

## Ответы и решения – Физика

### Линейка задач №1

*Примечание: во всех решениях далее используется приближение  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , однако при использовании  $g = 9,81 \dots \text{ м/с}^2$  ответы также засчитывались как верные.*

№1

Хулиган Петька, увидев вдалеке собаку, решил совершить гадость: подкрасться к ней и хорошенько напугать. Заприметив это, его друг Данька решил также совершить гадость и подкрасться к Петьке, пока тот крадётся к собаке. Настигнув Петьку на расстоянии 10 м от собаки, Данька от души на него гаркнул, отчего напугались и Петька, и собака. Однако, собака решила напугать их в ответ и, лая, побежала в их сторону со скоростью 6 м/с. Ребята в этот же момент начали удирать от неё со скоростью 5 м/с. Сколько секунд у них было, чтобы переосознать свою жизнь? Считать, что время на переосознание закончилось, как только их настигла собака.

Решение:

Когда мальчики и собака начали бежать, между ними было 10 м, а скорость сближения составляла  $6 - 5 = 1 \text{ м/с}$ . Тогда искомое время –  $\frac{10 \text{ м}}{1 \text{ м/с}} = 10 \text{ секунд}$ .

№2

Антон всегда любил общаться с животными: каркать на ворон, мяукать на котов и вообще издавать самые разные непотребные звуки. Встретив на пути овчарку, он не изменил принципам и сразу начал на неё лаять. Однако, оказалось, что на собачьем языке он знатно оскорбил её родителей, отчего она немедленно погналась за Антоном. Тогда, даже не извинившись, Антон тотчас же начал убегать от собаки со скоростью 5 м/с в направлении дерева, расстояние до которого составляло 20 м. Овчарка тоже сразу побежала к дереву, до которого ей было 30 м, со скоростью 6 м/с. Антон, к счастью, добежал до дерева раньше – а потому остался нетронутым. А на каком расстоянии от дерева в этот момент была овчарка? Ответ выразите в метрах.

Решение:

Чтобы добежать до дерева, Антону потребовалось  $\frac{20 \text{ м}}{5 \text{ м/с}} = 4 \text{ с}$ . Овчарка в этот момент успела пробежать  $4 \text{ с} * 6 \text{ м/с} = 24 \text{ метра}$ . То есть до дерева ей оставалось  $30 - 24 = 6 \text{ метров}$ .

№3

Девочка Маша была переменчивым человеком, но одно в ней было постоянно: она терпеть не могла огород. Поэтому, когда её родители вновь объявили о поездке туда на выходные, она придумала целую тонну способов попытаться её отменить. В день поездки она притворилась заболевшей, упала в лужу, забыла дома вещи, просилась в туалет, врала, что её укачало. Сломить родителей ей не удалось, но благодаря её стараниям доехали они до огорода только к вечеру, на 5 часов позже, чем могли бы. Сколько с учётом стараний Маши заняла дорога, если расстояние от города до огорода – 90 км, а скорость, с которой ехала семья между остановками – 60 км/ч? Ответ выразите в часах, округлив до десятых.

Решение:

Время, которое необходимо непосредственно чтобы проехать данное расстояние, равняется  $\frac{90 \text{ км}}{60 \text{ км/ч}} = 1,5$  часа. Тогда суммарно поездка заняла  $1,5 + 5 = 6,5$  часов.

№4

У Славы дома завелась очень раздражающая его муха. Не найдя ничего подходящего, Слава решил убить её голыми руками. Выжидая, пока муха сядет на ровную поверхность, Слава подкрадывался к ней – и пытался прихлопнуть рукой. Но, как он ни старался, у него так и не получилось хлопнуть достаточно быстро, чтобы муха не успела улететь. Считая, что муха начинает взлетать через 0.04 с после того, как рука окажется на расстоянии в 15 см от неё, определите, какую минимальную скорость нужно развить Славиной руке, чтобы прихлопнуть муху. Учтите, что мухе нужно ещё 0.02 с после взлёта, чтобы успеть вылететь из-под руки. Ответ выразите в метрах в секунду.

Решение:

С момента, когда Сашина рука окажется на расстоянии 15 см от мухи, до момента вылета из-под руки пройдёт  $0,04 + 0,02 = 0,06$  с. Тогда, чтобы прихлопнуть муху, рука Саши должна успеть преодолеть расстояние в 15 см не более, чем за 0,06 с. То есть искомая скорость равняется  $\frac{0,15 \text{ м}}{0,06 \text{ с}} = 2,5$  м/с.

№5

Ведьмаку Геральту надоело постоянно проигрывать в скачках из-за того, что его лошадь по кличке Плотва медленно реагирует на команды. Он отвёз её в лошадиный сервис, где ему выставили огромный счёт на шлифовку подков, подгонку седла, сход-развал бедной лошади, а также – покупку новых шпор. После всех модификаций сервис обещает, что время реакции Плотвы уменьшится минимум на 20%. Помогите оценить целесообразность этого вложения, посчитав, на сколько метров вперёд вырвется ведьмак, если средняя скорость лошади – 15 м/с, а старое время реакции – 2 секунды.

### Решение:

Время реакции уменьшится на 20% - то есть на  $0,2 * 2 \text{ с} = 0,4 \text{ с}$ . За это время Ведьмак сможет проехать дополнительные  $0,4 \text{ с} * 15 \text{ м/с} = 6 \text{ метров}$ .

№6

В некотором муравейнике двум разумным муравьям стало скучно и они решили развлечься. Для этого они соорудили себе беговой стадион в форме окружности радиусом 1 метр, на котором старт находится диаметрально противоположно финишу (то есть муравьям надо было пробежать половину окружности). Первый муравей, будучи самым честным, побежал по правилам: по сооруженной окружности. Второй муравей решил схитрить и прорыть себе прямую дорожку от старта до финиша, но так как ему приходилось прикладывать много усилий для создания дорожки, его скорость оказалась меньше, чем скорость первого муравья. В результате, несмотря на усилия второго муравья, прибежали они одновременно. Во сколько же раз скорость второго муравья была меньше, чем скорость первого? В ответе запишите, чему равно отношение  $V_1/V_2$  и округлите до сотых. Формула полной длины окружности:  $L=2\pi R$ ,  $\pi$  принять равным 3.14

### Решение

Путь, который преодолел первый муравей (половина длины окружности):

$$L_1 = \pi R$$

Путь, который преодолел второй муравей (диаметр):

$$L_2 = 2R$$

Общая формула для времени движения:

$$t_i = \frac{L_i}{V_i}$$

Условие одновременности:

$$\frac{\pi R}{V_1} = \frac{2R}{V_2} \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\pi}{2} = \frac{3.14}{2} = 1.57$$

Соответственно скорость второго была меньше в 1.57 раз.

Одним осенним днем два друга выходили из метро. Тот друг, который был более спортивным, решил пойти по лестнице с некоторой постоянной скоростью, чтобы достичь дневную цель активности. А ленивый друг решил воспользоваться эскалатором, скорость которого равна 1 м/с. В результате, спортивному другу пришлось прождать целых 20 секунд, прежде чем эскалатор наконец довёз ленивого. С какой скоростью поднимался спортивный друг, если на подъём у него ушло 50 секунд? Ответ приведите в м/с и округлите до сотых.

### Решение

Общая формула для времени движения:

$$t_i = \frac{L_i}{V_i}$$

Время движения спортивного друга:

$$t_2 = \frac{L}{V_2}$$

Время движения ленивого друга:

$$t_1 = \frac{L}{V_1}$$

Условие задачи:

$$t_1 = t_2 + t_3$$

$$\frac{L}{V_1} = \frac{L}{V_2} + t_3$$

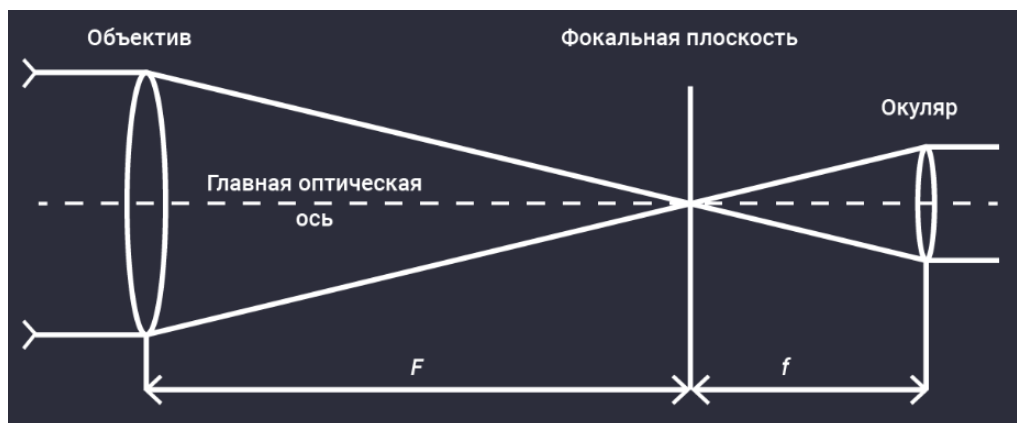
$$\frac{1}{V_2} = -\frac{t_3}{L} + \frac{1}{V_1}$$

$$V_2 = \frac{LV_1}{-V_1t_3 + L} = \frac{70m \cdot 1m/s}{-1m/s \cdot 20s + 70m} = 1.4m/s$$

## Линейка задач № 2

№1

Простейший телескоп представляет из себя трубку, в концы которой вставлены собирающие линзы: большая и маленькая, фокусы которых находятся в одной точке. Большая линза собирает свет со звёздного неба, после чего он попадает в маленькую линзу, становясь более «концентрированным», что позволяет видеть тусклые небесные тела. Алиса очень захотела себе такой – и заказала его на Алиэкспрессе. Правда, она сразу усомнилась в заявленном увеличении в 200 раз и решила проверить его самостоятельно. Для этого она замерила расстояние между центрами линз (60 см), а также – фокусное расстояние маленькой линзы (5 мм). К сожалению, Алиса подтвердила свои догадки. Какое увеличение телескоп имел на самом деле?

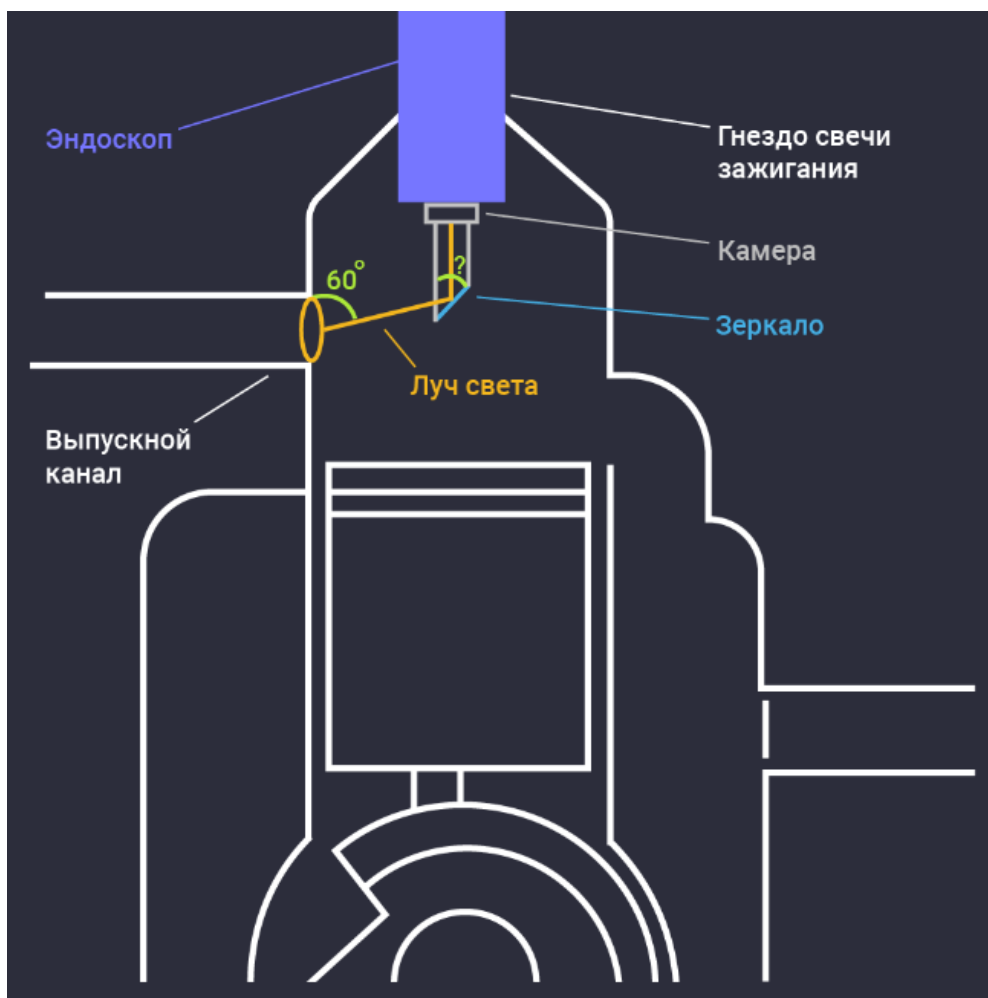


Решение:

Для собирающей линзы увеличение  $\Gamma$  вычисляется как отношение расстояния до изображения к расстоянию до предмета. Для лучей, падающих с бесконечности (для телескопа) и двух его линз увеличение будет вычисляться как отношение фокусных расстояний этих линз, то есть  $\Gamma = \frac{600-5}{5} = 119$  раз.

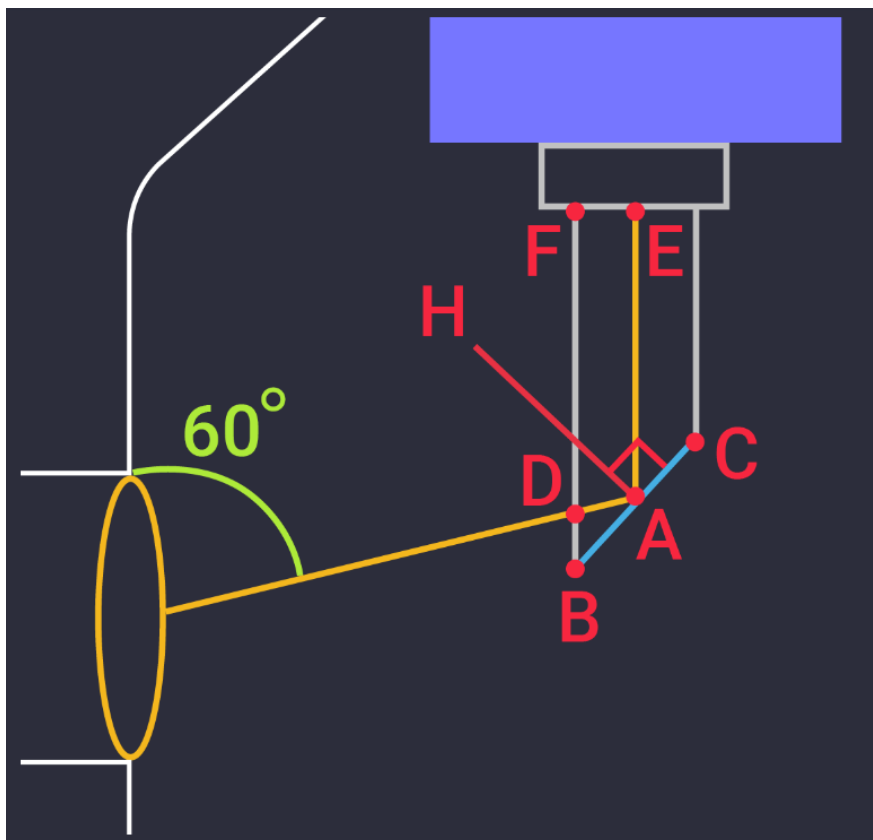
Ответ «120» неверен, т.к. 60 см – расстояние между линзами, а не фокусное расстояние большой линзы.

Для осмотра труднодоступных мест, в том числе – при ремонте машин, используется эндоскоп – гибкая трубка, на конце которой расположены камера и фонарик и к которой иногда прикрепляется зеркало. Ремонтируя свой мопед, Гриша захотел исследовать целостность выпускного канала. Для этого он выкрутил свечу зажигания, после чего просунул эндоскоп в цилиндр. Напрямую направить камеру на клапан не вышло, и он решил опустить эндоскоп вертикально и использовать зеркало, чтобы направить свет от канала в камеру. Зная длину эндоскопа и размеры цилиндра, Гриша прикинул, что свет ему нужно направить под углом  $60^\circ$  к вертикали. Спустя несколько попыток ему наконец удалось установить зеркало под нужным углом. Какой угол при этом зеркало составляло с осью трубки? Расстояния приведены на рисунке. Ответ приведите в градусах.



Решение:

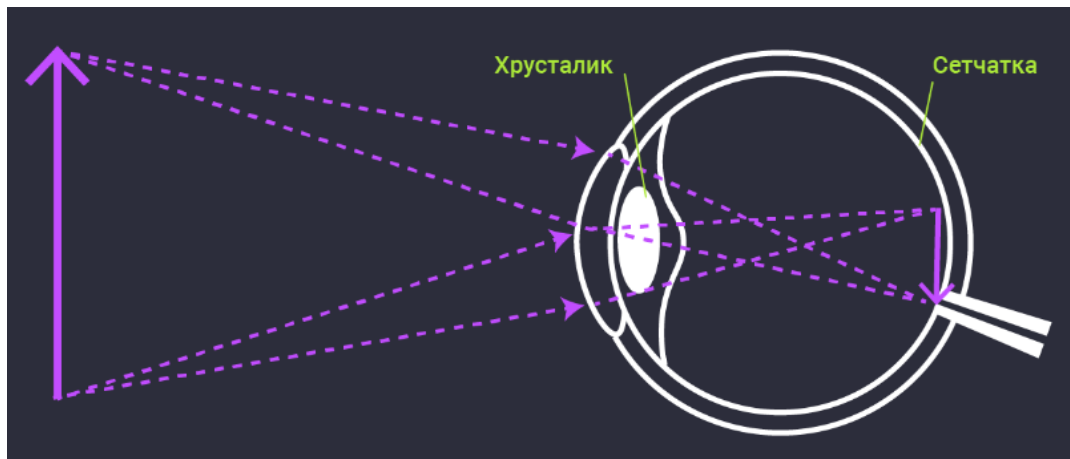
Введём обозначения ключевых точек и проведём перпендикуляр к зеркалу НА. Тогда по закону отражения  $\angle DAN = \angle EAH \rightarrow \angle DAB = 90^\circ - \angle DAN = 90^\circ - \angle EAH = \angle EAC$ . Кроме того,  $\angle FDA = 60^\circ$  как накрест лежащий, т.к. FD параллельно стенке цилиндра, а  $\angle DBA = \angle EAC$ , поскольку это накрест лежащие углы при пересечении прямых  $FB \parallel EA$ . Тогда в  $\triangle DBA$  имеем, что, с одной стороны,  $\angle DBA = \angle DAB$ . С другой –  $\angle BDA = 180^\circ - \angle FDA = 120^\circ$ . Поскольку из равенства треугольника  $\angle DBA + \angle DAB + \angle BDA = 180^\circ$ , то  $\angle DBA = \frac{180^\circ - 120^\circ}{2} = 30^\circ$ .



№3

Глаз человека представляет из себя оптическую систему, состоящую (в самом грубом приближении) из собирающей линзы с переменным фокусным расстоянием (хрусталика) и экрана за ней (сетчатки). Фокусируя глаз на каком-то объекте, мы выставляем фокусное расстояние нашего хрусталика таким образом, чтобы все лучи, исходящие из одной точки, фокусировались на сетчатке так же в одной точке. Когда мы смотрим вдаль, лучи на глаз падают «с бесконечности», однако при близорукости глаз такие лучи фокусирует перед сетчаткой, из-за чего правильно сфокусироваться могут только лучи, исходящие из более близкой точки.

Когда Максим об этом узнал, ему стало интересно, какой по модулю оптической силы ему нужны очки, чтобы видеть вдаль, если сейчас он может видеть на расстоянии максимум 40 см? Другими словами, какой силы должны быть очки, чтобы лучи с бесконечности, прошедшие через очки, падали на глаз так, как на него падают лучи из точки на расстоянии 40 см? Ответ выразите в диоптриях, округлив до десятых. Расстоянием от очков до глаза пренебречь.



Решение:

Поскольку человек способен видеть чётко на максимальном расстоянии в 40 см, необходимо, чтобы его очки собирали лучи с бесконечности в мнимой точке на расстоянии 40 см. Поскольку фокусное расстояние линзы – это расстояние, на котором она собирает лучи с бесконечности, человеку нужны собирающие очки с линзами с фокусным расстоянием в 40 см. То есть их оптическая сила равняется  $\frac{1}{0,4} = 2,5$  дптр.

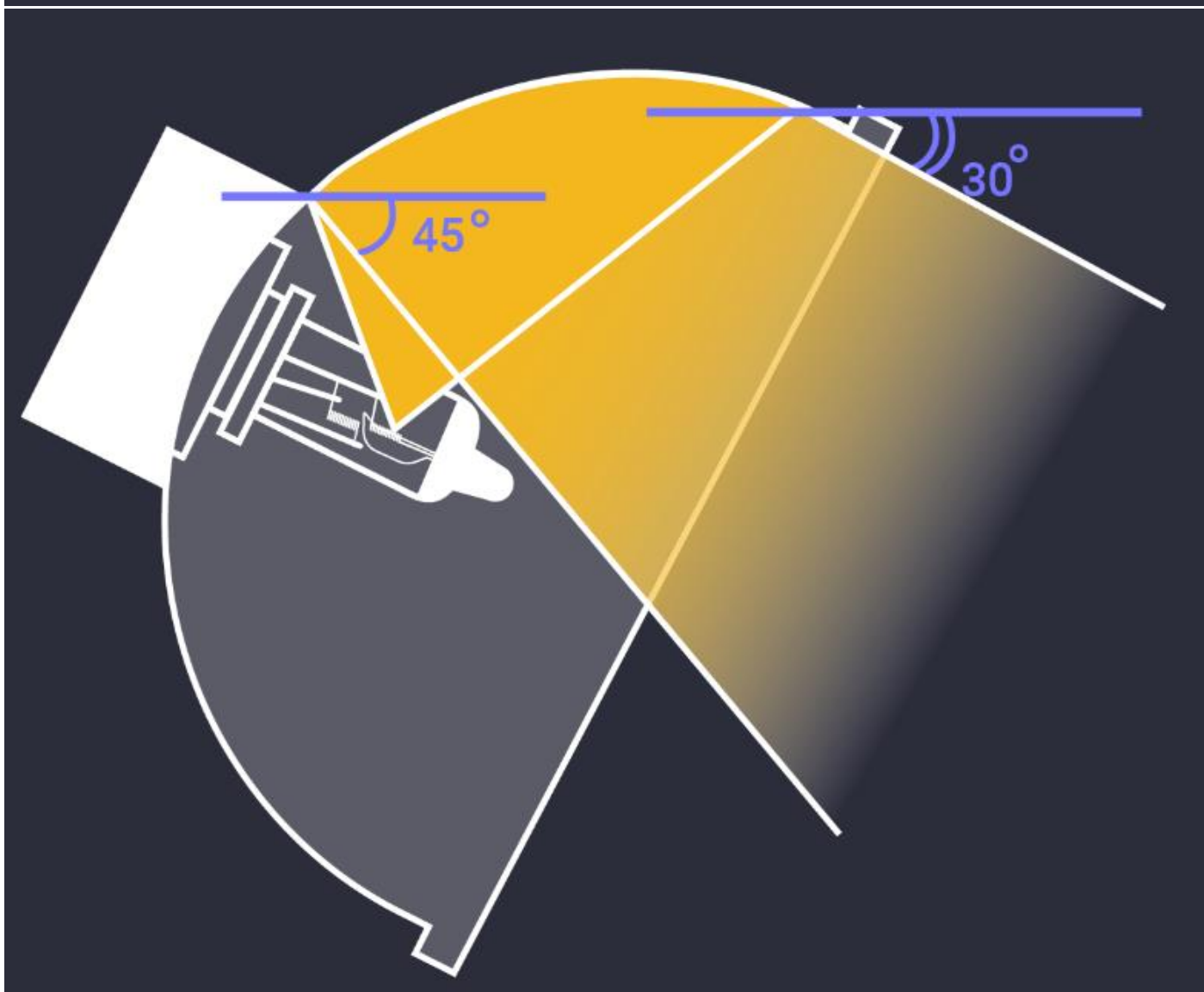
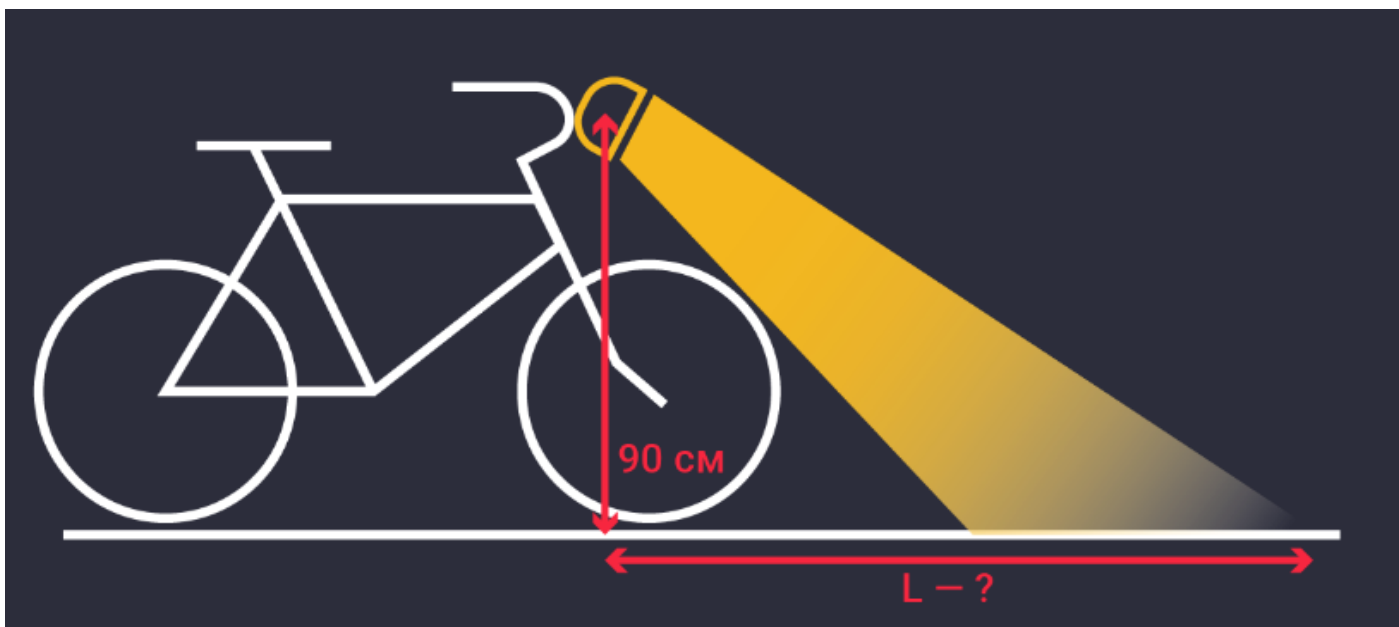
№4

Фары автомобилей всегда имеют два режима работы: так называемый «ближний» свет и «дальний» свет. И зачастую для этого используется всего одна лампа. Секрет состоит в том, что эта лампа содержит две нити накаливания разной мощности. Они имеют разное расположение, из-за чего свет отражается и выходит из фар под разным углом, отчего и возникает разница в дальности.

Лиля, узнав об этом, решила собрать собственную фару и поставить её на свой велосипед. Отражателя от фары у неё не было, а потому она собрала собственный, отрезав горлышко бутылке и обклеив его фольгой. Пренебрегая сомнительностью затеи, оцените, на какое максимальное расстояние будет распространяться свет от Лилиной фары в режиме «ближнего» света. Нить лампы прикрыта зеркальцем и может светить только по направлениям, указанным на рисунке. Потерей яркости света из-за расстояния пренебречь. Ответ приведите в метрах, округлив до сотых.

На первом рисунке приведена схема велосипеда: фара расположена на руле на высоте 90 градусов. На втором – схема фары. Фара светит в конусе между углами в 30° и 45° относительно горизонта.  $tg 45^\circ = 1$ ,  $tg 30^\circ \approx 0,577$ , где  $tg$  – тангенс, который в прямоугольном треугольнике отражает отношение противолежащего катета к прилежащему для данного угла.

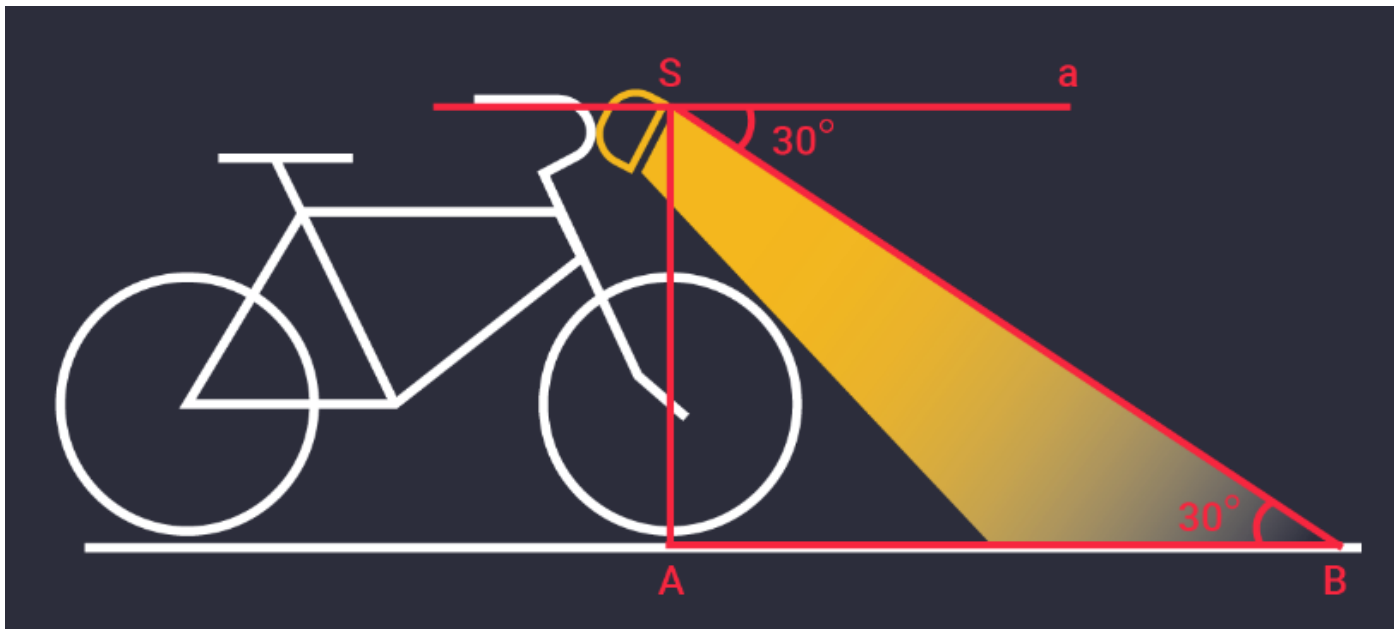




Решение:

Проведём некоторые построения. Пусть источник – это S, дальний луч, из него исходящий – SB, высота от источника до земли – SA. Рассмотрим треугольник SAB. Т.к. SA перпендикулярно земле, он – прямоугольный. Кроме того, SB по условию составляет с горизонтом, то есть с прямой a, угол 30 градусов. Тогда, поскольку прямая a параллельна AB, то  $\angle ABS = 30^\circ$  как накрест лежащий.

Тогда поскольку  $\operatorname{tg} \angle SBA = \operatorname{tg} 30^\circ = 0,577 = \frac{SA}{AB}$ , то  $AB = \frac{SA}{0,577} = 1,56$  м.



№5

Юный Шото Тодороки из аниме «Моя геройская академия» умел управлять огнём и льдом и решил тренировать свою силу. Для этого он залез в большую бочку с водой, которую поочерёдно то замораживал, то нагревал. Определите, за сколько секунд Тодороки сможет превратить лёд при температуре  $0^\circ\text{C}$  в воду при температуре  $100^\circ\text{C}$ , если масса льда (она же – масса воды) – 150 кг, а нагревает Тодороки со скоростью 45 МДж/с? Удельная теплота удельная теплоёмкость воды – 4200 Дж/кг\* $^\circ\text{C}$ , удельная теплота плавления льда - 330 кДж/кг. Ответ выразите в секундах, округлив до десятых.

Решение:

Теплота, необходимая для превращения льда при температуре  $0^\circ\text{C}$  в воду вычисляется по формуле  $Q = \lambda m$ , а для нагрева воды от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  – по формуле  $Q = cm(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})$ . Тогда запишем уравнение теплового баланса:  $cm(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) + \lambda m = qt_c$ , где  $q = 45 \frac{\text{МДж}}{\text{с}}$  – скорость нагрева,  $t_c$  – время нагрева. Т.е.  $t_c = \frac{cm(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}) + \lambda m}{q} = \frac{4200 \cdot 150 \cdot 100 + 330\,000 \cdot 150}{45 \cdot 10^6} = 2,5$  секунды

Артёму всегда было интересно, правда ли американцы высаживались на Луне. В интернете он прочитал, что первый флаг разместили в «Море спокойствия» (это область в видимой части Луны), а ещё – что флаг был сбит при взлёте и упал плашмя. И Артём твёрдо решил проверить наличие флага. Он знал, что для наблюдения за звёздами и небесными телами пользуются телескопами, и решил купить себе подходящий. Артём был предусмотрителен, а потому он не бросился сразу покупать телескоп, а решил сперва рассчитать, каким увеличением телескоп должен обладать. Оцените, какое увеличение должен иметь телескоп, если высота флага – 2.5 метра, расстояние до Луны – 384 400 км, радиус Луны – 1740 км, а увидеть флаг Артём хочет так, чтобы его изображение в телескопе по размеру было таким же, как видно Луну невооружённым глазом.

*Примечание: в реальности при изучении космоса редко оперируют термином «увеличения», чаще говорят о минимальном угловом размере объекта, который телескоп способен различить. В частности, для видимого света телескоп Хаббл способен различать две точки на Луне с минимальным расстоянием между ними в ~70 метров. Если считать, что для опознавания флага хватит его фотографии в разрешении 16x16 пикселей, это значит, что Хаббл смог бы разглядеть флаг на Луне, если бы тот имел размер в 1.12 км.*

### Решение:

Оценить увеличение мы можем исходя из того, что флаг должен увеличиться во столько раз, чтобы стать размером с луну. Поскольку диаметр луны –  $1740 \cdot 2 = 3\,480 \text{ км} = 3\,480\,000 \text{ м}$ , то искомое увеличение равняется  $\frac{3\,480\,000 \text{ м}}{2,5 \text{ м}} = 1\,392\,000$

Турист в походе по лесу решил разогреть еду и сделать себе чай. Однако, пока он нагревал на газовой горелке воду для чая, топливо в горелке закончилось. Раздосадованный и голодный турист не придумал ничего лучше, чем перелить воду в термос и пойти дальше, так ничего не съев и не попив. Через пару километров голод окончательно надоел туристу и он вспомнил, что в его термос можно поместить консервы и разогреть их. Тогда в термос с водой при температуре  $50^\circ\text{C}$  он положил банку с консервами, имеющую температуру  $20^\circ\text{C}$ . Банку какой температуры турист достанет из термоса, если в нём находилось 0.8 литров (0.8 кг) воды, а масса банки - 200 г? Удельная теплоёмкость воды -  $4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ , банки -  $2100 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$ . Вода из термоса не выливается при погружении консервов. Ответ привести в градусах Цельсия и округлить до целых.

### **Решение**

Запишем уравнения теплового баланса:

$$m_{\text{water}}C_{\text{water}}(t_x - t_{50}) + m_{\text{food}}C_{\text{food}}(t_x - t_{20}) = 0$$

$$t_x = \frac{m_{\text{water}}C_{\text{water}}t_{50} + m_{\text{food}}C_{\text{food}}t_{20}}{m_{\text{water}}C_{\text{water}} + m_{\text{food}}C_{\text{food}}}$$

$$t_x = \frac{0.8\text{kg} \cdot 4200\text{J/kg}^\circ\text{C} \cdot 50^\circ\text{C} + 0.2\text{kg} \cdot 2100\text{J/kg}^\circ\text{C} \cdot 20^\circ\text{C}}{0.8\text{kg} \cdot 4200\text{J/kg}^\circ\text{C} + 0.2\text{kg} \cdot 2100\text{J/kg}^\circ\text{C}} = 47^\circ\text{C}$$

## Линейка задач № 3

№1

В дождливую погоду чаще случаются аварии, в том числе – из-за потери сцепления с дорогой. Однако, папа Оли и в дождь водил быстро, что её очень беспокоило. Чтобы он прислушался к ней, она решила показать ему на бумаге, на сколько при дожде тормозной путь длиннее. В сухую погоду коэффициент трения между резиной и асфальтом составляет около 0.7, на мокрой дороге – снижается до 0.4. Проведя расчёты, она показала папе, как сильно отличаются тормозные пути при скорости в 72 км/ч – что его очень удивило. Похвалив дочку, отец и правда прислушался и стал водить аккуратнее. Чему была равна разница, рассчитанная Олей? Ответ выразите в метрах, округлив до целого.

*Примечание: Оля не знала, что в реальности торможение происходит не на заблокированных колёсах, т.е. не за счёт силы трения скольжения, а потому её расчёты не совсем корректны. Однако, они все равно позволили папе увидеть, как сильно дождь влияет на управляемость авто (и позволяют и вам!)*

Решение:

Запишем второй закон Ньютона по осям для тормозящей машины:

$$Ox: -\mu N = ma_x$$

$$Oy: N - mg = 0$$

Тогда ускорение машины  $a_x = -\frac{\mu N}{m} = -\frac{\mu mg}{m} = -\mu g$ .

Тормозной путь можем найти по формуле  $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a_x}$ , взяв конечную скорость  $v = 0$ , а  $v_0 = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 20 \text{ м/с}$ .

Тогда  $s_{\text{сухой}} = \frac{-v_0^2}{-2\mu_{\text{сухой}}g} = \frac{400}{2*0,7*10} \approx 28,6 \text{ м}$ ,  $s_{\text{влажный}} = \frac{-v_0^2}{-2\mu_{\text{влажный}}g} = \frac{400}{2*0,4*10} \approx 50 \text{ м}$ .

Отсюда, искомая разница  $\Delta s = s_{\text{влажный}} - s_{\text{сухой}} \approx 21 \text{ м}$

№2.

Алексей Иванович хорошо учил физику в школе и знал, что, ведя машину в дождливую погоду, нужно быть особенно аккуратным на поворотах. А потому его очень тревожило то, что рядом с его домом был крутой поворот, но отдельного знака ограничения скорости в дождь на нём не было. А ведь двигаться на нём с разрешённой скоростью 50 км/ч – аварийно опасно! Будучи ответственным гражданином, Алексей Иванович самостоятельно установил табличку, указав на ней максимальную скорость, при которой в дождь на повороте не возникнет заноса. Какую скорость он указал, если учесть, что коэффициент трения резины о мокрый асфальт – 0.4, радиус поворота – 36 м, а для

перестраховки он написал скорость на 30% меньше рассчитанной? Ответ привести в км/ч, округлив до целого.

Решение:

Запишем второй закон Ньютона по осям для машины, движущейся по окружности:

$$Ox: \mu N = ma_x = \frac{mv^2}{R}$$

$$Oy: N - mg = 0,$$

где ось X перпендикулярна скорости машины.

Отсюда получим, что  $v^2 = \frac{\mu NR}{m} = \mu g R \rightarrow v = \sqrt{\mu g R}$ . Учитывая, что Алексей Иванович указал скорость на 20% меньше полученной, то  $v_{указанная} = 0,7 * \sqrt{\mu g R} = 0,7 * \sqrt{0,4 * 36 * 10} = 8,4 \text{ м/с} \approx 30 \text{ км/ч}$ .

№3

Саша решил осуществить перестановку у себя в комнате, передвинув шкафы, кровать, а главное – тяжёлое фортепиано. Саша был ленив и умён, и ему не хотелось мучиться, двигая тяжёлую мебель. И потому его посетила гениальная идея: а почему бы не залить весь пол подсолнечным маслом? Тогда коэффициент трения уменьшится и двигать предметы станет намного проще! Так он и сделал. Не учёл он одного: сам-то он тоже начнёт скользить. А потому, пару раз поскользнувшись и упав, он понял, что ничего у него не выйдет. Однако, сколько энергии ему удалось бы сэкономить, если бы его план сработал? Фортепиано он хотел передвинуть на расстояние 4 м, коэффициент трения без масла – 0.5, коэффициент трения с маслом – 0.1, масса фортепиано – 200 кг. Ответ приведите в Джоулях, округлив до целого.

Решение:

Запишем второй закон Ньютона по осям для передвигаемого фортепиано:

$$Ox: F_{\text{Саши}} - \mu N = 0 \text{ (для } v = \text{const)}$$

$$Oy: N - mg = 0$$

Отсюда  $F_{\text{Саши}} = \mu mg$ , а  $A_{\text{Саши}} = \mu mg * l$ .

Тогда  $A_{\text{без масла}} = \mu_{\text{без масла}} mgl = 0,5 * 200 * 10 * 4 = 4000 \text{ Дж}$ ,

$A_{\text{с маслом}} = \mu_{\text{с маслом}} mgl = 0,1 * 200 * 10 * 4 = 800 \text{ Дж}$ , откуда искомая

$$\Delta A = A_{\text{без масла}} - A_{\text{с маслом}} = 3200 \text{ Дж}.$$

№4

Вася был большим фантазёром с большой тягой к физике. Или большим физиком с большой тягой к фантазии. В один зимний день он проходил мимо железнодорожной станции и задумался: «Вот есть локомотив, который едет по ж/д дороге. А есть я, который может кидаться в него снежками. Интересно, сколько времени мне нужно, чтобы снежками остановить локомотив?» Вася принялся считать – и решил, что, не стоит на это тратить свою жизнь, тем более, что и нельзя закидывать снежками чужие машины.

Сколько же дней ушло бы у Васи, чтобы остановить локомотив, если он кидает по одному снежку каждые 6 секунд? Локомотив катится со скоростью 6 м/с и имеет массу 150 тонн, а снежок в среднем имеет массу 100 грамм и летит со скоростью 12 м/с. Считать, что снежки прилипают к локомотиву при соударении, после чего снег осыпается, а Вася всегда находится спереди поезда и кидает снежки ровно против его движения. Локомотив катится с выключенными двигателями, силами сопротивления пренебречь. Ответ выразите в днях, округлив до целого.

Решение:

Запишем закон сохранения импульса для системы поезд-снежки, учитывая, что в конце локомотив должен остановиться:

$$Mv_{\text{лок}} - Nm_{\text{сн}}v_{\text{сн}} = 0,$$

где  $M$  – масса локомотива,  $N$  – количество снежков,  $v_{\text{сн}}$  – скорость снежка перед ударом.

Тогда количество снежков, которое ему нужно бросить  $N = \frac{Mv_{\text{лок}}}{m_{\text{сн}}v_{\text{сн}}}$ , а необходимое время  $t = N\tau = \frac{Mv_{\text{лок}}}{m_{\text{сн}}v_{\text{сн}}}\tau$ , где  $\tau$  – время лепки одного снежка.

Тогда:

$$t = N\tau = \frac{Mv_{\text{лок}}}{m_{\text{сн}}v_{\text{сн}}}\tau = \frac{150\,000 \text{ кг} \cdot 6 \text{ м/с}}{0,1 \text{ кг} \cdot 12 \text{ м/с}} \cdot 6 \text{ с} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 52 \text{ дня}.$$

№5

При обгоне водитель должен быть предельно внимателен, особенно, если по встречной полосе движется фура. При лобовом столкновении с фурой, даже на маленьких скоростях, последствия будут ужасными – и намного страшнее, чем при столкновении двух легковых машин в тех же условиях. Считая такое столкновение абсолютно неупругим (машины «слипаются» и движутся как одно целое), найдите, при какой минимальной скорости движения легковой машины и фуры при лобовом столкновении водитель легкового авто получит серьёзную травму (например, перелом рёбер), если в среднем это происходит в авариях, где автомобиль из-за столкновения меняет скорость на 60 км/ч? Начальные скорости движения легкового автомобиля и фуры одинаковы, масса легковушки – 1.4 тонны, фуры – 14 тонн. Ответ выразите в км/ч и округлите до целого.

Решение:

Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось. При столкновении легкового автомобиля и фуры имеем:

$$m_{\text{легк}}v - m_{\text{фуры}}v = (m_{\text{фуры}} + m_{\text{легк}})v_{\text{после}} \rightarrow v_{\text{после}} = -\frac{m_{\text{фуры}} - m_{\text{легк}}}{m_{\text{фуры}} + m_{\text{легк}}}v,$$

откуда для водителя легковушки  $|a| = \frac{v - v_{\text{после}}}{t_{\text{ст}}} = \frac{v}{t_{\text{ст}}} \left(1 + \frac{m_{\text{фуры}} - m_{\text{легк}}}{m_{\text{фуры}} + m_{\text{легк}}}\right)$ , где  $t_{\text{ст}}$  – продолжительность столкновения. Тогда минимальная скорость:

$$v_{\text{мин}} = \frac{a_{\text{мин}} t_{\text{ст}}}{\left(1 + \frac{m_{\text{фуры}} - m_{\text{легк}}}{m_{\text{фуры}} + m_{\text{легк}}}\right)} = \frac{150 \text{ м/с}^2 * 0,1 \text{ с}}{\left(1 + \frac{12,6 \text{ Т}}{15,4 \text{ Т}}\right)} = 30 \text{ км/ч}$$

№6

В Формуле 1 для езды на больших скоростях применяют несколько физических уловок, среди которых специальные покрышки с большим коэффициентом трения, антикрылья (они же спойлеры) и очень низкая подвеска. Антикрылья и низкая подвеска нужны для создания большой прижимной силы, придавливающей болид к земле. Известно, что прижимная сила для болида со спойлерами на скорости 150 км/ч в 4 раза больше силы тяжести, которая действует на машину. Также 150 км/ч - максимальная скорость, с которой машина может проезжать некоторый поворот в форме окружности постоянного радиуса. С какой максимальной скоростью проезжал бы этот поворот обычный автомобиль такой же массы, не создающий прижимной силы? Ответ приведите в км/ч и округлите до целого.

**Решение**

Только благодаря силе трения, которая направлена во внутрь окружности по радиусу, болид может проезжать этот поворот.

Сила трения для болида:

$$F_{fr1} = \mu(mg + 4mg) = 5\mu mg$$

Сила трения для обычной машины:

$$F_{fr2} = \mu mg$$

Запишем условие проезда поворота на максимальной скорости:

$$F_{fr1} = \frac{mV_1^2}{R}$$

$$\frac{F_{fr1}}{F_{fr2}} = \frac{V_1^2}{V_2^2} = 5$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{V_1^2}{5}} = \sqrt{\frac{150^2 (\text{км/ч})^2}{5}} = 67.08 \text{ км/ч}$$

№7

**ВЫХОДИ  
РЕШАТЬ**



ВСЕРОССИЙСКАЯ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНТРОЛЬНАЯ

Андрей, как истинный физик-экспериментатор, любил собирать физические данные во всех пригодных для этого местах. Одним зимним днём он увидел у своего дома заледеневшую карусель и решил провести исследование силы трения покоя резины о лёд. Он взял друзей и попросил их вращать карусель со скоростью 12 оборотов в минуту. В результате долгих и болезненных опытов Андрей выяснил, что, если он стоит на расстоянии меньше 1 м от центра карусели, то ему даже не надо держаться за поручни и он не соскальзывает. Если же он стоит на большем расстоянии, ботинки Андрея начинают скользить и, в итоге, бедный Андрей падает. Но так как Андрей экспериментатор, а не теоретик, то на основе этих данных он просит вас найти коэффициент трения между его ботинками и поверхностью карусели. Считать, что поверхность карусели однородная, как и поверхность его ботинок.  $\pi$  принять равным 3.14.

### Решение

Андрея удерживает на карусели сила трения, которая направлена во внутрь окружности по радиусу.

$$F_{fr} = \mu mg$$

Условие, при котором начинается проскальзывание Андрея:

$$F_{fr} = \frac{mV^2}{R_{max}}$$

Скорость мальчика:

$$V = 2\pi nR$$

$$\mu mg = \frac{mv^2}{R_{max}}$$

$$\mu = \frac{4\pi^2 n^2 R}{g} = \frac{4 \cdot 3.14^2 \cdot 12^2 (1/min^2) \cdot 2m}{10m/s^2} = \frac{4 \cdot 3.14^2 \cdot \frac{12^2}{60^2} (1/s^2) \cdot 2m}{10m/s^2} = 0.16$$



## Линейка задач № 4

№1

Ёмкость аккумуляторов обычно измеряется в ампер-часах, т.е. в том, сколько часов аккумулятор может выдавать ток определённой силы. Например, ёмкость в  $100 \text{ А} \cdot \text{ч}$  значит, что аккумулятор может выдавать ток силой  $1 \text{ А}$  в течение 100 часов, силой  $4 \text{ А}$  – в течение 25 часов и т.д.

В VK Музыке появился новый альбом любимой группы Толи, отчего тот не мог перестать слушать его снова и снова. Оказавшись на даче, он включил музыку в машине, и ему стало интересно, насколько сильно магнитола разряжает аккумулятор. У него был автомобиль с полностью заряженным аккумулятором ёмкостью  $60 \text{ А} \cdot \text{ч}$ . Сколько часов Толя сможет слушать музыку в машине прежде, чем автомобиль перестанет заводиться, если потребляемая мощность магнитолы –  $150 \text{ Вт}$ , напряжение в сети автомобиля –  $12 \text{ В}$ , а для успешного старта двигателя заряд аккумулятора должен составлять не менее 50% от максимального? Ответ округлить до десятых.

Решение:

Толя может потратить максимум 50% от запасённой в аккумуляторе энергии. Найдём, сколько это в джоулях:  $E = 0,5 * E_{\text{запасённая}} = 0,5 * It * U = 0,5 * 60 \text{ А} * 1 \text{ ч} * 12 \text{ В} = 0,5 * 60 \text{ А} * 3600 \text{ с} * 12 \text{ В} = 1\,296\,000 \text{ Дж}$ . Тогда время, на которое хватит этой энергии составляет  $t = \frac{E}{P} = \frac{1\,296\,000 \text{ Дж}}{150 \text{ Вт}} = 8\,640 \text{ с} = 2,4 \text{ часа}$

№2

Тарифы на электроэнергию обычно указывают в рублях за кВт\*ч. Например, стоимость в 6 рублей за кВт\*ч значит, что при использовании прибора мощностью  $1 \text{ кВт}$  в течение часа нужно будет заплатить 6 рублей.

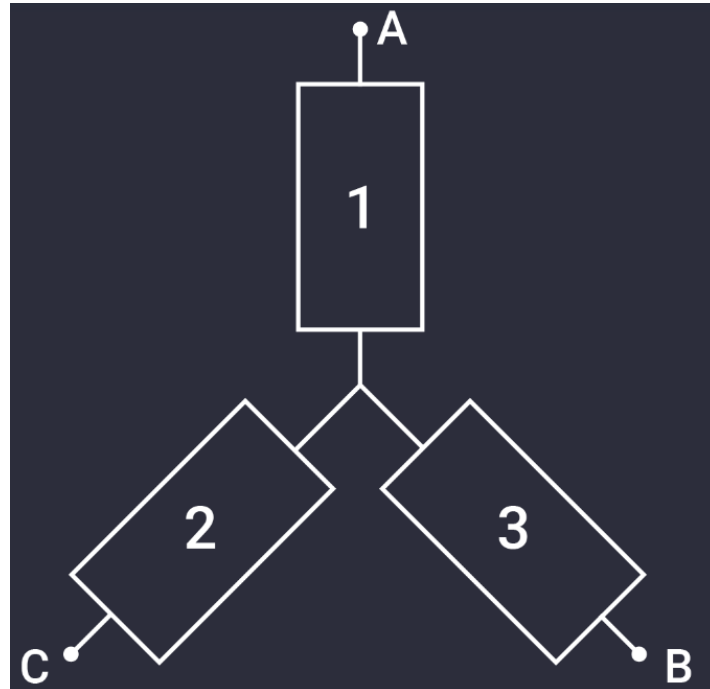
Родители Ани постоянно ругали её за то, что она не экономит электричество, ведь у неё постоянно работает компьютер и она не выключает его даже на ночь. Устав от вечных препираний, Аня решила доказать, что их обвинения несущественны. Она посмотрела, сколько электричества потребляет компьютер в режиме ожидания, а затем посчитала, во сколько рублей обходится его «холостая» работа в течение месяца. Оказалось, что включённый неиспользуемый компьютер тратит около 10% своей номинальной мощности. Зная, что Анин компьютер имеет блок питания на  $600 \text{ Вт}$ , а пользуется она им только 5 часов в день, вычислите, какая сумма за время простоя у неё получилась. Стоимость электроэнергии составляет 6 рублей за кВт\*ч. Считать, что в месяце 30 дней, а компьютер Аня не выключает никогда. Ответ выразите в рублях и округлите до целого.

Решение:

Чтобы найти стоимость, нужно найти общее количество энергии, потраченной неиспользуемым компьютером за месяц.  $E = \eta Pt = 0,1 * 600 \text{ Вт} * 19 \text{ ч} * 30 \text{ дней} = 34\,200 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 34,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . Поскольку  $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  стоит 6 рублей, то общая стоимость простоя равняется  $34,2 * 6 \approx 205$  рублей.

№3

На практическом туре областной олимпиады по физике Ульяне выдали «чёрный ящик» - прибор, содержащий внутри несколько резисторов, соединённых неизвестным образом и имеющий 3 вывода. Произведя замеры тока между попарными выводами для батарейки напряжением 9 В, она предположила, что соединение внутри имеет вид, представленный на рисунке. После чего она посчитала сопротивления и заслуженно получила полный балл за задачу. Какое сопротивление у неё получилось у резистора №2? Полученные токи: AC – 1 А, CB – 6 А, AB – 3 А.



Решение:

Исходя из найденных токов можем найти сопротивления:

$$R_{AC} = \frac{U}{I_{AC}} = R_1 + R_2, \quad R_{AB} = \frac{U}{I_{AB}} = R_1 + R_3, \quad R_{BC} = \frac{U}{I_{BC}} = R_2 + R_3.$$

$$\text{Отсюда } R_2 = \frac{1}{2}(R_{AC} + R_{BC} - R_{AB}) = \frac{U}{2} * \left( \frac{1}{I_{AC}} + \frac{1}{I_{BC}} - \frac{1}{I_{AB}} \right) = \frac{9}{2} * \left( 1 + \frac{1}{6} - \frac{1}{3} \right) = 3,75 \text{ Ом.}$$

№4

Тарифы на электроэнергию обычно указывают в рублях за кВт\*ч. Например, стоимость в 6 рублей за кВт\*ч значит, что при использовании прибора мощностью 1 кВт в течение часа нужно будет заплатить 6 рублей.

Саша терпеть не мог, что в его доме постоянно никто не выключает свет. Ведь это – ценное электричество, его нужно экономить! Однако, его родители явно не понимали этого и Саша до них никак не мог достучаться. Тогда он решил подготовить доказательную базу и в явном виде показать всё родителям. Для этого он решил в один день специально ни за кем не выключать свет и посмотреть, сколько «лишних» часов использования образуется. А затем – посчитать стоимость такой расточительности за месяц. Оказалось, что за сутки свет в гостиной комнате горит вхолостую в

течение 4 часов, в прихожей – 5, на кухне – 3, а в туалете – вообще не выключается! (что Саша счёл за 23 часа). Зная, что в гостиной комнате и на кухне в люстре по 4 лампочки, в прихожей и туалете – по 2, рассчитайте, сколько рублей в месяц пришлось платить бы родителям Саши за «холостое» использование света, если бы он ничего не выключал. Родители не заморачиваются и покупают "дешёвые" лампы накаливания мощностью 60 Вт. Тариф на электроэнергию составляет 6 рублей за кВт\*ч. Считать, что в месяце 30 дней. Ответ округлите до целого.

*Примечание: энергосберегающие лампы потребляют в ~5 раз меньше энергии, чем лампы накаливания, и тоже сэкономили бы семье Саши много денег. Используйте энергосберегающие лампы!*

Решение:

Сперва найдём, сколько энергии тратится в день.  $E_{\text{в день}} = E_{\text{гост}} + E_{\text{кухн}} + E_{\text{прихож}} + E_{\text{туалет}} =$

$$4 * 60 \text{ Вт} * 4 \text{ ч} + 4 * 60 \text{ Вт} * 3 \text{ ч} + 2 * 60 \text{ Вт} * 5 \text{ ч} + 2 * 60 \text{ Вт} * 23 \text{ ч} = 5040 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 5,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Поскольку 1 кВт\*ч стоит 6 рублей, общая стоимость за месяц равняется  $S = E_{\text{в день}} * N_{\text{дней}} * p_{\text{за кВт}}$   
 $= 5,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч} * 30 \text{ дней} * 6 \text{ руб. за кВт} \cdot \text{ч} = 907 \text{ рублей}$

№5

Борис никогда не понимал этих абстрактных единиц измерения на физике: «Паскали», «Ньютоны», «Кулоны». Как это вообще представить? Поэтому он стал придумывать собственные системы: например, энергию он решил оценивать не в Джоулях, а в количестве пальчиковых батареек. Ёмкость батареек, в свою очередь, измеряется в миллиампер-часах, т.е. в том, сколько часов она может выдавать ток определённой силы. Например, ёмкость в 500 мА\*ч значит, что батарейка может выдавать ток силой 10 мА в течение 50 часов, силой 500 мА – в течение 1 часа и т.д.

Однажды Боре стало интересно, а с какой высоты нужно уронить гирию массой 5 кг, чтобы получить энергию одной батарейки. Оцените, скольким метрам соответствует такое падение, округлив до целого. Ёмкость батарейки принять за 1500 мА\*ч, напряжение – 1.5 В.

Решение:

Сперва переведём энергию батарейки в Джоули:  $E = 1,5 \text{ В} * 1500 \text{ мА} * \text{ч} = 1,5 \text{ А} * 1,5 \text{ В} * 3600 \text{ с} = 8100 \text{ Дж}$ . Энергия гири, падающей с некоторой высоты, равна её потенциальной энергии в начале падения  $E = mgh \rightarrow h = \frac{E}{mg} = \frac{8100 \text{ Дж}}{5 \text{ кг} * 10 \text{ м/с}^2} = 162 \text{ м}$ .

Двое учёных-физиков с целью популяризации науки решили провести в VK Видео трансляцию про то, как они собирают квантовый компьютер. В перерыве учёные решили развлечь зрителей, используя оборудование, которое нашли у себя в лаборатории. Они захотели найти сопротивление некоторой цепи в квантовом компьютере. В их распоряжении был необычный амперметр со внутренним сопротивлением 100 Ом (такой амперметр можно представить как резистор, последовательно подключенный к идеальному амперметру) и батарейка без внутреннего сопротивления.

В первый раз учёные подключили амперметр, батарейку и цепь квантового компьютера последовательно. Во второй раз они подключили амперметр параллельно квантовому компьютеру, а затем – последовательно к этой конструкции подключили батарейку. В результате, в первый раз ток через амперметр был равен 0.1 А, а во второй – 1 А. Чему же равно сопротивление этой цепи квантового компьютера? Цепь считать резистором с постоянным сопротивлением. Ответ привести в Ом и округлить до десятых.

### Решение

Так как в условии сказано, что цепь квантового компьютера состоит только из резисторов с постоянным сопротивлением, то можем представить ее на схеме как некий резистор  $R_x$ , сопротивление которого и просят найти.

Запишем два закона Ома для этих схем:

$$\varepsilon = I_1(R_x + R_a)$$

$$\varepsilon = I_2 R_a$$

Преобразуем:

$$I_1(R_x + R_a) = I_2 R_a$$

$$R_x = \frac{I_2 R_a}{I_1} - R_a = \frac{1\text{А} \cdot 100\Omega}{0.1\text{А}} - 100\Omega = 900\Omega$$

Благодаря высокому напряжению линии электропередач способны передавать энергию на дальние расстояния с весьма малыми потерями. Однако, эти потери всё-таки имеются – и напряжение на подстанции, куда приходит линия, всегда меньше, чем напряжение на её входе. Рассмотрим линию, которая имеет длину 500 км и работает при напряжении 330 кВ. Найдите отношения напряжения на нагрузке (то есть на приборах подстанции) к напряжению, которое подводится к линии. Известно, что линия выполнена из двух кабелей, каждый из которых имеет удельное сопротивление 0,028 Ом\*мм<sup>2</sup>/м с площадью поперечного сечения 200 мм<sup>2</sup>, а ток, который течёт по линии, равняется 100 А. Ответ округлить до тысячных.

*Примечание: в реальности потери напряжения возникают не только из-за наличия у проводов сопротивления в традиционном смысле: помимо этого, потери возникают из-за преобразования напряжения, сопротивления линий переменному току и т.д.*

## Решение

Найдем суммарное сопротивление проводов линии:

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{0.028\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \cdot 2 \cdot 500000\text{m}}{200\text{mm}^2}$$

Напряжения на проводах:

$$U_{\text{wire}} = IR$$

Отношение:

$$a = \frac{U - U_{\text{wire}}}{U} = 1 - \frac{U_{\text{wire}}}{U}$$

$$a = 1 - \frac{IR}{U} = 1 - \frac{I\rho l}{US} = 0.958$$

## Линейка задач №5

№1

Организаторы VK Fest решили вновь порадовать своих участников, организовав для них очень крутое развлечение: возможность полетать на флайборде. Флайборд – это доска, к которой подсоединён шланг, через который подаётся вода под очень большим напором, которая затем с огромной скоростью выбрасывается парой струй из-под доски. За счёт управления силой и направлением струй человек на доске может летать на ней, словно на реактивном ранце.

В процессе подготовки фестиваля перед организаторами возник вопрос, какой производительности насос брать. Они знали, что их флайборд должен быть способен поддерживать в левитации человека массой до 120 кг. Зная, что вода выбрасывается со скоростью 12 м/с, рассчитайте минимальную производительность насоса в литрах в минуту для этих условий. Плотность воды – 1000 кг/м<sup>3</sup>. Массой флайборда и снаряжения пренебречь.



Решение:

Выбрасываемой воде необходимо иметь возможность уравновесить силу тяжести, действующую на человека. Запишем второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \leftrightarrow m_{\text{человека}} g = \frac{v_{\text{воды}} \Delta m}{\Delta t} = \frac{v_{\text{воды}} \rho_{\text{воды}} \Delta V}{\Delta t} = v_{\text{воды}} \rho_{\text{воды}} v, \text{ где } v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right] -$$

объёмный расход воды в секунду. Отсюда

$$v = \frac{m_{\text{человека}} g}{v_{\text{воды}} \rho_{\text{воды}}} = \frac{120 \text{ кг} * 10 \text{ м/с}^2}{12 \text{ м/с} * 1000 \text{ кг/м}^3} = 0,1 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 100 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 6000 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$$

№2

В городе Энске необходимо было построить автомобильный мост над рекой Водяной, ширина которой – 100 метров. Мэр города объявил тендер (конкурс) среди застройщиков и заключил с победителем контракт на постройку моста, выдерживающего автомобили массой до 10 тонн. Однако застройщик оказался недобросовестным и решил сэкономить на материалах. В результате, спустя несколько месяцев использования мост, который был изначально выгнут вверх, прогнулся вниз, что повысило нагрузку на опоры и поставило под угрозу безопасность проезжающих машин. Мэр поручил срочно исправить ситуацию, однако ленивый застройщик не стал ничего переделывать, а просто поставил новое ограничение по массе для проезжающих автомобилей. Какое ограничение он выставил, если радиус кривизны моста, когда он был выпуклым – 80 м, когда он стал вогнутым – 110 м, а разрешённая на мосту скорость – 60 км/ч? Ответ выразите в тоннах, округлив до целого.

*Примечание: движение по траектории с некоторым радиусом кривизны равносильно движению по окружности этого радиуса.*

Решение:

Пока мост был выпуклым, он мог выдерживать автомобили до 10 тонн. Присутствовало центростремительное ускорение, направленное вниз, и второй закон Ньютона оси, перпендикулярной поверхности моста, имел вид  $N_1 - m_1 g = -\frac{mv^2}{R_1}$ . Т.е. мост мог выдерживать автомобили, давящие с силой не более  $P_{\text{max}} = -N_1 = m_{\text{max}1} \left( g - \frac{v^2}{R_1} \right)$ .

Когда мост прогнулся вниз, появилось центростремительное ускорение, направленное вверх. Второй закон Ньютона по оси, перпендикулярной поверхности моста, для автомобиля стал выглядеть следующим образом:

$$N_2 - m_2 g = \frac{mv^2}{R_2} \rightarrow P_2 = -N_2 = m_2 \left( g + \frac{v^2}{R_2} \right) \leq P_{\text{max}}$$

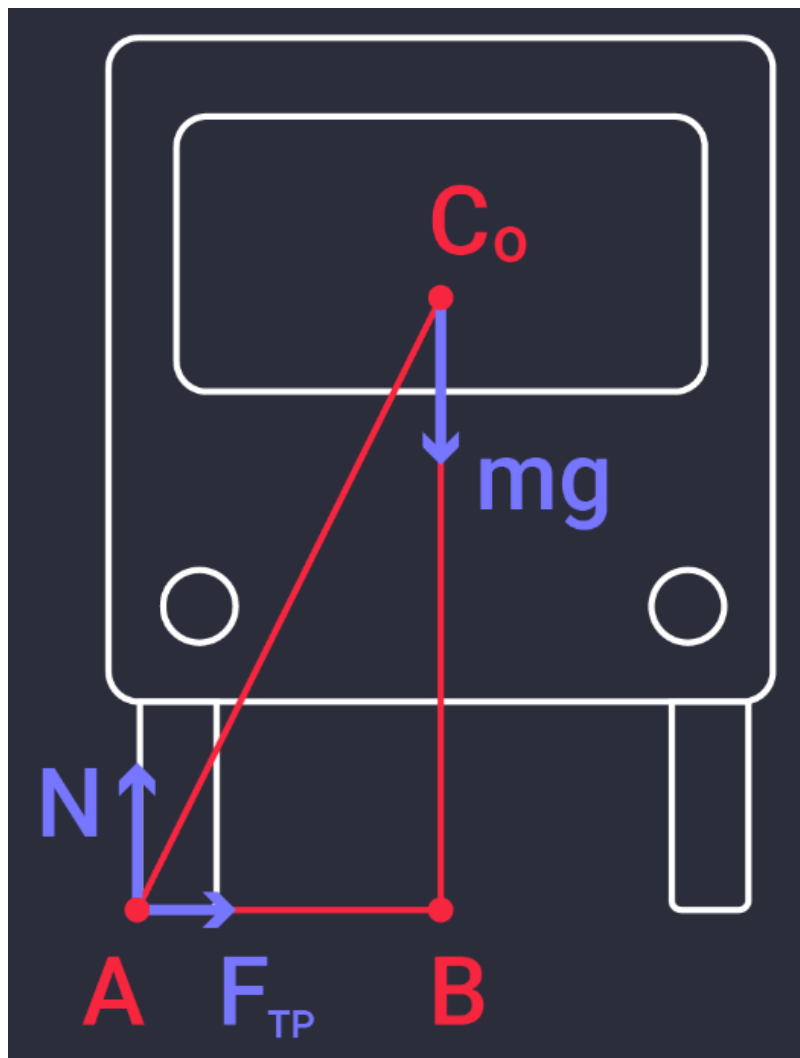
Отсюда, учитывая, что  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 16,67 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , имеем:

$$m_{1 \text{ max}} = \frac{P_{\text{max}}}{\left( g + \frac{v^2}{R} \right)} = \frac{m_{\text{max}1} \left( g - \frac{v^2}{R_1} \right)}{\left( g + \frac{v^2}{R_2} \right)} = \frac{10\,000 \text{ кг} * \left( 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \frac{\left( 16,67 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{80 \text{ м}} \right)}{\left( 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \frac{\left( 16,67 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2}{110 \text{ м}} \right)} \approx 5 \text{ т.}$$

У Никиты всегда была мечта: он хотел купить себе автобус и сделать из него автодом. Поэтому много времени он проводил, продумывая его будущую конструкцию. В частности, его интересовало, как сильно повлияет на управляемость то, что автобус после обустройства станет заметно тяжелее: какой вклад внесут мебель, дополнительные аккумуляторы, солнечные панели, водяные и топливные баки. Оказалось, что в этом случае общий центр масс окажется на высоте 1,8 м, а масса автобуса составит 9,5 тонн. Зная, что ширина автобуса – 2,5 м, оцените, с какой максимальной скоростью дооборудованный автодом сможет проходить поворот радиусом 20 м, чтобы не перевернуться. Считать, что заноса автобуса не возникает. Ответ выразите в км/ч, округлив до целого. Деформацией подвески пренебречь.

Решение:

Пусть  $C_0$  – это центр масс, А – внешний угол левого колеса, В – проекция центра масс на землю. Нарисуем рисунок с указанием сил:  $AB = \frac{1}{2} * 2,5 \text{ м} = 1,25 \text{ м}$ ,  $BC_0 = 1,8 \text{ м}$ ,  $\angle BAC = 90^\circ$ .



Когда автобус движется в повороте, его центростремительное ускорение создаётся силой трения. В крайнем случае (когда он вот-вот перевернётся), автобус касается асфальта только углом колеса,



более близкого к центру поворота. В этом случае для того, чтобы он не начал переворачиваться, необходимо, чтобы равнодействующая силы реакции опоры и силы трения проходила через центр масс (её момент относительно точки  $C_0$  был равен нулю). Второй закон Ньютона по осям:

$$Ox: \mu N = \frac{mv^2}{R}$$

$$Oy: N - mg = 0,$$

Равнодействующая проходит через центр масс, если  $\frac{F_{тр}}{N} = \frac{l_{AB}}{l_{BC0}} \leftrightarrow \frac{\frac{mv^2}{R}}{mg} = \frac{l_{AB}}{l_{BC0}} \rightarrow$

$$v_{max} = \sqrt{gR \frac{l_{AB}}{l_{BC0}}} = \sqrt{10 \frac{м}{с^2} * 20 м * \frac{1,25 м}{1,8 м}} \approx 11,8 \frac{м}{с} = 42 \frac{км}{ч}$$

№4

Студент Василий терпеть не мог учёбу, всячески отлынивал от занятий, а когда, наконец, наступила зимняя сессия и его отчислили – вздохнул с облегчением и улыбкой на лице. Однако, вскоре оказалось, что без образования на высокооплачиваемую работу его никто не берёт, а денег заплатить за коммунальные услуги у него нет. Не желая трудиться, Вася решил, что и не нужно ему это отопление и зиму он спокойно переживёт, сжигая накопившиеся конспекты и учебники. И, если бы не родители, так бы он и замёрз – ведь физику он не знал совершенно. Рассчитайте вы: сколько учебников по математике понадобилось бы Васе сжечь за месяц, чтобы не страдать от холода, если теплоёмкость Васи - 3400 Дж/кг\*°С, весит он 75 кг, а остывает на 1 °С в час? Удельная теплота сгорания учебника – 15 МДж/кг, масса – 900 г. На нагрев Васи идёт 2,5% от всей выделившейся теплоты. Считать, что в месяце 30 дней.

Решение:

Чтобы Вася не замерзал, необходимо каждый час нагревать его на 1 °С. Количество теплоты, которое для этого нужно  $Q_ч = cm\Delta t = 3400 \frac{Дж}{кг*°С} * 75 кг * 1 °С = 0,255 \frac{МДж}{ч}$ . Количество теплоты, которое понадобится ему за месяц равняется  $Q = q_{уч}t$ , где  $q_{уч}$  – удельная теплота сгорания учебника. Это же равняется теплоте, выделившейся от сжигания учебников:

$$Q_{сожж} = \eta q_{уч} N_{уч} m_{уч} = Q_ч t \rightarrow N_{уч} = \frac{Q_ч t}{\eta q_{уч} m_{уч}} = \frac{0,255 \frac{МДж}{ч} * 24 ч * 30 дней}{0,025 * 15 \frac{МДж}{кг} * 0,9 кг} = 544 \text{ штуки}$$

№5

Жене всегда было интересно, почему нельзя подключать сразу несколько приборов к одной розетке. Родители прожужжали ему об этом уже все уши, отчего он решил обязательно попробовать так сделать, как только они уехали на дачу. Для этого в один удлинитель он одновременно включил холодильник мощностью 400 Вт, электрический чайник на 1.2 кВт, пылесос на 1.3 кВт, фен

мощностью 1 800 Вт, утюг мощностью 900 Вт и обогреватель мощностью 1 500 Вт. К счастью, почти сразу сработал предохранитель – и электричество в квартире отключилось. Однако, проработай эта конструкция пять минут, на какую температуру успели бы нагреться провода, идущие от розетки? Они имеют сопротивление 0,035 Ом, массу 0,1125 кг, удельную теплоёмкость 400 Дж/кг\*°С. Напряжение в сети – 220 В. Ответ выразите в градусах Цельсия, округлив до десятых.

Решение:

Теплота, на которую успели нагреться провода  $Q = P_{\text{пров}}t$ , где  $P_{\text{пров}}$  – это мощность, выделяющаяся в проводах (не путать с мощностью приборов!)

Ток, который потечёт по проводам  $I = \frac{P_{\text{приборов}}}{U} \rightarrow P_{\text{пров}} = I^2 R_{\text{пров}} = \left(\frac{P_{\text{приборов}}}{U}\right)^2 R_{\text{пров}}$ .

Учитывая, что выделившаяся теплота пойдёт на нагрев по закону  $Q = c_{\text{меди}} m_{\text{меди}} \Delta t$ , то

$$\Delta t = \frac{Q}{c_{\text{меди}} m_{\text{меди}}} = \frac{P_{\text{пров}} t}{c_{\text{меди}} \rho_{\text{меди}} S l} = \frac{I^2 R_{\text{пров}} t}{c_{\text{меди}} m_{\text{меди}}} = \frac{P_{\text{приборов}}^2 R_{\text{пров}} t}{U^2 c_{\text{меди}} m_{\text{меди}}} =$$

$$= \frac{(400 + 1200 + 1300 + 1800 + 900 + 1500)^2 * 0,035 * 300}{220^2 * 400 * 0,1125} = 243 \text{ } ^\circ\text{C}$$

№6

При приземлении самолет в момент касания полосы теряет часть своего горизонтального импульса за счёт резкого изменения вертикального импульса. Этим частично можно объяснить тот факт, что в дождливую погоду пилоты предпочитают садиться не столь мягко, как они это делают в хорошую погоду. Считайте, что в момент касания вертикальная скорость снижения самолета равна 3 м/с, горизонтальная скорость – 200 км/ч. Коэффициент трения шасси о полосу принять равным 0.5. Найдите горизонтальную скорость самолета сразу после касания полосы, если считать, что касание происходит с полосой почти мгновенно, а вертикальная скорость уменьшается до 0 и более не меняет своего значения. Ответ приведите в км/ч и округлите до десятых.

Подсказка: изменение вертикального импульса происходит за счёт контакта с землёй – т.е. за счёт силы реакции опоры, от которой зависит сила трения.

**Решение**

В момент касания на самолет действует сила трения:

$$F_{fr} = \mu F_{ground}$$

$F_{ground}$  - сила, с которой самолет действует на полосу. Сразу заметим, что она больше силы тяжести, поскольку при касании вертикальный импульс самолета пропадает за счет силы, которая действует со стороны полосы. По третьему закону Ньютона с этой же силой, но в противоположном направлении, действует самолет на полосу.

То есть вертикальный импульс самолета теряется за счет импульса силы:

$$mV_{vert} = F_{ground}t, t \rightarrow 0$$

Так как приземление происходит почти мгновенно, никакая другая сила, кроме силы трения самолета о землю, не может поменять его горизонтальный импульс.

Запишем изменение горизонтального импульса самолета за счет импульса силы трения:

$$m(V_x - V_{gor}) = -F_{fr}t, t \rightarrow 0$$

Подставим значение силы трения:

$$m(V_x - V_{gor}) = -\mu F_{ground}t$$

Но мы знаем чему равно  $F_{ground}t$ !

$$m(V_x - V_{gor}) = -\mu m V_{vert}$$

$$V_x = V_{gor} - \mu V_{vert} = 200 \text{ km/h} - 0.5 \cdot 10.8 \text{ km/h} = 194.6 \text{ km/h}$$

№7

"Современные проблемы требуют современных решений". Видимо, именно так думал человек, который придумал первый проточный водонагреватель во время очередного отключения горячей воды. Принцип его работы прост: холодная вода протекает через водонагреватель и вытекает из крана уже теплой, при этом зачастую даже не нужен огромный бак с водой! Известно, что за минуту нагреватель может пропустить через себя 3 литра воды, при этом для его работы необходимо напряжение 220 В, температура воды в водопроводе – 10 °С, температура воды на выходе из нагревателя – 40 °С. Также известны следующие табличные значения: удельная теплоемкость воды – 4200 Дж/кг\*°С, плотность воды – 1000 кг/м<sup>3</sup>. Найдите рабочий ток электронагревателя, если вся подводимая мощность идет на нагрев воды. Ответ приведите в Амперах и округлите до сотых.

### Решение

Подводимая мощность:

$$P = U \cdot I$$

Энергия на нагрев воды в единицу времени ( $\nu$  - объемный расход):

$$P = \rho \nu c (t_2 - t_1)$$

$$U \cdot I = \rho \nu c (t_2 - t_1)$$

$$I = \frac{\rho \nu c (t_2 - t_1)}{U} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 3 \text{ l/min} \cdot 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot (40 - 10)^\circ}{220 \text{ V}} =$$
$$= \frac{1 \text{ kg/l} \cdot 3 \text{ l/s} \cdot 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot (40 - 10)^\circ}{220 \text{ V} \cdot 60} = 28.64 \text{ A}$$

**ВЫХОДИ  
РЕШАТЬ**



ВСЕРОССИЙСКАЯ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНТРОЛЬНАЯ

Экспериментатору Андрею на день рождения подарили инновационный шарик постоянного объема, который выдерживает огромные температуры, тогда как оболочка не допускает теплообмена внутренней части с окружающей средой. При этом шарик имеет маленькое отверстие, через которое воздух может выходить наружу.

Андрей знает, что, если нагревать воздух, он уменьшает свою плотность. Экспериментатор решает провести опыты с шариком и узнать, до какой температуры надо нагреть воздух внутри шарика, чтобы он полетел. Андрей много раз пытался, но так и не смог подобрать нужную температуру. При какой минимальной температуре воздуха внутри шарик полетит? Считать, что лишний воздух покинул шарик и в нём установилась постоянная температура и плотность внутреннего воздуха. Масса оболочки шарика равна 5,6 г, радиус - 0,3 м, плотность воздуха снаружи – 1,15 кг/м<sup>3</sup>. Плотность воздуха внутри шарика зависит от температуры по формуле  $\rho = 349 / (273 + t)$  кг/м<sup>3</sup>, где  $t$  - температура воздуха внутри шарика, выраженная в градусах Цельсия. Формула объема шара:  $V = (4/3) \cdot \pi R^3$ . Ответ представить в градусах Цельсия и округлить до целого,  $\pi$  принять равным 3.14.

### Решение

Шарик может полететь из-за силы Архимеда со стороны окружающего воздуха, как это происходит с воздушными шарами. Но для этого плотность воздуха внутри шарика должна стать меньше, поскольку нужно поднять ещё саму оболочку. Условие полёта:

$$mg + \frac{349}{273 + t} \frac{4}{3} \pi R^3 g = \rho_{ext} \frac{4}{3} \pi R^3 g$$

Шарик полетит, когда левая часть будет меньше или равна правой. Так как просят минимальную температуру, то стоит рассматривать случай равенства.

Решаем относительно  $t$ :

$$\frac{349}{273 + t} = \rho_{ext} - m \frac{3}{4\pi R^3}$$

$$t = \frac{349}{\rho_{ext} - m \frac{3}{4\pi R^3}} - 273 = \frac{349}{1.15 \text{ kg/m}^3 - 0.0056 \text{ kg} \frac{3}{4 \cdot 3.14 \cdot 0.3^3 \text{ m}^3}} - 273 = 44^\circ \text{C}$$