F_{mp} = F - kmg$. Следовательно, при $t \leq t_1$ ускорение бруска $a_1 = F/m - kg$.

После прекращения действия силы (т.е. при $t > t_1$) $a_2 = -kg$.

Максимальная скорость $V_{\max} = a_1 t_1 = t_1 \cdot (F/m - kg)$.

Время остановки бруска t_2 можно найти, например, из уравнения для изменения скорости при равноускоренном движении для времен $t > t_1$: $V_{\max} + a_2(t_2 - t_1) = 0$. Откуда после подстановки V_{\max} получим: $t_2 = t_1 - V_{\max}/a_2 = Ft_1/kmg$.



Ответ: а) см. график.

Пройденное бруском расстояние проще всего определить как площадь под

графиком $V(t)$: $S = \frac{V_{\max} t_2}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{m} - kg \right) t_1 \cdot \frac{F t_1}{kmg} = \frac{1}{2} \left(\frac{F}{kmg} - 1 \right) \frac{F}{m} t_1^2$.

Ответ: б) $\frac{1}{2} \left(\frac{F}{kmg} - 1 \right) \frac{F}{m} t_1^2$.

2. Запишем закон сохранения механической энергии: $mV^2/2 = kx_{\max}^2/2$ (в начальный момент, когда шарик еще не долетел до пружины $E_n = 0$, а при максимальном сжатии $E_k = 0$). Откуда $x_{\max} = V \cdot \sqrt{m/k} = 5 \cdot \sqrt{0,01/100} = 0,05$ м.

Ответ: а) 5 см.

С максимальной силой пружина действует на стену в момент наибольшего сжатия: $F_{\max} = kx_{\max} = 100 \cdot 0,05 = 5$ Н.

Ответ: б) 5 Н.

3. Пусть сопротивления лампочек R_1 и R_2 , напряжение в сети U . При подключении к сети одной плитки ее мощность $W = U^2/R$. Следовательно, сопротивления плиток $R_1 = U^2/W_1$ и $R_2 = U^2/W_2$. Так как по условию $W_1 < W_2$, то $R_1 > R_2$. При последовательном соединении плиток через них идет одинаковый ток, а мощность плиток составит $W_{1нов} = I^2 R_1$ и $W_{2нов} = I^2 R_2$. Т.е. мощность первой плитки будет больше.

Ответ: а) в первой.

Подсчитаем, во сколько раз: $W_{1нов}/W_{2нов} = R_1/R_2 = W_2/W_1 = 880/440 = 2$.

Ответ: б) в 2 раза.

4. Запишем 2-й закон Ньютона для каждого из шаров: $m_1 a_1 = F_{A1} - m_1 g$ (для более легкого, всплывающего) и $m_2 a_2 = m_2 g - F_{A2}$ (для более тяжелого, тонущего).

Обозначим объем каждого из шаров как V . Тогда:

$$a_1 = (F_{A1}/m_1) - g = (\rho_g V g / \rho_1 V) - g = g \cdot (\rho_g / \rho_1 - 1) = g \cdot (1/0,5 - 1) = g,$$

$$a_2 = g - (F_{A2}/m_2) = g - (\rho_6 V g / \rho_2 V) = g \cdot (1 - \rho_6 / \rho_2) = g \cdot (1 - 1/2) = g/2.$$

Таким образом, $a_1 > a_2$, т.е. легкий шар всплывает быстрее, чем тонет тяжелый.

Ответ: а) легкий шар всплывет быстрее, чем утонет тяжелый.

При равных размерах шариков и равных в какой-то момент скоростях силы сопротивления, действующие на шарики, по величине будут одинаковы. Закон Ньютона с учетом силы сопротивления: $m_1 a_1 = F_{A1} - m_1 g - F_c$ и $m_2 a_2 = m_2 g - F_{A2} - F_c$.

Откуда следует (аналогично пункту а): $a_1 = g - F_c / \rho_1 V$ и $a_2 = g/2 - F_c / \rho_2 V$.

Найдем F_{c0} , при которой $a_1 = a_2$: $g - F_c / \rho_1 V = g/2 - F_c / \rho_2 V$. Откуда следует, что $F_{c0} = \rho_1 \rho_2 V g / 2(\rho_2 - \rho_1)$. Если учесть, что $\rho_1 = \rho_6 / 2$ и $\rho_2 = 2\rho_6$, то после подстановки получаем $F_{c0} = \rho_6 g V / 3$. Если F_{c0} достаточно мала, и для шариков $F_c < F_{c0}$, то сначала всплывет легкий шарик. Если же F_{c0} велика, и для шариков $F_c > F_{c0}$, то первым утонет тяжелый шарик.

В реальности сила сопротивления зависит от скорости шариков: чем больше скорость, тем больше сила сопротивления. Поэтому в мелких водоемах, где невелика скорость, набираемая шариками, и, следовательно, мала сила сопротивления, первым будет достигать поверхности более легкий шар. В глубоких же водоемах наоборот – первым будет достигать дна более тяжелый шар.

Ответ: б) см. выше.

5. Теплота сгорания газа: $Q_1 = qm_1$. Масса газа, сгорающего в единицу времени: $\mu = m_1 / \Delta t$. Теплота, нужная для нагрева всей воды и испарения ее части: $Q_2 = cm_2(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}) + \alpha Lm_2$ (здесь $\alpha = 0,02$ – испарившаяся часть воды). Уравнение теплового баланса: $\eta Q_1 = Q_2$. Откуда: $\mu = (cm_2(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}) + \alpha Lm_2) / (\eta q \cdot \Delta t)$. Подставив числа: $\mu \approx (4200 \cdot 0,5 \cdot 100 + 0,02 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,5) / (0,5 \cdot 44 \cdot 10^6 \cdot 180) \approx 6 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}$.

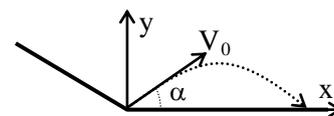
Ответ: 0,06 г/с.

2009 год

1. При падении и последующем отскоке сохраняется энергия: $mgh = mV_0^2/2$. Откуда $h = V_0^2/2g = 64/20 = 3,2$ м.

Поставим начало координат в точку падения. Тогда после отскока скорость мячика по вертикали меняется так:

$V_y(t) = V_0 \sin \alpha - gt$. И при втором падении на плоскость она будет равна $V_y(t) = -V_0 \sin \alpha$. Отсюда получаем для времени полета $t = 2V_0 \sin \alpha / g$. Величина горизонтальной координаты через это время и будет дальностью полета $L = V_0 \cos \alpha \cdot t = 2V_0^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha / g \approx 2 \cdot 64 \cdot 0,5 \cdot 0,87 / 10 \approx 5,5$ м



Ответы: высота падения – 3,2 м; дальность полета по горизонтали – 5,5 м.

2. Запишем 2-й закон Ньютона для вагона: $ma = F - F_{mp}$, где F – сила, с которой локомотив толкает вагон. Для нахождения ускорения проще всего воспользоваться формулой $2aS = V^2 - V_0^2$, где S – пройденный путь, V_0 – начальная скорость, V – конечная скорость. Так как начальная скорость равна нулю, то $a = V^2/2S$. Выразив скорость в м/с, получаем: $F = F_{mp} + mV^2/2S = 2000 + 10^4 \cdot 10^2 / (2 \cdot 50) = 12000$ Н.

Ответ: 12000 Н.

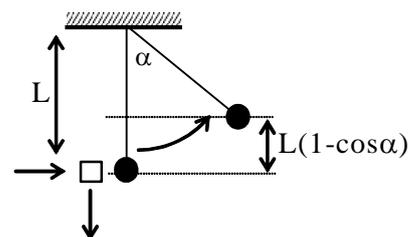
3. Скорость движения электронов пропорциональна силе тока $V \propto I$. Используя закон Ома $U = IR$ и учитывая, что сопротивление лампочки не изменилось, получим $V \propto U$. Следовательно, для увеличения скорости движения электронов в 2 раза, напряжение в сети нужно увеличить тоже в 2 раза.

Выражение для мощности $W = U^2/R$. Т.е. при увеличении напряжения в два раза мощность возрастет в 4 раза и станет равной 200 Вт.

Ответы: в 2 раза; 200 Вт.

4. Закон сохранения энергии для яблока: $mV^2/2 = mgL(1 - \cos \alpha)$. Отсюда получаем его скорость $V = \sqrt{2gL(1 - \cos \alpha)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,5)} = 3$ м/с.

Ответ: а) 3 м/с.



Из закона сохранения импульса по горизонтали для столкновения пробки с яблоком (т.к. пробка после столкновения просто падает вниз) $MV_0 = mV$, где M – масса пробки, V_0 – ее скорость. Откуда $m = MV_0/V = 0,06 \cdot 5/3 = 0,1$ кг.

Ответ: б) 100 г.

5. Уравнение теплового баланса для случая, когда в кувшин выливают содержимое первого термоса: $c_ч m_1 (100 - 60) = c_м m (60 - 20)$, где $c_ч$ – теплоемкость чая, m_1 – масса чая в первом термосе, $c_м$ – теплоемкость молока, m – его масса. Откуда следует, что $c_ч m_1 = c_м m$ (1). Для второго случая $c_ч m_2 (100 - 70) = c_м m (70 - 20)$ и, следовательно: $3c_ч m_2 = 5c_м m$ (2).

При выливании в кувшин чая из обоих термосов уравнение теплового баланса выглядит так: $c_q m_1(100 - T) + c_q m_2(100 - T) = c_M m(T - 20)$. Подставляя в это уравнение равенства (1) и (2), получаем: $c_M m(100 - T) + \frac{5}{3} c_M m(100 - T) = c_M m(T - 20)$. После сокращения и подсчетов находим температуру в кувшине $T = 78,2^\circ\text{C}$.

Ответ: $78,2^\circ\text{C}$.

6. Величина сопротивления рассчитывается по формуле $R = \rho l / S$. У второго нагревателя длина больше в 2 раза, а площадь сечения – в 4 раза больше, чем у первого. Следовательно, его сопротивление $R_2 = R_1 / 2$.

Выражение для мощности $W = I^2 R$. Нагреватели включены последовательно. Идущий через них ток одинаков, поэтому $W_2 = W_1 / 2 = 200 \text{ Вт}$.

Ответ: а) 200 Вт .

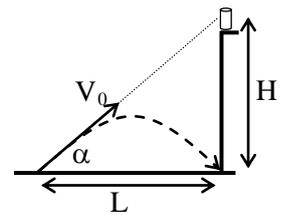
Теплоотдача пропорциональна разности температур нагревателя и окружающего воздуха и площади поверхности нагревателя: $W = kS(T - T_{\text{окр}})$, где k – некоторый коэффициент, одинаковый для обоих нагревателей. Для меньшего нагревателя: $W_1 = kS_1(T_1 - T_{\text{окр}})$ (1). Соответственно, для второго нагревателя: $W_2 = kS_2(T_2 - T_{\text{окр}})$.

Откуда, с учетом уже найденных соотношений: $W_1 / 2 = k \cdot 4S_1(T_2 - T_{\text{окр}})$ (2). Разделив уравнение (2) на (1), получаем $8 \cdot (T_2 - T_{\text{окр}}) = T_1 - T_{\text{окр}}$. Откуда, произведя подсчеты, находим температуру большего нагревателя $T_2 = 27,5^\circ\text{C}$.

Ответ: б) $27,5^\circ\text{C}$.

2010 год

1. Поставим начало координат в точке выстрела. Тогда уравнение движения камня по горизонтали $x = V_0 \cos \alpha \cdot t$, а по вертикали $y = V_0 \sin \alpha \cdot t - gt^2/2$. При падении камня $y = 0$, откуда следует $V_0 \sin \alpha = gt/2$, а координата $x = L$. Из рисунка видно: $H = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = V_0 \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot t = V_0 \sin \alpha \cdot t = gt^2/2$. Подставив числа, получаем высоту сарая $H = 10 \cdot 1^2/2 = 5 \text{ м}$.

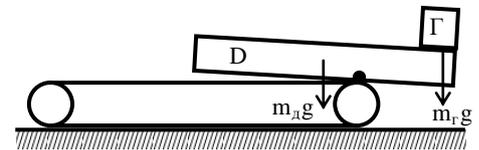


Ответ: 5 м.

2. Когда транспортер движется по ровной дороге со скоростью V , верхняя часть его ленты движется относительно дороги со скоростью $2V$. Т.к. ни груз, ни доска по ленте не скользят, то и скорость груза относительно дороги $2V = 10 \text{ см/с}$.

Ответ: а) 10 см/с.

Доска начнет терять равновесие, когда ее выдвинувшийся край с грузом начнет перевешивать. Считая, что груз маленький и лежит с самого края, а сила тяжести доски приложена к ее центру масс, по правилу рычага: $m_2 gl = m_0 g(L/2 - l)$, где L – длина доски, l – длина ее свешивающейся части. Откуда $l = m_0 L / 2(m_0 + m_2)$.



Масса доски равна $m_0 = \rho \cdot Lab = 500 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 0,02 = 30 \text{ кг}$. Подставив все известные величины, получим $l = 30 \cdot 3 / (30 + 10) = 2,25 \text{ м}$. Именно такое расстояние должна проехать доска относительно транспортера к этому моменту. Скорость доски относительно транспортера равна скорости ленты V . Поэтому равновесие доски нарушится через время $\Delta t = l/V = 225 \text{ см} / 5 \text{ см/с} = 45 \text{ с}$.

Ответ: б) 45 с.

3. Сила постоянная, ее величина и время ее действия видны из графика. Направление действия силы противоположно скорости каштана до столкновения, поэтому $V_k = V_0 - at = V_0 - (F/m) \cdot t = 20 - (300/0,1) \cdot 0,01 = -10 \text{ м/с}$.

Ответ: а) -10 м/с .

Если пренебречь силой трения, которая может действовать на Винни-Пуха, то при столкновении горизонтальный импульс сохраняется $mV_0 = mV_k + MV$, где m – масса каштана, M – масса Винни-Пуха, V – его скорость после столкновения, V_k – скорость каштана после столкновения с учетом знака $V_k < 0$. Откуда получаем $V = (V_0 - V_k)m/M = (20 + 10) \cdot 0,1/30 = 0,1 \text{ м/с}$.

Ответ: б) 0,1 м/с.

Выделившееся тепло по закону сохранения энергии равно разности кинетических энергий каштана и Винни-Пуха до и после столкновения. Таким

образом: $Q = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_k^2}{2} - \frac{MV^2}{2} = \frac{0,1 \cdot 20^2}{2} - \frac{0,1 \cdot 10^2}{2} - \frac{30 \cdot 0,1^2}{2} = 14,85 \text{ Дж}$.

Ответ: в) 14,85 Дж.

4. Можно вычислить объем попавшей в стакан ртути и воспользоваться формулой гидростатического давления. Но проще подсчитать давление на дно стакана так:

$$p = (m_{\text{воды}} + m_{\text{рт}})g/S.$$

За 50 сек в стакан упадет 500 капель ртути (по 10 каждую секунду). Их суммарная масса $m_{\text{рт}} = Nm_1 = 500 \cdot 1,36 \text{ г} = 0,68 \text{ кг}$. Произведя расчет, получим давление на дно стакана: $p = (0,2 + 0,68) \cdot 10 / 50 \cdot 10^{-4} \approx 1760 \text{ Па}$.

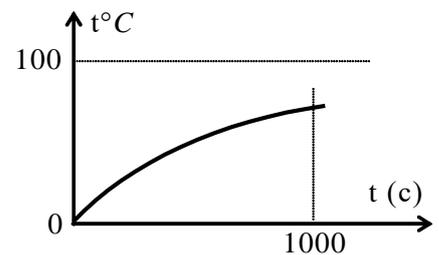
Ответ: а) $\approx 1760 \text{ Па}$.

Запишем уравнение теплового баланса: $c_e m_e (T - T_e) = c_p m_p (T_p - T)$. Подставив числа и учтя, что начальная температура воды $T_e = 0^\circ\text{C}$, получим: $T = 140 \cdot 0,68 \cdot 100 / (4200 \cdot 0,2 + 140 \cdot 0,68) \approx 10,2^\circ\text{C}$.

Ответ: б) $\approx 10,2^\circ\text{C}$.

По мере увеличения количества ртути в стакане температура в нем все более увеличивается, приближаясь к 100°C , никогда, впрочем, ее не достигая. Дополнительно, сделав для 1000 сек расчеты, аналогичные произведенным для 50 сек, можно убедиться, что к этому времени температура в стакане поднимется примерно до 70°C .

Ответ: в) см. график.



5. В данном случае (лампочки подключаются к одинаковому напряжению) для подсчета мощности удобнее воспользоваться формулой $W = U^2/R$. Тогда легко увидеть, что $W_2/W_1 = R_1/R_2$. Сопротивление задается формулой $R = \rho L/S$. Удельные сопротивления проволочек одинаковые, длины отличаются в 2 раза, а площади сечения, следовательно, в 4 раза. В итоге $W_2/W_1 = R_1/R_2 = 2$.

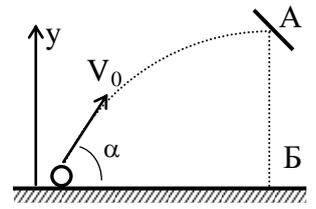
Ответ: а) Незнайке удалось получить в 2 раза большую мощность.

Мощность второй лампочки в 2 раза больше. Но скорость потери тепла из-за теплообмена с окружающим воздухом зависит от площади поверхности, которая у второй лампочки в 4 раза больше. Поэтому вторая проволочка холоднее.

Ответ: б) выше температура первой проволочки.

2011 год

1. При упругом отскоке в точке Б скорость изменит направление на обратное, и шарик повторит весь путь к начальной точке, т.к. при упругом отражении в А скорость по величине также сохранится. Дальше от начальной точки шарик полетит влево под тем же углом α (при упругом отскоке угол отражения равен углу падения) по параболе.



Все отскоки упругие, поэтому механическая энергия во время всего движения сохраняется. Так как точка Б находится на земле (как и начальная), то изменения потенциальной энергии нет. Поэтому $V_B = V_0$. Найти начальную скорость V_0 можно, например, из сохранения энергии $\Delta E_k + \Delta E_n = 0$. Горизонтальная скорость при полете до точки А (верхняя точка траектории) не меняется, а вертикальная скорость в ней $V_y = 0$, поэтому $-mV_{0y}^2/2 + mgH = 0$. Так как бросок произведен под углом 45° , то $V_{0y} = V_0 \sin \alpha = V_0/\sqrt{2}$. Поэтому $V_0 = 2\sqrt{gH}$.

Ответ: б) $2\sqrt{gH}$.

2. Наибольшее тепловыделение (т.е. уменьшение кинетической энергии) происходит при абсолютно неупругом ударе. Для такого столкновения можно написать:

$$\begin{cases} \frac{mV_0^2}{2} = \frac{(2m)V_1^2}{2} + Q & \text{— закон сохранения энергии;} \\ mV_0 = (2m)V_1 & \text{— закон сохранения импульса.} \end{cases}$$

Получается: $Q = mV_0^2/4$. Т.к. оба ядра расплавились: $Q = 2mc\Delta T + 2m\lambda$. Откуда следует: $V_0 = \sqrt{8c(T_{пл} - T_{нач}) + 8\lambda} \approx \sqrt{8 \cdot 140 \cdot 300 + 8 \cdot 2,5 \cdot 10^4} \approx 712 \text{ м/с}$.

Такая или большая скорость для ядра вполне возможна.

Ответ: $V_0 \geq 712 \text{ м/с}$.

3. Энергия от спирали чайника идет на нагрев воды: $kWt = cm\Delta T$, где k — КПД чайника, W — его мощность, m — масса воды, c — ее удельная теплоемкость. Т.к. начальная температура воды одинакова, а КПД чайника не меняется, то $W_1 t_1 / W_2 t_2 = m_1 / m_2$. Откуда для времени закипания воды во втором случае получается $t_2 = t_1 \cdot W_1 m_2 / W_2 m_1 = t_1 \cdot 1/2 \cdot 2 \cdot W_1 / W_2$.

Мощность чайника: $W = U^2/R$, где U — напряжение в сети, R — сопротивление спирали. Т.к. сопротивление чайника не менялось, то $W_1/W_2 = U_1^2/U_2^2 = 2,2^2$.

В итоге $t_2 = t_1 \cdot 1/2 \cdot 2 \cdot 2,2^2 = 2,2 t_1 = 220 \text{ с}$.

Ответ: 220 с.

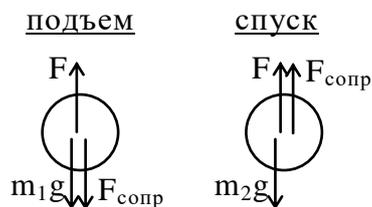
4. Пусть сопротивления лампочек R_1 и R_2 , напряжение в сети U . Тогда при последовательном соединении лампочек (случай А) ток в цепи равен $I = U / (R_1 + R_2)$. Мощность первой лампочки (для нее эта мощность задана в условии) равна $W_{1A} = I^2 R_1 = U^2 R_1 / (R_1 + R_2)^2$ (1), а второй $W_{2A} = I^2 R_2 = U^2 R_2 / (R_1 + R_2)^2$ (2). При параллельном соединении лампочек их мощности равны $W_{1B} = U^2 / R_1$ (3) для первой и $W_{2B} = U^2 / R_2$ (4) для второй.

Из (1) и (3) следует $(R_1 + R_2)^2 / R_1^2 = W_{1A} / W_{1B}$, откуда $R_2 = \sqrt{W_{1B} / W_{1A}} \cdot R_1 - R_1$. После подстановки известных значений мощностей $R_2 = (\sqrt{160/22,5} - 1) R_1 = \frac{5}{3} R_1$.

Выражая U^2 из (3) и подставляя найденное значение R_2 в (2), находим мощность второй лампочки для последовательного соединения: $W_{2A} = W_{1A} R_2 / R_1 = \frac{5}{3} W_{1A}$, численно $W_{2A} = 37,5 \text{ Вт}$. Для второго случая (параллельное соединение), так же используя (3) и подставляя в (4), находим $W_{2B} = W_{1B} R_1 / R_2 = \frac{3}{5} W_{1B} = 96 \text{ Вт}$.

Ответы: для последовательного – 37,5 Вт, для параллельного – 96 Вт.

5. И при подъеме, и при спуске на шар действуют сила тяжести бутылки, подъемная сила шара (сила Архимеда минус сила тяжести гелия) и сила сопротивления воздуха. Так как подъем и спуск осуществляются равномерно, то сумма сил в обоих случаях равна нулю.



Сила сопротивления зависит от скорости, но так как подъем и спуск происходят с одинаковой скоростью, то по величине сила сопротивления одинакова. А вот направления у нее при подъеме и спуске разные. При подъеме $F - m_1 g - F_{сопр} = 0$ (1), при спуске $F - m_2 g + F_{сопр} = 0$ (2), где F – подъемная сила шара с гелием, равная $F = F_{Арх} - F_{тяж} = \rho_{возд} g V - \rho_{гелия} g V = (\rho_{возд} - \rho_{гелия}) g V$.

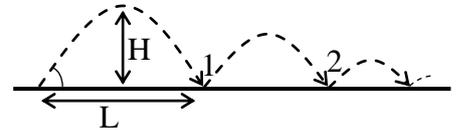
Сложив уравнения (1) и (2), получим $2F - m_1 g - m_2 g = 0$. Выразив отсюда F , получим $F = (m_1 + m_2) g / 2 = (\rho_{возд} - \rho_{гелия}) g V$. Откуда, подставив числа, находим объем шара $V = (m_1 + m_2) / 2 (\rho_{возд} - \rho_{гелия}) = (0,45 + 0,55) / 2 (1,2 - 0,2) = 0,5 \text{ м}^3$.

Ответ: 0,5 м³.

2012 год

1. Высота наибольшего подъема мячика $H = (V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha) / 2g$, а максимальная дальность полета до первого соударения $L = (2V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / g$. После первого отскока: $H_1 = (V_1^2 \cdot \sin^2 \alpha) / 2g$ и $L_1 = (2V_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / g$.

Поэтому $H_1/H = L_1/L = V_1^2/V^2$. По условию скорость отскока уменьшается на 50%, т.е. $V_1/V = 1/2$. Поэтому $H_1/H = L_1/L = 1/4$. В итоге: $H_1 = H/4 = 1,25$ м и $L_1 = L/4 = 5$ м.



Ответ: а) $H_1 = 1,25$ м; $L_1 = 5$ м.

Как бы мячик ни отскакивал (т.е. сколько бы энергии ни терял при отскоке), в конечном итоге, после всех отскоков, вся его начальная кинетическая энергия перейдет в тепло: $mV_0^2/2 = cm \cdot \Delta T$. Так как $V_0^2 = 2gH/\sin^2 \alpha = 4gH$ (учитывая, что бросок был сделан под углом 45° , т.е. $\sin^2 \alpha = 1/2$), то в конце мячик нагреется на $\Delta T = V_0^2/2c = 2gH/c = (2 \cdot 10 \cdot 5)/200 = 0,5^\circ\text{C}$.

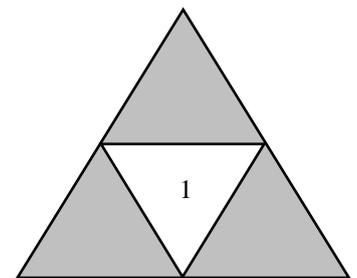
Ответ: б) $0,5^\circ\text{C}$.

2. Пусть сопротивление каждой грелки равно R . Напряжение на 1-й грелке равно U , такое же напряжение в сумме на 2-й и 3-й грелках, но их суммарное сопротивление равно $2R$. Поэтому, если через 1-ю грелку идет ток $I_1 = U/R$, то ток через 2-ю и 3-ю грелки в 2 раза меньше: $I_2 = U/2R = I_1/2$. Следовательно, мощность нагрева $W = I^2R$ второй и третьей грелок меньше, чем первой, и они холоднее.

Можно подсчитать, во сколько раз отличаются эти мощности. Для 1-й грелки $W_1 = I_1^2R = U^2/R$, для двух других $W_2 = I_2^2R = U^2/4R = W_1/4$. По условию нагрев пропорционален мощности: $\Delta T = (T_2 - T_k) \propto W$, где T_2 – температура грелки, T_k – температура воздуха в комнате. Таким образом $W_1/W_2 = (T_1 - T_k)/(T_2 - T_k)$, и численно $4 = (40 - T_k)/(13 - T_k)$. После расчетов: $T_k = 4^\circ\text{C}$.

Ответ: б) 4°C .

3. Хотя в условии прямо не сказано, но на рисунке хорошо видно: треугольные вырезы делают так, что вершины вырезаемого треугольника находятся на серединах сторон "большого" треугольника. Получаются четыре "меньших" треугольника одинаковой площади, один из которых вырезают. Следовательно, при первом вырезе от площади сечения проводника остается три четверти: $S_1 = \frac{3}{4}S_0$.

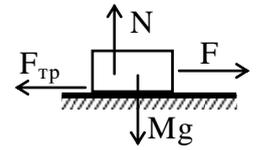


Делая второй вырез, поступают точно так же. Поэтому $S_2 = \frac{3}{4}S_1 = (\frac{3}{4})^2 S_0$. После четвертого этапа от площади сечения проводника останется $S_4 = (\frac{3}{4})^4 S_0$.

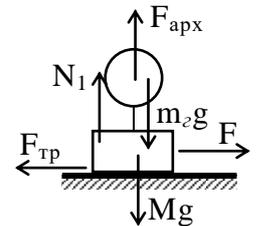
Сопротивление проводника рассчитывается по формуле $R = \rho L/S$, где ρ – удельное сопротивление проводника, L – его длина, S – площадь поперечного сечения. Так как при вырезании изменяется только площадь сечения проводника, то $R/R_0 = S_0/S$. В итоге $R = R_0 \cdot (4/3)^4 = 162 \cdot (256/81) = 512 \text{ Ом}$.

Ответ: 512 Ом.

4. Если груз покоится, то сумма сил, действующих на него, равна нулю. В случае груза без шара по горизонтали $F = F_{mp}$, по вертикали $N = F_{тяж} = Mg$. Для силы трения справедливо $F_{mp} \leq \mu N$, где μ – коэффициент трения. Откуда $\mu \geq F_{mp}/N = F_{mp}/Mg$. Подставив числа, получаем $\mu \geq 600/(300 \cdot 10) = 0,2$.



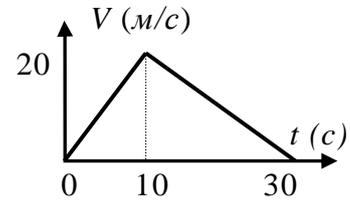
При наличии шара на систему в целом по вертикали вверх действуют сила реакции опоры (по величине она изменится) и сила Архимеда, а вниз – силы тяжести груза и шара (точнее, гелия в шаре, т.к. массой оболочки пренебрегаем): $F_{арх} + N_1 = Mg + m_2g$, т.е. $N_1 = Mg + \rho_2 Vg - \rho_6 Vg = Mg + Vg(\rho_2 - \rho_6)$. Если силой F тело удалось сдвинуть, то $F \geq F_{mp} = \mu N_1$, откуда получается $\mu \leq F/N_1 = 600/((300 + 5 \cdot (0,2 - 1,4)) \cdot 10) \approx 0,204$.



Ответ: коэффициент трения лежит в пределах $0,2 \leq \mu \leq 0,204$.

2013 год

1. При движении по льду ускорение саней равно $a_1 = F/M = 400/200 = 2 \text{ м/с}^2$. Набранную санями к концу движения по льду скорость (это будет максимальная скорость саней) проще всего найти из энергетических соображений: $A = FL = MV^2/2 \Rightarrow V = \sqrt{2FL/M} = \sqrt{2 \cdot 400 \cdot 100/200} = 20 \text{ м/с}$. Теперь найдем время разгона саней: $t_1 = V/a = 20/2 = 10 \text{ с}$. Время торможения на грунте будет в 2 раза больше $t_2 = 20 \text{ с}$, так как пройденный по грунту путь в 2 раза больше, а изменение скорости – такое же.



Ответ: а) см. график.

Ускорение саней на грунте равно

$a_2 = -V/t_2 = -20/20 = -1 \text{ м/с}^2$. Из второго закона Ньютона $Ma_2 = F - \mu Mg$

получим: $\mu = (F - Ma_2)/Mg = (400 - 200 \cdot (-1))/(200 \cdot 10) = 0,3$.

Такой же результат можно получить и из энергетических соображений. Так как в начале и в конце скорость равна 0, то за весь путь $A_F + A_{mp} = 0$. Откуда получим:

$F \cdot (L + 2L) - \mu Mg \cdot 2L = 0$. И далее: $\mu = 3F/2Mg = (3 \cdot 400)/(2 \cdot 200 \cdot 10) = 0,3$.

Ответ: б) 0,3.

2. Скорость остывания пропорциональна площади, которая у "большого" карлика больше. А количество теплоты, которую нужно отдать при остывании на 1° , пропорционально массе, которая у "большого" карлика меньше. Следовательно, "большой" карлик и отдает тепло быстрее, и запас тепла в нем меньше.

Ответ: а) быстрее.

Пусть мощность, теряемая карликом с единицы поверхности w (измеряется в Вт/м^2 и как-то зависит от температуры). Тогда полная мощность остывания $P = wS$, а полное отданное за какое-то время тепло $Q = Pt = wSt$. Количество тепла, требуемого при остывании на Δt° , равно $cm \cdot \Delta t^\circ$.

Температуры и состав карликов одинаковы, поэтому величины w и удельные теплоемкости c у них одинаковы, а при увеличении радиуса в 2 раза площадь растет в 4 раза. Поэтому для "маленького" карлика: $c \cdot 8M \cdot \Delta t^\circ = w \cdot S_m t_m$. Для "большого": $c \cdot M \cdot \Delta t^\circ = w \cdot 4S t_o$. Поделив равенства друг на друга, получим:

$$8 = \frac{t_m}{4t_o}. \text{ Отсюда } t_o = \frac{t_m}{32}.$$

Ответ: б) ≈ 25 тыс. лет.

3. Чтобы не было погружения, добавка к силе тяжести каждую минуту должна компенсироваться таким же по величине увеличением силы Архимеда:

$$(\Delta m_{\text{рыб}} + \Delta m_{\text{лед}})g = \Delta F_A = \rho_{\text{вод}}g \cdot \Delta V_{\text{лед}} = \rho_{\text{вод}}g \cdot \Delta m_{\text{лед}} / \rho_{\text{лед}}.$$

Откуда: $\Delta m_{\text{лед}} = \Delta m_{\text{рыб}} \cdot \frac{\rho_{\text{лед}}}{\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{лед}}}$. Требуемая для получения такой массы льда

мощность:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{\lambda \cdot \Delta m_{\text{лед}}}{\Delta t} = \frac{\lambda}{\Delta t} \cdot \Delta m_{\text{рыб}} \cdot \frac{\rho_{\text{лед}}}{\rho_{\text{вод}} - \rho_{\text{лед}}} = \frac{330000}{60} \cdot 100 \cdot \frac{900}{1000 - 900} = 4,95 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

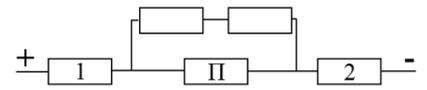
Ответ: $\approx 5 \text{ МВт}$.

4. Все трубочки в букве "И" соединены последовательно, и через них течет одинаковый ток: $I = U / R_{\text{общ}} = U / 5R$. Следовательно, мощность всех трубочек в

$$\text{букве "И" одинакова и равна } W = I^2 R = \left(\frac{U}{5R} \right)^2 R = \frac{U^2}{25R} = \frac{40^2}{25 \cdot 4} = 16 \text{ Вт}.$$

Ответ: а) 16 Вт.

Букву "А" можно заменить эквивалентной схемой (смотри рисунок). Полное сопротивление такой



схемы $R_{\text{общ}} = R + \frac{2R \cdot R}{2R + R} + R = \frac{8}{3}R$. Полный ток в

схеме $I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{3U}{8R}$. Он протекает через трубочки "1" и "2", напряжение на

которых $U_1 = U_2 = I_{\text{общ}} R = \frac{3}{8}U$. Напряжение на перекладине $U_{II} = U - U_1 - U_2 = \frac{1}{4}U$.

Значит, мощность трубочки на перекладине $W_{II} = \frac{U_{II}^2}{R} = \frac{1}{16} \frac{U^2}{R} = \frac{1}{16} \cdot \frac{40^2}{4} = 25 \text{ Вт}$.

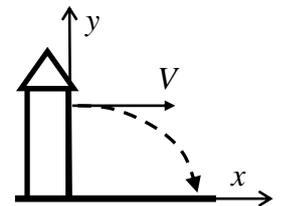
Ответ: б) 25 Вт.

5. Ядро летит по параболе, изменение координат: $x = Vt$, $y = H - gt^2/2$. При падении ядра $y = 0$, то есть $H - gt^2/2 = 0$.

Откуда время падения $t = \sqrt{2H/g}$, а дальность полета

$L = Vt = V \cdot \sqrt{2H/g}$. Таким образом, скорость ядра при вылете

из пушки: $V = L \cdot \sqrt{g/2H}$.



Закон сохранения импульса для пушки и ядра: $0 = m_{\text{пушка}} V_{\text{отд}} + m_{\text{ядро}} V$. Получаем:

$$V_{\text{отд}} = -\frac{m_{\text{ядро}} V}{m_{\text{пушка}}} = -\frac{m_{\text{ядро}}}{m_{\text{пушка}}} \cdot L \cdot \sqrt{\frac{g}{2H}} \approx -\frac{2}{200} \cdot 600 \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 45}} \approx -2 \text{ м/с}.$$

Ответ: $\approx -2 \text{ м/с}$.

2014 год

1. Пусть камень горизонтально вылетел со скоростью V с высоты L и пролетел расстояние $S=100L$. Камень летит по параболе, изменение горизонтальной и вертикальной координат соответственно: $x=Vt$, $y=L-gt^2/2$. При падении камня $y=0$, то есть $L-gt^2/2=0$. Откуда время падения $t=\sqrt{2L/g}$. По

$$\text{горизонтали: } V = \frac{S}{t} = 100L \cdot \sqrt{\frac{g}{2L}} \approx 200 \cdot \sqrt{\frac{10}{2 \cdot 2}} = 100\sqrt{10} \approx 316 \text{ м/с.}$$

Ответ: а) $\approx 316 \text{ м/с}$.

Работа катапульты (без учета потерь на трение) идет на изменение кинетической и потенциальной энергии камня. Значит, наименьшая работа:

$$A = mgL + \frac{mV^2}{2} \approx 10 \cdot 10 \cdot 2 + \frac{10 \cdot 316^2}{2} \approx 500,2 \text{ кДж.}$$

Ответ: б) $\approx 500,2 \text{ кДж}$.

2. Масса мороженого в первом ведерке (том, из которого никто не ел) больше, значит, при той же мощности отъема тепла оно будет охлаждаться от температуры замерзания 0°C до конечной температуры -20°C дольше второго ведерка, в котором мороженого меньше. Следовательно, мороженое в первом (полном) ведерке полностью замерзло раньше.

Ответ: а) в полном.

Пусть масса мороженого в полном ведерке M , Хрюля съел массу m , мощность отъема тепла P . В первом ведерке сначала половина массы мороженого замерзает, а затем вся масса охлаждается от $t_{\text{нл}}^\circ = 0^\circ\text{C}$ до конечной температуры $t_{\text{к}}^\circ = -20^\circ\text{C}$: $Pt_1 = Q_1 = \lambda M/2 + c_1 M(t_{\text{нл}}^\circ - t_{\text{к}}^\circ)$, где t_1 – полное время охлаждения.

Во втором ведерке вся оставшаяся масса мороженого ($M-m$) сначала охлаждается от $t_{\text{н}}^\circ = 35^\circ\text{C}$ до температуры замерзания 0°C , затем замораживается, и потом доводится до конечной температуры:

$$Pt_2 = Q_2 = c_2(M-m)(t_{\text{н}}^\circ - t_{\text{нл}}^\circ) + \lambda(M-m) + c_1(M-m)(t_{\text{нл}}^\circ - t_{\text{к}}^\circ).$$

По условию $t_1 = t_2$, следовательно $Q_1 = Q_2$. Откуда получаем:

$$\frac{M-m}{M} = \frac{\lambda/2 + c_1(t_{\text{нл}}^\circ - t_{\text{к}}^\circ)}{c_2(t_{\text{н}}^\circ - t_{\text{нл}}^\circ) + \lambda + c_1(t_{\text{нл}}^\circ - t_{\text{к}}^\circ)} = \frac{160000 + 2000 \cdot 20}{4000 \cdot 35 + 320000 + 2000 \cdot 20} = \frac{2}{5}.$$

И далее: $M = 5m/3 = 5 \cdot 450/3 = 750 \text{ г}$.

Ответ: б) 750 г .

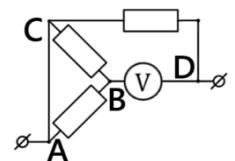
3. Напряжение на вольтметре между точками B и D : $U_V = U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = IR + IR = 2IR$. Ток в цепи равен $I = U_0/3R$. Откуда $U_0 = 3IR = \frac{3}{2}U_V = 3 \cdot 2,4/2 = 3,6 \text{ В}$.

Ответ: а) $3,6 \text{ В}$.

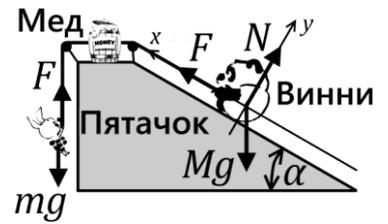
Если соединить проводом точки A и C и развернуть схему (раздвинуть клеммы источника и оттянуть влево вверх точку C , а точку B – вправо вниз), то получится схема, изображенная на рисунке.

При этом через участки AB и CB ток не идет, так как точки A и C накоротко замкнуты проводом. Значит: $U_{AB} = U_{CB} = 0$ и $U_V = U_{BD} = U_0 = 3,6 \text{ В}$.

Ответ: б) $3,6 \text{ В}$.



4. Когда масса Винни максимальна, Пятачок поднимает его равномерно, без ускорения. Запишем второй закон Ньютона для Пятачка и Винни-Пуха (вдоль оси X): $0 = mg - F$ и $0 = F - Mg \cdot \sin \alpha$ соответственно. Откуда $mg = Mg \cdot \sin \alpha$, т.е. $M = 2m = 24 \text{ кг}$.



Ответ: а) 24 кг.

При появлении трения добавится сила трения $F_{mp} \leq \mu N$, действующая на Винни-Пуха вдоль оси X вверх, так как потяжелевший Винни пытается съехать вниз:

$$\begin{cases} Ma = F + F_{mp} - Mg \cdot \sin \alpha \geq 0 & (\text{вдоль оси } X) \\ 0 = N - Mg \cdot \cos \alpha & (\text{вдоль оси } Y) \end{cases} \Rightarrow F + \mu Mg \cdot \cos \alpha - Mg \cdot \sin \alpha \geq 0.$$

Подставив $F = mg$, получим: $\mu \geq \operatorname{tg} \alpha - \frac{F}{Mg \cdot \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha - \frac{m}{M \cdot \cos \alpha} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{12}{50} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 0,3$.

Ответ: б) $\mu \geq 0,3$.

5. Раз цилиндр нагревается во много раз быстрее, чем остывает, теплотери при нагреве можно не учитывать. Мощность нагрева $W = U^2/R$, при этом $R = \rho l/S$, где ρ – удельное сопротивление, l – длина цилиндра, S – площадь его сечения. Количество тепла, которое необходимо сообщить цилиндру: $Q = cM \cdot \Delta t^\circ = Wt$.

Итак, для первого цилиндра: $\frac{U^2}{R} t_1 = \frac{U^2 S}{\rho l} t_1 = cm(t^\circ_{nl} - t^\circ_0)$, где $t_1 = 10 \text{ сек}$.

При увеличении линейных размеров в 3 раза площадь сечения увеличивается в $3^2=9$ раз, а масса (пропорционально объему) – в $3^3=27$ раз. Для второго цилиндра

получим: $\frac{U^2}{R} t_2 = \frac{U^2 \cdot 9S}{\rho \cdot 3l} t_2 = c \cdot 27m(t^\circ_{nl} - t^\circ_0)$. Откуда $\frac{U^2 S}{\rho l} t_2 = 9cm(t^\circ_{nl} - t^\circ_0)$.

Сравнив выражения, получим: $t_2 = 9t_1 = 90 \text{ сек}$.

Ответ: а) 90 с.

Скорость теплотерь пропорциональна площади поверхности, то есть для большого цилиндра увеличивается в 9 раз. Полная запасенная теплота пропорциональна массе (объему) и увеличивается в 27 раз. Значит, большой цилиндр будет остывать дольше примерно в $27/9=3$ раза.

Ответ: б) большой цилиндр будет остывать дольше маленького.

2015 год

1. При последовательном соединении токи в проводах одинаковы. По определению, сила тока – заряд, прошедший через сечение проводника за единицу времени. Поскольку площади сечения проводников и их вещества одинаковы, то и скорости электронов в них одинаковы.

Ответ: а) одинаковы.

При параллельном соединении на проводах одинаковые напряжения. Так как у более длинного провода сопротивление больше, то ток через него $I = U/R$ идет меньший. Следовательно, в более длинном проводе скорость электронов будет меньше.

Ответ: б) в коротком.

Чем больше скорость электронов, тем больше сила тока. Поскольку у одинаковых проводов сопротивление на единицу длины R_L одно и то же, то и мощность выделения тепла $I^2 R_L$ на участниках одинаковой длины одинакова, то есть одинаков нагрев.

Ответ: в) предположение верно.

2. При отсутствии сопротивления вся потенциальная энергия льда при падении перейдет в кинетическую, но в реальности лишь часть кинетической пойдет на нагрев льда, его плавление, нагрев образовавшейся воды и ее дальнейшее испарение, то есть: $mgh = mV^2/2 \geq c_l m \Delta T_l + \lambda m + c_g m \Delta T_g + Lm$.

$$\text{Откуда: } H \geq \frac{c_l \Delta T_l + \lambda + c_g \Delta T_g + L}{g} = \frac{2100 \cdot 40 + 336000 + 4200 \cdot 100 + 2100000}{10} \approx 300 \text{ км.}$$

При отсутствии сопротивления движение льда равноускоренное: $h = gt^2/2$.

$$\text{Следовательно, } t = \sqrt{2h/g} \approx \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 10^5 / 10} \approx 247 \text{ с.}$$

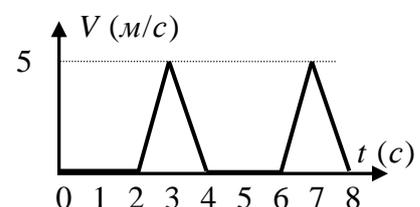
Примечание: Эта оценка наименьшая – учет силы сопротивления, неполной теплопередачи льду при ударе и некоторого уменьшения значения ускорения свободного падения с высотой лишь усилит неравенства и увеличит значения высоты и времени полета.

Ответ: а) ≈ 247 с.

Описанное Мюнхгаузеном невозможно как минимум по двум причинам. Во-первых, на высотах порядка 300 км (или выше) земная атмосфера разрежена настолько, что никакие воздушные шары там летать не могут. Во-вторых, если бы кусок льда и достиг скорости $V = \sqrt{2gh} \geq 2450 \text{ м/с}$, то из-за трения о реальную атмосферу на низких высотах лед нагрелся, расплавился и частично испарился еще до удара о землю.

Ответ: б) Мюнхгаузен преувеличил.

3. На ровной дороге сила трения почти не влияет на движение кареты, и Тянитолкай создает единственную значимую горизонтальную силу. При этом каждую 3-ю секунду $a = F/m = 5000/1000 = 5 \text{ м/с}^2$, и график $a(t)$ по форме полностью совпадает с графиком $F(t)$. За каждую 3-ю секунду скорость кареты линейно



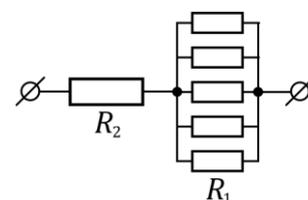
увеличивается на $\Delta V = a \cdot \Delta t = 5 \cdot 1 = 5 \text{ м/с}$, а каждую 4-ю – так же линейно уменьшается до нуля.

Ответ: а) см. график.

Путь, пройденный каретой за 4 секунды (это период работы Тянитолка), проще всего определить как площадь под графиком $V(t)$, то есть $S(4) = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 2 = 5 \text{ м}$. В сутках $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 \text{ с}$, то есть в сутках $86400/4 = 21600$ периодов работы Тянитолка и, следовательно, столько же периодов движения кареты. Таким образом, за сутки карета переместится на $21600 \cdot 5 \text{ м} = 108 \text{ км}$, а за трое суток – на $108 \cdot 3 = 324 \text{ км}$. После того, как Тянитолкай все перепутал, сила $F(t)$ и ускорение $a(t)$ поменяли знак. Значит, поменялось направление скорости, и карета поехала в обратную сторону. За четверо суток она проедет $108 \cdot 4 = 432 \text{ км}$ и в итоге переместится на $\Delta x = -108 \text{ км}$.

Ответ: б) на расстоянии 108 км в сторону, обратную Африке.

4. Края всех пяти "лепестков" соединены общим кольцевым проводом без сопротивления, то есть они подсоединены параллельно и схему можно перерисовать так, как показано на рисунке. Обозначим сопротивление "лепестка" как R_1 , "листа" – R_2 . Пусть общий ток в схеме I , тогда ток через каждый "лепесток" будет равен $I_1 = I/5$, мощность каждого "лепестка" – $W_1 = I^2 R_1 / 25$, мощность "листа" – $W_2 = I^2 R_2$. По условию $W_1 = W_2$, следовательно $R_1 = 25 R_2$. Общее сопротивление цепи $R_{\text{общ}} = R_2 + R_1 / 5 = 6 R_2$.



Суммарная мощность "листа" и 5-ти "лепестков": $W_{\text{общ}} = 6 W_2 = U^2 / R_{\text{общ}} = U^2 / 6 R_2$. Откуда $R_2 = U^2 / 36 W_2 = 300^2 / (36 \cdot 50) = 50 \text{ Ом}$ и $R_1 = 25 \cdot 50 = 1250 \text{ Ом}$.

Ответ: а) сопротивление "листа" 50 Ом, сопротивление "лепестка" 1250 Ом.

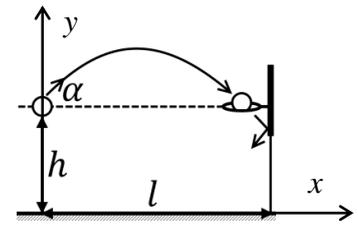
Если один "лепесток" перегорел, то общее сопротивление $R_{\text{общ}} = R_2 + R_1 / 4$ увеличилось. Следовательно, общий ток I уменьшился. Поэтому мощность "листа" $W_2 = I^2 R_2$ тоже стала меньше.

Напряжение на "лепестках" $U_1 = U - U_2 = U - I R_2$ увеличилось. Поэтому мощность каждого "лепестка" $W_1 = U_1^2 / R_1$ стала больше.

Ответ: б) мощность "листа" уменьшилась, мощность "лепестков" возросла.

2016 год

1. В начале и в конце полета до кольца координаты мяча: $y_0 = y_k = h$, $x_0 = 0$, $x_k = l$. Поэтому $x_k = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_k = l$ и $y_k = h + V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_k - g t_k^2 / 2 = h$. Выразив из второго уравнения время полета мяча $t_k = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$ и подставив в первое, получим: $l = \frac{2V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$.



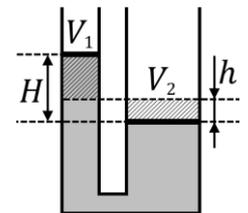
Откуда находим скорость броска: $V_0 = \sqrt{\frac{lg}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}} \approx \sqrt{\frac{8,66 \cdot 10}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} \approx 10 \text{ м/с}$.

Ответ: а) $\approx 10 \text{ м/с}$.

Можно было разбить траекторию полета мяча на участки от броска до щита и от щита до падения на землю, но можно решить проще. Где бы ни был щит, упругий удар об него не влияет на движение мяча по вертикали, то есть и после отскока от щита координата y меняется так: $y = h + V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - g t^2 / 2$. При падении на землю $y = 0$, откуда, подставив числа, получим уравнение: $2,8 + 5t - 5t^2 = 0$. Решив уравнение и взяв корень $t > 0$, найдем $t \approx 1,4 \text{ с}$.

Ответ: б) $\approx 1,4 \text{ с}$.

2. В установившемся равновесии (на рисунке гири не нарисована, чтобы не загромождать чертеж) объем воды, вытесненный в правом сосуде (V_2), равен объему воды, поднятому в левом (V_1): $(H - h)S_1 = hS_2 = h \cdot 2S_1$. Откуда $H = 3h$.

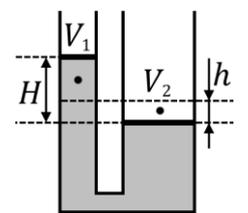


Добавочное давление в правом сосуде, создаваемое силой тяжести гири, в равновесии компенсируется давлением столба воды в левом: $mg/S_2 = \rho g H$.

В итоге: $h = \frac{H}{3} = \frac{m}{3\rho S_2} = \frac{3000 \text{ г}}{3 \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 200 \text{ см}^2} = 5 \text{ см}$.

Ответ: а) 5 см.

Выделившееся тепло равно убыли потенциальной энергии системы $Q = -\Delta E_n$. Потенциальная энергия гири изменилась на $\Delta E_g = -mgh$. К этому нужно прибавить изменение потенциальной энергии воды. Удобно считать, что объем V_2 из правого сосуда переместился в левый, и теперь занимает объем V_1 . Центр масс этого объема воды находится у него посередине, следовательно, он поднялся на $\frac{3}{2}h$



(см. рисунок). Поэтому $\Delta E_g = m_{ж} g \cdot \frac{3}{2}h = \rho g h S_2 \cdot \frac{3}{2}h = \frac{1}{3}mg \cdot \frac{3}{2}h = \frac{mgh}{2}$.

В итоге получим $Q = +mgh - \frac{mgh}{2} = \frac{mgh}{2} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 0,05}{2} = 0,75 \text{ Дж}$.

Ответ: б) 0,75 Дж.

3. При подключении с помощью более длинного провода общее сопротивление цепи растет, следовательно, уменьшается мощность ($W = U^2/R$) лампы.

Найдем сначала сопротивление одной лампы: $R = U^2/W_{нач} = 12^2/36 = 4 \text{ Ом}$. Теперь найдем ток через лампу в случае подключения ее на длинном проводе: $I = \sqrt{W_1/R} = \sqrt{16/4} = 2 \text{ А}$. Далее найдем сопротивление длинного провода:

$$I = \frac{U}{R + R_{np}} \Rightarrow R_{np} = \frac{U}{I} - R = \frac{12}{2} - 4 = 2 \text{ Ом}.$$

Сопротивление параллельного соединения 4-х ламп равно $R/4 = 4/4 = 1 \text{ Ом}$, а общее сопротивление всей цепи: $R_{общ} = R_{np} + R/4 = 2 + 1 = 3 \text{ Ом}$. Тогда общий ток в цепи равен $I_{общ} = U/R_{общ} = 12/3 = 4 \text{ А}$, а ток через одну лампу $I_1 = I_{общ}/4 = 1 \text{ А}$. В итоге получаем мощность одной лампы: $W_1 = I_1^2 R = 1^2 \cdot 4 = 4 \text{ Вт}$.

Ответ: б) 4 Вт.

4. На батискаф действуют четыре вертикальные силы: F – сила натяжения троса, mg – сила тяжести, $F_{сопр}$ – сила сопротивления, $F_{Арх}$ – сила Архимеда. Если батискаф просто висит на тросе (его скорость равна нулю), то $F_{сопр} = 0$, поэтому в этом случае $F + F_{Арх} - mg = 0$. Отсюда можно вычислить массу батискафа:

$$m = \frac{F + F_{Арх}}{g} = \frac{F + \rho g V}{g} = \frac{F_{V=0}}{g} + \rho V = \frac{600}{10} + 1000 \cdot 0,6 = 660 \text{ кг}.$$

Ответ: а) 660 кг.

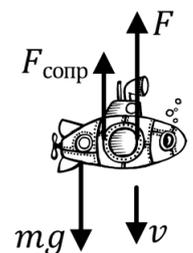
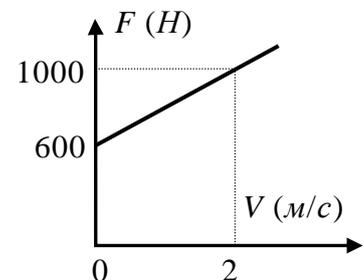
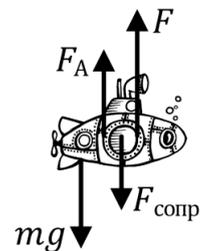
При движении батискафа дополнительная сила натяжения троса нужна для преодоления силы сопротивления. Из графика для силы натяжения троса видно, что эта дополнительная сила (по величине она равна силе сопротивления) с увеличением скорости батискафа растет линейно: $F_{сопр} = kV$. Из графика можно найти коэффициент k : при $V = 2 \text{ м/с}$ сила сопротивления $F_{сопр} = 1000 - 600 = 400 \text{ Н}$. Поэтому $k = 400/2 = 200 \text{ Н/(м/с)}$.

Когда трос обрывается, и батискаф тонет, через некоторое время устанавливается постоянная скорость падения. При этом $a = 0$, а сила сопротивления направлена вверх. Поэтому $F_{сопр} + F_{Арх} - mg = 0$.

Отсюда найдем установившуюся скорость падения батискафа:

$$V = \frac{mg - F_{Арх}}{k} = \frac{mg - \rho g V}{k} = \frac{600 \cdot 10 - 1000 \cdot 10 \cdot 0,6}{200} = 3 \text{ м/с}.$$

Ответ: б) 3 м/с.



2017 год

1. Сначала найдем скорость прыжка атлета. В начале и в конце прыжка его координаты: $y_0 = y_k = 0$, $x_0 = 0$, $x_k = L$. Поэтому $x_k = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_k = L$ и $y_k = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_k - gt_k^2/2 = 0$. Выразив из второго уравнения время полета $t_k = 2V_0 \cdot \sin \alpha / g$ и подставив в первое, получим дальность прыжка: $L = 2V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha / g$.

Откуда при $\alpha = 45^\circ$ находим $V_0 = \sqrt{gL} \approx 6 \text{ м/с}$.

Для второго прыжка в момент отбрасывания гирь пишем закон сохранения импульса по оси x : $(M + 2m)V_x = MV + 2m(V - U)$, где V_x – скорость атлета в верхней точке траектории, V – скорость атлета после отбрасывания гирь, $(V - U)$ – скорость гирь, причем $U = 10,6 \text{ м/с}$ – скорость их отлета относительно атлета. Выразим отсюда $V = V_x + \frac{2m}{M + 2m}U$.

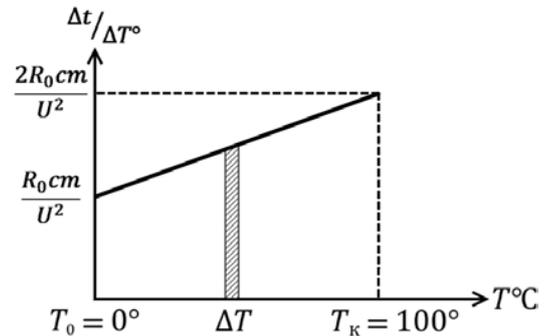
$$V = V_x + \frac{2m}{M + 2m}U$$

Дальность второго прыжка $L_2 = L/2 + V \cdot t_k/2$, где второе слагаемое – дальность второй части прыжка после отбрасывания гирь. Окончательно получаем:

$$L_2 = L + \frac{2mU}{M + 2m} \cdot \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \approx 3,6 + \frac{2 \cdot 10 \cdot 10,6}{80 + 2 \cdot 10} \cdot \frac{6 \cdot \sin 45^\circ}{10} \approx 4,5 \text{ м}.$$

Ответ: $\approx 4,5 \text{ м}$.

2. После включения нагревателя за небольшое время Δt вода получит количество тепла, равное $\Delta Q = cm \cdot \Delta t^\circ = P \cdot \Delta t = U^2/R \cdot \Delta t$. Далее, для подсчета общего времени нагрева воды удобно выяснить, как меняется величина $\alpha = \Delta t / \Delta t^\circ = cmR/U^2 = \frac{cmR_0}{U^2} \cdot \left(1 + \frac{t_0}{100}\right)$.

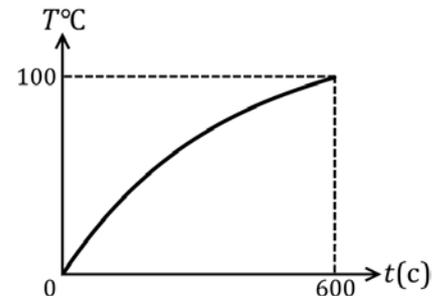


Если теперь построить график зависимости этой величины от температуры $\alpha(t^\circ)$, то площадь под графиком как раз и даст искомое время нагрева от 0°C до 100°C :

$$t = \frac{3}{2} \cdot \frac{cmR_0}{U^2} \cdot (t_{100}^\circ - t_0^\circ) = \frac{3}{2} \cdot \frac{4200 \cdot 2,1 \cdot 20}{210^2} \cdot (100 - 0) = 600 \text{ с}.$$

Ответ: а) 600 с.

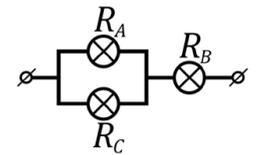
Из графика $\alpha(t^\circ)$ видно, что величина α за время нагрева увеличивается в 2 раза. Значит, обратная величина $\Delta t^\circ / \Delta t$, т.е. скорость нагрева, за все время в 2 раза уменьшается. На графике зависимости температуры от времени $t^\circ(t)$ скорость соответствует углу наклона графика.



Разумеется, такой график можно обосновать и из качественных физических соображений. По условию сопротивление нагревателя увеличивается с ростом температуры, следовательно, мощность нагрева падает.

Ответ: б) смотри график.

3. Согласно формуле для расчета номинальной мощности $P = U^2/R$ из условия получаем $R_A = R_B < R_C$. В схеме лампы A и C соединены параллельно, поэтому напряжения на них одинаковы, и из $R_A < R_C$ следует $P_A > P_C$. Лампы A и B имеют равные сопротивления, но ток, идущий через лампу B, равен сумме токов через A и C. Следовательно $I_B > I_A$, и $P_B > P_A$, т.к. $P = I^2 R$. В итоге получаем $P_B > P_A > P_C$.

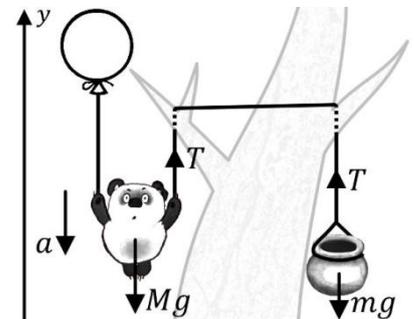


Ответ: а) ярче горит лампа B.

Вычислим $R_A = R_B = U^2/P_A = 220^2/110 = 440 \text{ Ом}$ и $R_C = U^2/P_C = 220^2/44 = 1100 \text{ Ом}$. Общее сопротивление ламп в схеме $R_{\text{общ}} = R_B + R_A \cdot R_C / (R_A + R_C)$, а общий ток через них $I_{\text{общ}} = U_1 / R_{\text{общ}} = 380 \cdot 12 / 7 \cdot 440 \approx 0,504 \text{ А}$. То есть значение общего тока больше, чем пороговый ток предохранителя.

Ответ: б) предохранитель разомкнет цепь.

4. Поскольку Винни тяжелее горшочка (ведь шарик тянул медвежонка вверх), то когда шарик лопнул, Винни ускоряется вниз, а горшочек – вверх. Если пренебречь трением, то сила натяжения, действующая на Винни и на горшочек, одинакова. Тогда второй закон Ньютона в проекции на ось y для горшочка $ma = T - mg$, а для Винни $-Ma = T - Mg$. Вычитая уравнения, чтобы исключить из них неизвестную величину силы T, получим $Mg - Ma = ma + mg$. Откуда $m = M(g - a)/(g + a) \approx 9 \cdot (10 - 2)/(10 + 2) = 6 \text{ кг}$.



Ответ: а) $\approx 6 \text{ кг}$.

Пока шарик не лопнул, он имел подъемную силу $F = F_{\text{Арх}} - F_{\text{тяж}}$. Если считать оболочку практически невесомой, то $F = \rho_g gV - \rho_c gV$. Эта сила вместе с силой тяжести горшочка уравнивали Винни: $Mg = mg + F$. В итоге получаем:

$$V = (M - m)/(\rho_g - \rho_c) \approx (9 - 6)/(1,4 - 0,2) \approx 2,5 \text{ м}^3.$$

Ответ: б) $\approx 2,5 \text{ м}^3$.

2018 год

1. Обозначим расстояние от батареи до места повреждения x , а сопротивление кабеля в месте пробоя r . Когда концы кабеля разомкнуты, ток может протекать только через повреждение, которое можно считать проводником с сопротивлением r . Тогда суммарное сопротивление складывается из сопротивления двух проводов длиной x каждый и сопротивления места пробоя r : $R_1 = 2x\rho + r = U/I_1 = 15 \text{ Ом}$. Если замкнуть концы кабеля, то в этом случае к месту пробоя параллельно подключается оставшаяся часть кабеля длиной $2(L-x)$, и общее сопротивление становится другим:

$$R_2 = 2\rho x + \frac{r \cdot 2\rho(L-x)}{r + 2\rho(L-x)} = \frac{U}{I_2} = 8\frac{1}{3} \text{ Ом}.$$

Выразив из первого уравнения r и подставив его во второе уравнение, для x получим квадратное уравнение $4\rho^2 x^2 - 4\rho R_2 x + (R_1 R_2 + 2\rho L(R_2 - R_1)) = 0$. Решая уравнения, получим два корня: $x_{1,2} = \left(R_2 \pm \sqrt{(R_2 - R_1)(R_2 - 2\rho L)} \right) / 2\rho$. Подставив числа, вычисляем два возможных значения величины x : 2 км и 4,7 км. Но второе значение превышает длину кабеля, поэтому $x = 2 \text{ км}$.

Ответ: а) 2 км.

Теперь из уравнения $R_1 = 2x\rho + r$, подставив все уже известные значения величин, находим сопротивление места пробоя: $r = 2x\rho - R_1 = 10 \text{ Ом}$.

Ответ: б) 10 Ом.

2. Теплота, необходимая для таяния мороженого, пропорциональна его массе $Q = \lambda m$. Поэтому при увеличении радиуса шарика в 2 раза его объем, следовательно, масса и необходимая для таяния теплота возрастают в 8 раз. В то же время, скорость теплопередачи от кофе к шарiku мороженого зависит от площади их соприкосновения, т.е. от площади поверхности шарика, которая возрастает лишь в 4 раза. Поэтому маленький шарик тает быстрее большого. Также нужно учесть, что в малой чашке кофе остывает сильнее, что приводит к удлинению времени таяния.

t (мин)	4	5	X	много
опыт	МБ	ММ	ББ	БМ

Для нахождения времени X нужно сравнить две ситуации, которые полностью подобны по размерам шарика и чашки: *ММ* и *ББ*. Полная теплоемкость большой чашки в 8 раз больше малой. Во столько же раз теплота плавления большого шарика отличается от теплоты плавления малого. Но вот скорости теплопередачи в этих ситуациях отличаются только в 4 раза. Таким образом, время полного таяния в ситуации *ББ* в 2 раза больше, чем в *ММ*, т.е. $X = 10 \text{ мин}$.

Ответ: б) 10 мин.

3. Совершенная источником работа $A = Pt = IUt = 0,01 \cdot 220 \cdot 3600 = 7920 \text{ Дж}$.

При выстреле со скоростью V_0 под углом α горизонту дальность полета снаряда $L = 2V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha / g$, откуда $V_0^2 = Lg / (2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha)$. Кинетическая энергия

снаряда при выстреле $E_k = \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mLg}{4 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} \approx \frac{0,064 \cdot 10 \cdot 216,5}{4 \cdot (\sqrt{3}/2) \cdot 1/2} \approx 80 \text{ Дж}$.

Теперь, зная энергию выстрела и затраченную источником работу, можно найти КПД пушки $\eta = E_k / A \approx 80 / 7920 \approx 1,01\%$.

Ответ: $\approx 1,01\%$.

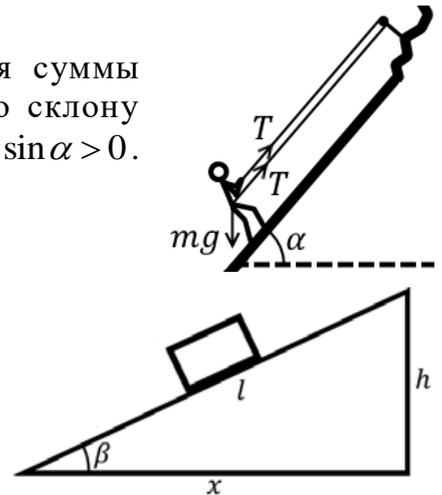
4. Для подъема по горке необходимо, чтобы проекция суммы действующих на альпиниста сил была направлена по склону вверх. То есть должно выполняться условие: $2T - mg \cdot \sin \alpha > 0$. Откуда $T > mg \cdot \sin \alpha / 2 = 80 \cdot 10 \cdot 0,5 / 2 = 200 \text{ Н}$.

Ответ: а) веревка должна выдерживать силу 200 Н.

Начальная потенциальная энергия альпиниста относительно самой нижней точки снежно-песчаного склона равна $E_0 = mg(H + h)$. При спуске по склону с углом наклона β сила реакции опоры $N = mg \cdot \cos \beta$, а сила трения $F_{mp} = \mu N = \mu mg \cdot \cos \beta$. Работа этой силы $A = -F_{mp}s = -\mu mgs \cdot \cos \beta = -\mu mgx$.

В конце склона потенциальная энергия альпиниста равна нулю. Так как он там остановился, то равна нулю и его кинетическая энергия: $E_0 + A = 0$. Следовательно: $mg(H + h) - \mu mgx = 0$. Откуда $\mu = (H + h) / x = (5 + 5) / 10 = 1$.

Ответ: б) 1.



2019 год

1. Обозначим объем воды в стаканах как V , $2V$ и $4V$ соответственно. Во втором случае масса льдинки в стакане не изменилась, соответственно льдинка нагрелась до температуры 0°C , а тёплая вода остыла до этой же температуры. Запишем соответствующее уравнение баланса тепла:

$$mc_{\text{л}}\Delta T_{\text{л}} = 2\rho_{\text{в}}Vc_{\text{в}}\Delta T_{\text{в}}.$$

В первом случае масса льда увеличилась, это значит, что часть воды замерзла. Тогда уравнение баланса тепла будет иметь вид:

$$mc_{\text{л}}\Delta T_{\text{л}} = \rho_{\text{в}}Vc_{\text{в}}\Delta T_{\text{в}} + \lambda(m_1 - m).$$

В третьем стакане налито больше всего теплой воды, следовательно, в этом стакане часть льда растает, а соответствующее уравнение баланса тепла можно записать в виде:

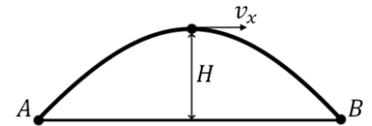
$$mc_{\text{л}}\Delta T_{\text{л}} + \lambda(m - m_3) = 4\rho_{\text{в}}Vc_{\text{в}}\Delta T_{\text{в}} \Rightarrow m - m_3 = 2(m_1 - m).$$

Отсюда получаем, что $m_3 = 3m - 2m_1 = 3 \cdot 10 - 2 \cdot 11 = 8$ г.

Ответ: у Миши в стакане 8 грамм льда.

2. А) Скорость движения мяча по горизонтали $v_x = \text{const}$, при этом за то же время полёта $t_{\text{м}} = 2$ секунды он прошёл то же горизонтальное расстояние AB , что и дельфин. Поэтому $v_x = v = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$. В верхней точке траектории мяча $v_y = 0$, поэтому $v_{\text{м}} = v_x$:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv_{\text{м}}^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} = \frac{0,5 \cdot 10^2}{2} = 25 \text{ Дж.}$$



Б) При падении с верхней точки до точки B координата y мяча удовлетворяет уравнению

$$y = H - \frac{gt^2}{2}.$$

Время падения $t_n = t_{\text{м}}/2 = 1$ секунда, $y(t_n) = H - gt_n^2/2 = 0$, откуда

$$H = \frac{gt_n^2}{2} = \frac{gt_{\text{м}}^2}{8} = \frac{10 \cdot 2^2}{8} = 5 \text{ м} \Rightarrow E_{\text{пот}} = mgh = 0,5 \cdot 10 \cdot 5 = 25 \text{ Дж.}$$

Ответ: и кинетическая, и потенциальная энергии мяча в верхней точке траектории равны 25 Дж.

3. По условию задачи на клеммы CD в обоих случаях подается одинаковое напряжение, равное $U_1 = 190$ В.

В первом случае вольтметр измеряет суммарное напряжение на резисторе и амперметре. Если обозначить сопротивление амперметра R_A , то закон Ома для первого случая можно записать в виде

$$U_1 = I_1(R + R_A) \Rightarrow R + R_A = \frac{U_1}{I_1} = 100 \text{ Ом.}$$

Во втором случае напряжение на клеммах CD равно U_1 , а показания вольтметра равны U_2 , тогда напряжение на амперметре равно $U_1 - U_2$. По закону Ома сопротивление амперметра равно

$$R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2} = 10 \text{ Ом} \Rightarrow R = 100 - R_A = 90 \text{ Ом.}$$

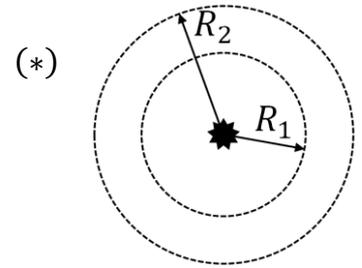
Ответ: сопротивление резистора $R = 90$ Ом.

4. А) Напишем II закон Ньютона для силы давления:

$$F = PS = ma.$$

В одном и том же потоке излучения давление на парусники одинаково: $P_1 = P_2 = P$, поэтому

$$\begin{aligned} PS_1 = m_1 a_1 \\ PS_2 = m_2 a_2 \end{aligned} \quad \left| \Rightarrow \quad \frac{S_2}{S_1} = \frac{m_2 a_2}{m_1 a_1} \Rightarrow a_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{S_1}{S_2} a_2.$$



Если линейные размеры увеличить в $N = 2$ раза, то площади парусов увеличатся в $N^2 = 4$ раза, то есть $S_2/S_1 = 4$, а объёмы (а значит, и массы) «парусников» из одинаковых материалов в $N^3 = 8$ раз, то есть $m_2/m_1 = 8$. Таким образом,

$$a_1 = a_2 \cdot 8 \cdot \frac{1}{4} = 2a_2.$$

Ответ А: лёгкий «парусник» ускорится в два раза быстрее.

Б) При увеличении радиуса орбиты от R_1 до R_2 площадь сферы, на которую падает излучение Солнца, увеличивается в

$$\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = \left(\frac{4500 \text{ млн. км}}{150 \text{ млн. км}}\right)^2 = 30^2 = 900 \text{ раз.}$$

Поскольку всё излучение, прошедшее первую сферу, падает на вторую, то давление излучения уменьшается обратно пропорционально площади, то есть

$$P_2 = \frac{P_1}{900}.$$

Значит, согласно формуле (*), при тех же массе корабля и площади паруса

$$a_2 = \frac{a_1}{900}.$$

Ответ Б: ускорение «парусника» на более дальней орбите меньше в 900 раз.

Примечание. Мы не учитывали силу тяготения к Солнцу, то есть считали парусники лёгкими. Впрочем, сила тяготения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, то есть на дальней орбите она меньше в $30^2 = 900$ раз, поэтому ответ пункта Б верен и с учётом тяготения.

2020 год

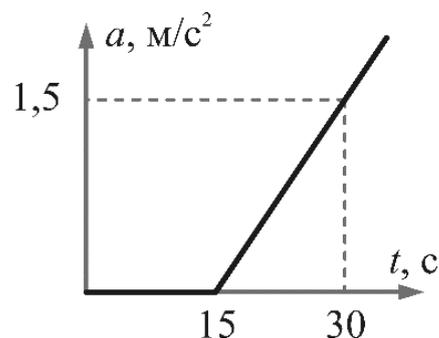
1. Обозначим начальную скорость тела v_0 , по условию начальная скорость направлена горизонтально. Тогда для дальности полета по горизонтали можем написать $S = v_0 t$, где t – время полета. По вертикали тело падает с нулевой начальной скоростью, тогда для высоты справедливо $h = \frac{gt^2}{2}$. Из равенства дальности и высоты полета $v_0 t = \frac{gt^2}{2}$ получаем выражение для времени полета через начальную скорость $t = \frac{2v_0}{g}$. В момент падения горизонтальная скорость тела равна v_0 , а вертикальная скорость равна $gt = 2v_0$. Отсюда получаем, что тангенс искомого угла $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x} = 2$, а сам угол $\alpha \approx 63^\circ$.

Ответ: $\approx 63^\circ$.

2. В данной задаче удобно воспользоваться законом сохранения энергии $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$. Из этого уравнения сразу получаем для скорости тела $v^2 = v_0^2 - 2gh$. Подставив числа, получаем $v = 15$ м/с. Заметим, что еще нужно проверить, что при заданной начальной скорости и угле, камень сможет долететь до высоты 20 м. Это так потому, что $v_y^2 = v_0^2 \sin^2 \alpha > 2gh$.

Ответ: 15 м/с.

3. Максимальная величина силы трения покоя равна $F_{\text{тр max}} = \mu mg = 15$ Н. Пока сила F меньше максимальной силы трения покоя, тело будет оставаться неподвижным и ускорение $a = 0$. Когда тело начинает скользить, сила трения скольжения равна $F_{\text{тр}} = \mu mg = 15$ Н. Для того, чтобы посчитать ускорение тела воспользуемся 2-м законом Ньютона $a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$. Итоговый график зависимости ускорения от времени выглядит так:



4. В данной задаче важно, что ток течет от положительного полюса источника (обозначенного на рисунке +) к отрицательному, то есть по часовой стрелке на рисунке. Поэтому через диод D_1 ток не пойдет и верхнюю ветку (резистор r и диод D_1) можно из схемы просто исключить. Диод D_2 пропускает ток, тогда на нем падает напряжение U_0 . Далее считаем общее сопротивление схемы из трех резисторов r , которое равно $1,5r = 15$ Ом. Тогда сила тока в цепи по закону Ома равна $I = \frac{E - U_0}{1,5r} = \frac{10 - 1}{1,5 \cdot 10} = 0,6$ А.

Ответ: 0,6 А.

5. Обозначим напряжение в сети U , тогда сопротивления лампочек можно выразить из закона Джоуля-Ленца, $R_1 = \frac{U^2}{P_1}$, $R_2 = \frac{U^2}{P_2}$ и $R_3 = \frac{U^2}{P_3}$ соответственно. Если все лампочки соединить последовательно, то суммарное сопротивление цепи будет равно сумме сопротивлений лампочек $R_1 + R_2 + R_3$, а сила тока в цепи будет равна $I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$, по закону Ома для полной цепи. Мощности лампочек при

последовательном соединении можно выразить как $\tilde{P}_1 = I^2 R_1 = \frac{I^2 U^2}{P_1}$. Из этого

выражения видно, что новая мощность обратно пропорциональна мощности при включении в сеть по-отдельности. Тогда отношение мощностей лампочек при последовательном соединении

$$\tilde{P}_1 : \tilde{P}_2 : \tilde{P}_3 = \frac{1}{P_1} : \frac{1}{P_2} : \frac{1}{P_3} = \frac{1}{25} : \frac{1}{100} : \frac{1}{200} = \frac{8}{200} : \frac{2}{200} : \frac{1}{200} = 8 : 2 : 1.$$

Ответ: 8 : 2 : 1.

6. Описываемая ситуация происходит, например, при фазовом переходе. При этом полученное тепло расходуется на теплоту фазового перехода (теплоту плавления, или парообразования). Например, при кипении воды в чайнике вода получает тепло от плиты, но это тепло расходуется на парообразование, а температура воды остается постоянной.

Ответ: да.

2021 год

1. А) Скорость по горизонтали при упругих ударах меняется по направлению, но не величине, а скорость по вертикали, при не изменяется и зависит от времени по закону

$$V_y = -g \cdot t$$

А высота меняется по закону

$$y = h - \frac{gt^2}{2}$$

Поэтому время падения (когда $y = 0$)

$$t = \sqrt{2h/g} \cong 0,8 \text{ (с)}$$

За это время путь по горизонтали $L = V_x t = 8 \text{ (м)}$ мяч пролетел между стенками 4 раза, поэтому расстояние между стенками

$$l = L/4 = 8/4 = 2 \text{ (м)}$$

Ответ А: расстояние между стенками 2 м

Б) При каждом неупругом ударе скорость шара уменьшается, а угол не изменяется и, значит, уменьшается скорость по вертикали. Шарик при неупругих ударах о стенки падает медленнее \Rightarrow время падения возрастает

Ответ Б: время падения мячика на землю возрастёт

2. А) Сила трения при горизонтальном скольжении санок

$$F_{mp} = \mu N = \mu mg$$

поэтому по 2 закону Ньютона:

$$F - F_{mp} = ma \Rightarrow a = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g$$

На ледяном участке: $a = \frac{F}{m} - \mu_1 g = \frac{18}{15} - 0,08 \cdot 10 = 0,4 \text{ (}\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\text{)}$

На снежном участке: $a = \frac{F}{m} - \mu_2 g = \frac{18}{15} - 0,4 \cdot 10 = -2,8 \text{ (}\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\text{)}$

Пусть санки ехали по льду время t_1 и набрали скорость $V = a_1 t_1$ а затем время $t - t_1$ тормозили до остановки.

$$V + a_2(t - t_1) = 0 \Leftrightarrow a_1 t_1 = V = -a_2(t - t_1)$$

$$\Rightarrow t_1 = (-a_2 t)/(a_1 - a_2) = (7/8)t = 7 \text{ (с)}$$

и набранная скорость

$$V = a_1 t_1 = 0,4 \cdot 7 = 2,8 \text{ (м/с)}$$

Таким образом, график скорости будет выглядеть как \rightarrow :

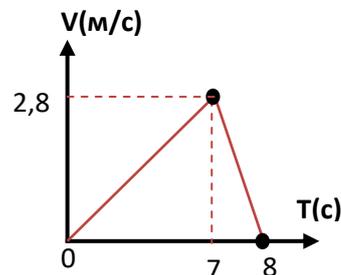
Ответ А: см. рисунок

Б) Работа, совершённая «мотором Веней» будет $A = Fl$.

Пути l_1 и l_2 , пройденные по льду и по снегу, равны площадям под графиком $V(t)$ от 0 до 7 секунд и от 7 до 8 секунд соответственно (см. рисунок). Площади соответствующих треугольников отличаются в 7 раз. Поэтому

$$A_1/A_2 = Fl_1/Fl_2 = l_1/l_2 = 7.$$

Ответ Б: на льду работа Вени больше в 7 раз.

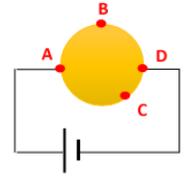


3. А) Рассмотрим слой – срезы шарика одинаковой маленькой толщины l . Эти слои идут последовательно, значит, через каждый из них проходит одинаковый ток I . Мощность тепла, выделяющегося в слое

$$P = I^2 R$$

где сопротивление слоя

$$R = p \frac{l}{S}, \quad (p - \text{удельное сопротивление, } S - \text{площадь среза)}$$



Площадь S наименьшая в слоях вблизи контактов А и D, поэтому максимальное сопротивление и мощность тепловыделения будет вблизи точек контактов А и D.

Ответ А: вблизи контактов А и D

- Б) Увеличим все размеры шарика, включая толщину воображаемых слоёв, на которые можно его разбить (см. пункт А) в 1000 раз.

При этом $l \rightarrow 1000l$; $s \rightarrow 1000^2 s$, поэтому изменение сопротивления каждого слоя

$$R = p \frac{l}{s} \rightarrow p \frac{1000l}{1000^2 s} = \frac{1}{1000} p \frac{l}{s} = \frac{1}{1000} R$$

то есть сопротивление каждого слоя (и общее сопротивление шара $R_{ш}$) уменьшается в 1000 раз.

Если бы незнайкина батарейка была идеальной, не имела внутреннего сопротивления и поддерживала постоянное напряжение $u = \varepsilon$ (ЭДС батарейки), то общая мощность выделения тепла в шаре $P_{ш} = \varepsilon^2 / R_{ш}$ увеличилась бы по сравнению с шариком в 1000 раз.

Однако даже в этом случае, так как площадь поверхности шара с которой он отдаёт тепло, возросла бы в $(1000)^2 = 1$ млн раз, общая температура нагрева шара уменьшилась.

Если же ещё учесть, что реальная батарейка имеет внутреннее сопротивление r , то её выходное напряжение $u = \varepsilon - Ir = IR_{ш}$, откуда $I = \frac{\varepsilon}{R_{ш} + r}$ и мощность в шаре

$$P_{ш} = I^2 R_{ш} = \frac{\varepsilon^2 R_{ш}}{(R_{ш} + r)^2}$$

При уменьшении сопротивления $R_{ш}$ в 1000 раз, как только станет $R_{ш} < r$, мощность на шаре перестанет расти и всё большая часть мощности, как при коротком замыкании, начнёт выделяться в самой батарейке; эффект «недонагрева» большого шара при этом лишь усилится.

Ответ Б: большой шар будет нагреваться и светиться слабее маленького

4. А) Из рисунка видно, что радиусы внешних границ кругов от капель равны

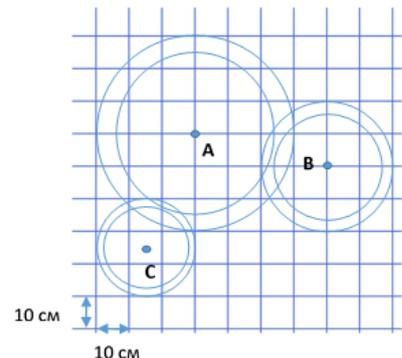
$$R_A \approx 30 \text{ см}, \quad R_B \approx 20 \text{ см}, \quad R_C \approx 15 \text{ см}$$

то есть капли упали за время

$$t_A = \frac{R_A}{u} = 3c, \quad t_B = \frac{R_B}{u} = 2c, \quad t_C = \frac{R_C}{u} = 1,5c$$

до снимка.

Так как капли дождя падают с большой высоты, возле земли они двигаются с установившейся скоростью, когда их сила тяжести уравновешена силой сопротивления.



Значит, от начального момента t :

капля А за время $t - t_A$ пролетела расстояние: $h_A = V(t - t_A) = 6(m)$

капля В за время $t - t_B$ пролетела расстояние: $h_B = V(t - t_B) = 3(5 - 2) = 9(m)$

капля С за время $t - t_C$ пролетела расстояние: $h_C = V(t - t_C) = 3(5 - 1,5) = 10,5(m)$.

Ответ А: $h_A = 6(m)$, $h_B = 9(m)$, $h_C = 10,5(m)$.

Б) Условие установившейся скорости:

$$F_{сопр} = F_{тяж} \text{ или } bV = mg$$

откуда

$$V = mg/b \text{ (} b \text{ - коэффициент сопротивления для капли)}$$

Если радиус капли увеличить в 2 раза, то, по условию, её коэффициент сопротивления увеличится в 2 раза; объём же, а потому и масса капли возрастёт в 8 раз (так как плотность воды не меняется).

Итак, станет:

$$2bV_2 = 8mg \Rightarrow V_2 = 8mg/2b = 4V$$

Скорость капли возросла в 4 раза, поэтому и высоты падения капель увеличатся в 4 раза.

Ответ Б: $h_A = 24(m)$, $h_B = 36(m)$, $h_C = 42(m)$.

Примечание: идея задачи связана с одной из космологических гипотез, согласно которой небольшие кольцеобразные неоднородности в распределении реликтового излучения в нашей Вселенной связаны с «кругами на воде», оставленными гравитационными волнами, пришедшими от масштабных событий — например, столкновений черных дыр — произошедших в предшествующей Вселенной (*эоне*). Тогда «поверхность водоёма» - это граница между зонами-вселенными, и мы видим в нашей Вселенной расходящиеся круги от событий, произошедших в другой Вселенной «до начала времён».

5. А) За время t_1 сгорает

$$M_1 = m_1 \cdot t_1$$

при этом выделяется тепло

$$Q = q \cdot M_1 = q \cdot m_1 \cdot t_1$$

это тепло наверняка не меньше тепла, затрачиваемого на образование N пузырьков объёма V_1 , так как радиус увеличился в $k=20$ раз, то объём в k^3 раз, то есть $V_1 = 20^3 V_0$

Тогда

$$Q \geq N \cdot L \cdot \rho_n \cdot V_1 = N \cdot k^3 L \cdot \rho_n \cdot V_0$$

или

$$q \cdot m_1 \cdot t_1 \geq N \cdot k^3 L \cdot \rho_n \cdot V_0$$

$$N \leq \frac{q \cdot m_1 \cdot t_1}{k^3 \cdot L \cdot \rho_n \cdot V_0} \approx \frac{1,15 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{20^3 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-9}} = 312,5$$

Ответ А: 312 пузырьков

Б) Раньше за время $t_2 = 60$ секунд сгорала масса $M = m_1 \cdot t_2$, а стала сгорать M_2 .

Мощность костра возросла в

$$M_2/M = 81/(0,4 \cdot 60) = 81/24 = 27/8 \text{ раза}$$

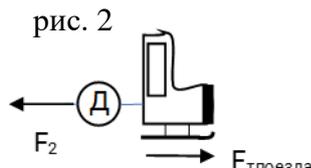
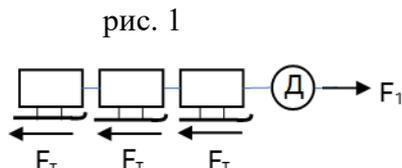
Так как количество пузырьков не изменилось, и температура и давление в пузырьке не изменились (они все всплывают на поверхности при температуре $T=100^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении), то не изменилась и плотность пара, а значит, если масса пара в каждом пузырьке возросла в $27/8 = (3/2)^3$ раза, то объём тоже возрос в $(3/2)^3$ раза, а значит радиус в $3/2 = 1,5$ раза.

Ответ Б: радиус пузырьков возрос в 1,5 раза

2022 год

1. Когда Ваня тянет вправо, на вагоны через динамометр Д действует вправо сила F_1 (см. рис. 1). Так как движение поезда равномерное, сила F_1 уравновешена 3-мя силами трения вагонов, то есть: $F_1 = 3F_m = 3\mu mg$, откуда $m = F_1/(3\mu g)$, или $m = 0,2$ кг. Суммарная масса вагонов $3m = 0,6$ кг.

Когда Ваня тянет влево, на «паровоз» через динамометр Д действует влево сила F_2 (см. рис. 2). Так как движение поезда снова равномерное, сила F_2 уравновешена силой трения паровоза, то есть: $F_2 = 3F_{m_{\text{паровоза}}} = \mu Mg$, откуда $M = F_2/(\mu g)$, или $M = 0,4$ кг.



Ответ: масса паровоза 0,4 кг, суммарная масса вагонов 0,6 кг.

2. Рассмотрим отдельно движение камня по вертикали и по горизонтали. По вертикали камень поднялся на $H = 5$ м, следовательно начальная вертикальная скорость камня $v_y = \sqrt{2gH}$. Отсюда время полета вверх и вниз $t = 2 \frac{v_y}{g} = 2 \sqrt{2 \frac{H}{g}}$. По горизонтали камень будет лететь с постоянной скоростью $v_x = \frac{s}{t} = \frac{s}{2} \sqrt{\frac{g}{2H}}$.

Работа хулигана идет на увеличение кинетической энергии камня

$$A = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{mv_y^2}{2} = \frac{mS^2 g}{16H} + mgH = 41 \text{ Дж}$$

Ответ: 41 Дж.

3. По 3-му закону Ньютона сила отдачи F , которая действует со стороны воздуха на вентилятор, по величине равна силе, которая действует на воздух. По 2-му закону Ньютона сила, действующая на воздух, равна изменению импульса воздуха в единицу времени. Если скорость потока воздуха равна v , то за время τ через вентилятор проходит объем воздуха $Sv\tau$. Изменение импульса этого воздуха $\Delta p = \rho Sv^2\tau$.

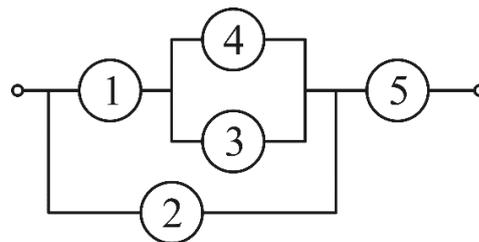
$$F = \frac{\Delta p}{\tau} = \rho Sv^2$$

Отсюда выражаем скорость воздуха $v = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$.

Ответ: $v = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$.

4. Перерисуем схему (см. рис.) и обозначим сопротивление амперметра старой модели R и сопротивление улучшенного амперметра r .

Из перерисованной схемы видно, что амперметры 3 и 4 соединены параллельно. По условию показания этих амперметров равны, значит их сопротивления одинаковы и оба этих амперметра старой модели.



Предположим, что амперметры 1 и 2 тоже старой модели. Посчитаем напряжение на цепочке из амперметров 1, 3 и 4. Оно будет равно $I_1 R + I_3 R$. Параллельно этой цепочке

подключен амперметр 2, поэтому $I_1 R + I_3 R = I_2 R$. Но по условию задачи $I_1 + I_3 > I_2$. Мы пришли к противоречию, следовательно, один из амперметров 1 или 2 новой модели. Известно, что у нового амперметра сопротивление меньше. Если новый амперметр будет стоять на месте 2, то напряжение на нем будет еще меньше, поэтому новый амперметр стоит на месте 1.

Из условия равенства напряжений на амперметрах 1-3 и 2 получаем $I_1 r + I_3 R = I_2 R$. Преобразуем $I_1 r = I_2 R - I_3 R$, откуда

$$\frac{r}{R} = \frac{I_2 - I_3}{I_1} = \frac{1}{2}$$

То есть сопротивление улучшенного амперметра меньше в 2 раза.

Ответ: А) на месте 1; Б) в 2 раза.

5. В данной задаче суммарное количество теплоты в системе из трех мисок остается постоянным. Также заметим, что Машенька из каждой миски зачерпнула одну ложку и в каждую миску вылила одну ложку супа. Поэтому после всех переливаний количество супа в каждой миске не изменилось.

Можно считать, что изменение температуры супа в мисках произошло за счет обмена теплом между мисками. Тогда средняя миска отдала количество теплоты $2V\rho c\Delta t$. Здесь ρ – плотность, а c – теплоемкость супа, $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ – модуль изменения температуры супа в средней миске. Большая миска получила количество теплоты $4V\rho c\Delta t$. Тогда из уравнения баланса тепла следует, что маленькая миска отдала количество теплоты $2V\rho c\Delta t$, а температура супа в маленькой миске уменьшилась на $2\Delta t = 2^\circ\text{C}$.

Ответ: уменьшится на 2°C .