

### 3-й этап интернет олимпиады СУНЦ МГУ по физике с решениями

#### 7 класс

1. К горизонтальному полу прибит тонкая ( $\approx 1$  см высотой) планка. Вася приставил к планке стул передними ножками. Привязал к верхней точке спинки стула бечевку и с помощью динамометра выяснил, при какой горизонтальной силе  $F_1$ , приложенной в веревке перпендикулярно планке, стул начинает опрокидываться:  $F_1 = 16$  Н. Затем он изменил положение стула, и теперь стул касается планки своими задними ножками. Новое значение минимальной горизонтальной силы перпендикулярной планке, необходимой для опрокидывания стула равно  $F_2 = 13$  Н. Расстояние между линиями, проходящими через концы передних и задних ножек стула равно 41 см. Высота верхней точки спинки стула над полом 75 см. Эта точка находится ровно над линией задних ножек. Какова масса стула? Считайте  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

**Решение:** Центр масс стула находится над полом. Если опустить перпендикуляр от центра масс на пол, то точка пересечения этого перпендикуляра с горизонтальным полом находится между линиями, проходящими через концы передних и концы задних ножек стула на некотором расстоянии  $X$  от линии задних ножек. Для опрокидывания стула в двух указанных в условии задачи случаях должны выполняться соотношения:  $X Mg - 75 \times 13 = 0$  и  $(41 - X) \times Mg - 75 \times 16 = 0$ . Сложим эти два соотношения и получим:  $41 Mg - 75 \times (13 + 16) = 0$  отсюда следует, что  $Mg = 53$  Н. Ответ: масса стула равна 5,3 кг.

2. Два соединенных последовательно одинаковых по длине куски медного провода имеют отличающиеся в 10 раз сечения. Они находятся при комнатной температуре  $+20^\circ\text{C}$ . К свободным концам проводов на короткое время подключили электрическую батарею, и тут же после отключения батареи измерили температуру куска провода с большим сечением. Она оказалась равной  $21^\circ\text{C}$ . Какой в этот момент была температура провода меньшего сечения?

**Решение.** Поскольку в одинаковых по длине проводах тек один и тот же ток, а сечения проводов разные, то мощности, которые выделялись в проводах, отличались в 10 раз. Большая мощность выделялась в тонком проводе. Количество теплоты, доставшееся тонкому проводу в 10 раз больше, чем толстому, а теплоемкость тонкого провода в 10 раз меньше теплоемкости толстого провода. Поэтому тонкий провод нагреется в 100 раз больше толстого. Ответ:  $t = 120^\circ\text{C}$ .

3. Стеклянная бутылка вместимостью 0,5 литра имеет массу 0,4 кг. В неё поместили  $N$  монет по 1 грамму каждая, закрыли пробкой и бросили бутылку в воду. Бутылка не утонула. Чему равно максимальное число  $N$ ? Плотность стекла  $2,5$  г/см<sup>3</sup>. Плотность воды  $1$  г/см<sup>3</sup>. Объемом и массой пробки можно пренебречь.

**Решение.** Объем бутылки с закрытой пробкой, равен  $0,5$  л +  $0,4 \text{ кг} / (2,5 \text{ кг/л}) = 0,66$  л. Поскольку бутылка не утонула в воде, её масса не больше, чем 0,66 кг. Следовательно, должно выполняться неравенство:  $0,4 \text{ кг} + N \times 0,001 \text{ кг} < 0,66 \text{ кг}$ . Отсюда находим:  $N < 260$ . Ответ: 259 штук.

4. В чашку из крана тонкой струйкой льется вода. Когда чашка заполняется, вода переливается через край чашки и стекает в сливное отверстие раковины. Вася с помощью пластиковой трубочки начинает высасывать воду из чашки, в которую продолжает поступать вода из крана. В первый раз на опорожнение чашки Васе потребовалось 20 секунд. До-

ждавшись, когда чашка снова заполнится, Вася решил установить рекорд и увеличил скорость высасывания воды в полтора раза, и ему потребовалось всего 10 секунд, чтобы чашка стала пустой. За какое время пустая чашка заполняется водой, если скорость потока в струе сохраняется во времени?

**Решение.** Обозначим отношение скоростей высасывания воды Васей и поступления воды из крана в первом эксперименте символом  $X$ , а время заполнения чашки струёй воды от совсем пустой до полной символом  $T$ . Тогда, согласно условию, должны выполняться соотношения:  $20c \times (X - 1) = 10c \times (1.5X - 1) = T$ . Из этих соотношений находится значение  $X = 2$ . Подставив эту величину в любое из соотношений, получаем время: Ответ:  $T=20$  с.

5. Победителям кинопремии "Оскар" вручается позолоченная статуэтка из бронзы. Высота статуэтки составляет 33,5 см, а её масса 3,5 кг. В сувенирных лавках можно приобрести копии статуэтки, которые сделаны из пластмассы, покрытой "золотой" краской. Плотность пластмассы  $1,5 \text{ г/см}^3$ . Плотность бронзы  $8,5 \text{ г/см}^3$ . Какова высота копии, если её масса равна 0,2 кг?

**Решение.** Обозначим высоту оригинальной статуэтки символом  $H$ , а высоту копии символом  $h$ . Соответственно обозначим и массы оригинала  $M$  и копии  $m$ . Формы статуэток подобны, поэтому равны отношения  $(M/H^3) : \rho_{\text{бронзы}} = (m/h^3) : \rho_{\text{пластмассы}}$ . Отсюда получаем высоту статуэтки-копии:  $h = H [(m/\rho_{\text{пластмассы}}) : (M/\rho_{\text{бронзы}})]^{1/3} = 23$  см.

## 8 класс

1. К горизонтальному полу прибита тонкая ( $\approx 1$  см высотой) планка. Петя приставил к планке стул передними ножками. Привязал к верхней точке спинки стула бечевку и с помощью динамометра выяснил, при какой горизонтальной силе  $F_1$ , приложенной в веревке перпендикулярно планке, стул начинает опрокидываться:  $F_1 = 16\text{Н}$ . Затем он изменил положение стула, и теперь стул касается планки своими правыми ножками. Новое значение минимальной горизонтальной силы перпендикулярной планке, необходимой для опрокидывания стула равно  $F_2 = 14,5$  Н. Расстояние между линиями, проходящими через концы передних и задних ножек стула равно 41 см. И такое же расстояние между линиями, проходящими через правые и левые концы ножек стула. Причем левая и правая половины стула полностью симметричны друг другу. Высота верхней точки спинки стула над полом 75 см. Эта точка находится ровно над линией задних ножек. Какую минимальную горизонтальную силу  $F_3$  нужно приложить к бечевке, чтобы опрокинуть стул, если к планке стул приставлен задними ножками? Считайте  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

**Решение.** Центр масс стула находится над полом. Если опустить перпендикуляр от центра масс на пол, то точка пересечения этого перпендикуляра с горизонтальным полом находится между линиями, проходящими через концы передних и концы задних ножек стула на некотором расстоянии  $X$  от линии задних ножек. Для опрокидывания стула в двух указанных в условии задачи случаях должны выполняться соотношения:  $(41/2)Mg - 75 \times 14,5 = 0$  и  $(41 - X) \times Mg - 75 \times 16 = 0$ . Из первого соотношения следует, что масса стула равна 5,3 кг. Из второго соотношения получим  $X = 18,38$  см. Для силы, которую нужно найти, выполняется условие:  $X \times Mg = 75 \times F_3$ . Отсюда следует, что  $F_3 = 13,0$  Н.

2. Два соединенных параллельно одинаковых по сечению куску медного провода имеют отличающиеся в 10 раз длины. Они находятся при комнатной температуре  $+20^\circ\text{C}$ . К концам проводов на короткое время подключили электрическую батарею, и тут же после от-

ключения батареи измерили температуру куска провода с большей длиной. Она оказалась равной 21°C. Какой в этот момент была температура провода меньшей длины?

**Решение.** Поскольку к проводам с одинаковым сечением было подведено одинаковое напряжение, а длины проводов разные, то мощности, которые выделялись в проводах, отличались в 10 раз. Большая мощность выделялась в коротком проводе. Количество теплоты, доставшееся длинному проводу в 10 раз меньше, чем короткому, а теплоемкость длинного провода в 10 раз больше теплоемкости короткого провода. Поэтому короткий провод нагреется в 100 раз больше длинного. Ответ:  $t = 120^\circ\text{C}$ .

3. Стеклянная бутылка вместимостью 0,5 литра имеет массу 0,5 кг. В неё поместили  $N$  монет по 1 грамму каждая, закрыли пробкой и бросили бутылку в воду. Бутылка утонула. Чему равно минимальное число  $N$ ? Плотность стекла 2,5 г/см<sup>3</sup>. Плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>. Объемом и массой пробки можно пренебречь.

**Решение.** Объем бутылки с закрытой пробкой, равен  $0,5 \text{ л} + 0,5 \text{ кг} / (2,5 \text{ кг/л}) = 0,7 \text{ л}$ . Поскольку бутылка утонула в воде, её масса больше, чем 0,7 кг. Следовательно, должно выполняться неравенство:  $0,5 \text{ кг} + N \times 0,001 \text{ кг} > 0,7 \text{ кг}$ . Отсюда находим:  $N_{\text{мин}} > 200$ . Ответ:  $N_{\text{мин}} = 201$  штука.

4. В чашку емкостью 150 мл из крана тонкой струйкой льется вода. Когда чашка заполняется, вода переливается через край чашки и стекает в сливное отверстие раковины. Петя с помощью пластиковой трубочки начинает высасывать воду из чашки, в которую продолжает поступать вода из крана. В первый раз на опорожнение чашки Пете потребовалось 20 секунд. Дождавшись, когда чашка снова заполнится, Петя решил установить рекорд и увеличил скорость высасывания воды в три раза, и ему потребовалось всего 5 секунд, чтобы чашка стала пустой. Обрадовавшись, Петя побежал сообщать друзьям о своем рекорде и не закрыл кран. Сколько литров воды утечет в канализацию за 1 час?

**Решение.** Обозначим отношение скоростей высасывания воды Петей и поступления воды из крана в первом эксперименте символом  $X$ , а время заполнения чашки струей воды от совсем пустой до полной символом  $T$ . Тогда, согласно условию, должны выполняться соотношения:  $20 \text{ с} \times (X - 1) = 5 \text{ с} \times (3X - 1) = T$ . Из этих соотношений находится значение  $X = 3$ . Подставив эту величину в любое из соотношений, получаем время заполнения чашки  $T = 40 \text{ с}$ . За 1 час в канализацию утечет объем воды, равный  $0,15 \text{ л} \times (3600 - 40) / 40 = 13,35$  литра. Ответ: 13,35 литра. (Возможно, дети дадут ответ:  $0,15 \text{ л} \times 3600 / 40 = 13,5$  литра.) Его тоже можно считать правильным.

5. Электрический чайник потребляет от электрической сети мощность 2 кВт. Масса воды, которую Петя с небольшим запасом наливает в чайник, равна  $m = 0,3 \text{ кг}$  (это потому что в чашку помещается 0,2 л воды). В таком чайнике Петя разогревает себе для приготовления чая чистую и первоначально холодную (20 градусов по Цельсию) воду, доводя её до кипения. Как только вода (через одну минуту после включения чайника) начинает кипеть, Петя тут же отключает чайник от сети, но вода продолжает кипеть еще 10-15 секунд. Каков в процентах (%) КПД использования электроэнергии, если считать полезной только ту теплоту, которая нужна, чтобы нагреть воду, наливаемую в чашку, до 100 градусов? Удельная теплоемкость воды  $C = 4,2 \text{ Дж/(г} \times \text{градус)}$

**Решение.** В чайнике после его включения сначала нагревается тепловыделяющий элемент, а затем теплота от него передается воде. А после закипания воды и выключения

чайника тепловыделяющий элемент продолжает отдавать воде накопленную энергию до тех пор, пока его температура не станет равной  $100^{\circ}\text{C}$ . Поэтому вода после выключения чайника продолжает кипеть еще некоторое время (10-15 секунд). Если бы энергия, получаемая от электрической сети, доставалась бы только воде в количестве 0,2 кг, то на разогрев этой воды до температуры  $100^{\circ}\text{C}$  потребовалось бы время, равное:  $(0,2\text{кг}) \times 80^{\circ} \times (4200 \text{ Дж/кг градус}) / (2000 \text{ Вт}) = 33,6$  секунды. А поскольку чайник был включен 1 минуту (60 секунд), то КПД использования энергии согласно данному в условии определению равен отношению времен, умноженному на 100%. Ответ:  $\text{КПД} = 100\% \times 33,6 / 60 = 56\%$ .