

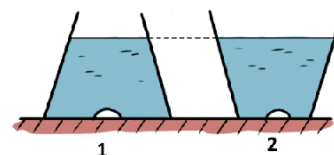


## Задачи для 8 класса

Отборочный этап проводится в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Последний день сдачи — **29 ноября**.

Вся информация об олимпиаде и инструкция по участию — на странице [formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/](http://formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/). Число в квадратных скобках (например, [3]) обозначает номер поля, в которое надо вводить ответ на данный вопрос. Во всех ответах размерности вводить не требуется.

**8.1. (3 балла)** Имеется два сосуда с равными массами воды, изображенные на рисунке. На дне сосудов имеются одинаковые небольшие пузырьки воздуха.



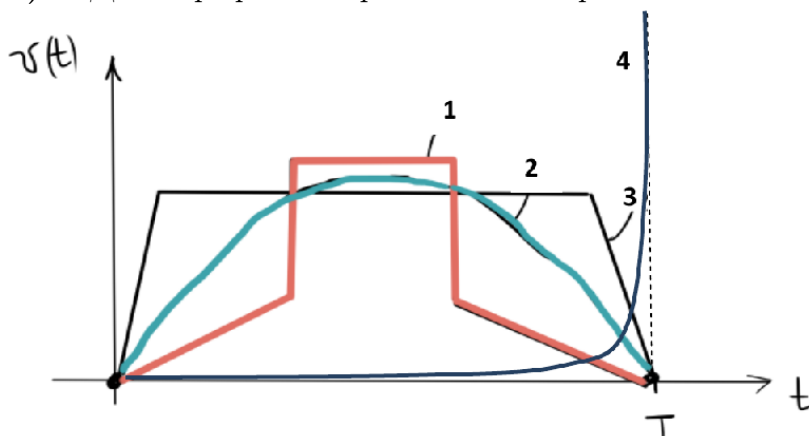
Ответьте на следующие вопросы, в каждом поставив один из знаков «>», «<», «=»:

[1] В каком из сосудов сила давления воды на дно больше:  $F_1 \square F_2$ ?

[2] У какого сосуда сила давления на пол больше (массой сосуда пренебрегите):  $F_1 \square F_2$ ?

[3] В сосуды долили одинаковое количество воды. Сравните размеры пузырьков воздуха в сосудах:  $P_1 \square P_2$ .  
(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**8.2. (2 балла)** Даны графики скоростей тел от времени.



[4] Расставьте тела в порядке возрастания их средней скорости:  $v_{\square} < v_{\square} < v_{\square} < v_{\square}$ . В ответе напишите четырёхзначное число, расставив номера тел 1, 2, 3, 4 в нужном порядке.

(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**8.3. (3 балла)** Экспедиция на Амальтею доставила к Земле образец породы этого спутника Юпитера; масса образца  $M = 9$  кг. Пробные измерения показали, что средняя плотность образца равна  $\rho = 1,5$  г/см<sup>3</sup>. После этого от образца откололи кусок массой  $m = 2$  кг для музея, а остальную часть отправили на дальнейшее изучение. Оказалось, что средняя плотность остатка равна  $\rho_2 = 1,75$  г/см<sup>3</sup>.

[5] Найдите среднюю плотность куска, отправленного в музей. Ответ дайте в г/см<sup>3</sup> с точностью до десятых.

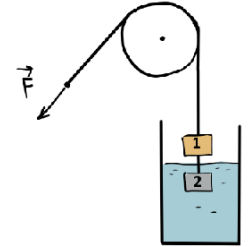
[6] Оказалось, что порода, отправленная на дальнейшее изучение полностью состоит из замороженного в лед плотности 0,9 г/см<sup>3</sup> железа (плотность 7,8 г/см<sup>3</sup>). Найдите массу железа в граммах. Ответ дайте с точностью до грамма.  
(А. М. Минарский)

**8.4. (3 балла)** В жаркий летний день Пятачок отдыхал у себя на даче. Было очень жарко — термометр, установленный в домике, показывал 35°C! Поэтому Пятачок решил поесть мороженого. Он достал ведро с 2 кг мороженого из морозилки, съел 350 г, объелся, и оставил ведро с мороженым на столе. Через некоторое время, когда половина массы оставшегося мороженого растаяла, Пятачок спохватился и убрал всё обратно в морозилку.

- [7] Через какое время мороженое в ведерке охладится до  $-10^{\circ}\text{C}$ , если мощность отвода тепла в морозилке постоянна и равна  $100 \text{ Дж/с}$ ? Ответ дайте в секундах с точностью до 1 секунды.

**Замечание.** Температура плавления мороженого равна  $0^{\circ}\text{C}$  и удельная теплота плавления мороженого —  $300 \text{ кДж/кг}$ ; теплоемкость твердого мороженого равна  $2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ , жидкого —  $4000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ .  
(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**8.5. (3 балла)** В каком диапазоне может изменяться сила  $F$ , чтобы система, указанная на рисунке, находилась в равновесии? Верхний грузик сделан из пенопласта ( $\rho_1 = 0,2 \text{ г/см}^3$ ), а нижний — из стали ( $\rho_2 = 7,8 \text{ г/см}^3$ ), объемы грузиков равны  $V_1 = 900 \text{ см}^3$ ,  $V_2 = 100 \text{ см}^3$ . Трение в оси блока отсутствует, нить невесома и нерастяжима.



- [8] Укажите нижнюю границу диапазона:  $F \geq \square$ .

- [9] Укажите верхнюю границу диапазона:  $F \leq \square$ .

Ответы дайте с точностью до 1 Н, ускорение силы тяжести считайте равным  $10 \text{ Н/кг}$ .

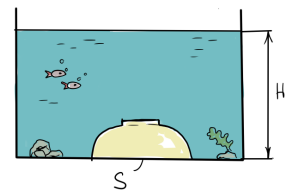
(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**8.6. (3 балла)** Волшебнику нужно дать Ване магический отвар при температуре точно  $T = 30^{\circ}\text{C}$  из фляжки емкостью  $0,3 \text{ литра}$ . К сожалению, Ваня еще маленький, он упрямится и не хочет пить, а фляжка с отваром остывает на  $1 \text{ градус}$  за  $5 \text{ минут}$ . Для того чтобы отвар не остывал, волшебник капает в стакан обыкновенную теплую воду с температурой  $50^{\circ}\text{C}$ . Масса одной капли —  $0,2 \text{ г}$ .

- [10] Сколько капель в минуту нужно капать во фляжку, чтобы температура в ней поддерживалась  $30^{\circ}\text{C}$  (теплоемкость отвара совпадает с теплоемкостью обыкновенной воды)?

- [11] На сколько нагреется за одну минуту отвар, если волшебник по ошибке начнет капать в  $3 \text{ раза}$  чаще (лишняя жидкость выливается из горлышка фляжки)? Ответ дайте с точностью до десятых градуса.  
(А. М. Минарский)

**8.7. (4 балла)** На дне аквариума лежит перевернутая чашка с очень тонкими стенками, объема  $V = 300 \text{ мл}$ . Причем она лежит так, что под чашку вода не подтекает. Известно, что уровень воды в аквариуме  $H = 50 \text{ см}$ , а площадь дна, которую покрывает чашка, равна  $S = 70 \text{ см}^2$ . В чашке нет воздуха (вакуум), а атмосферное давление точно равно  $P_0 = 100000 \text{ Па}$ . Считайте  $g = 10 \text{ Н/кг}$ .

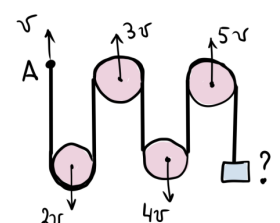


- [12] Найдите силу, с которой вода прижимает чашку ко дну, ответ дайте с точностью до 1 Ньютона.  
(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**8.8. (3 балла)** На Таинственном острове есть подземное озеро площади  $S = 0,35 \text{ км}^2$  и средней глубины  $h = 20 \text{ м}$ , на дне которого лежит подводная лодка капитана Немо. Объем лодки  $V_{\text{л}} = 7000 \text{ м}^3$ . Когда лодка утонула, озеро было пресным, но каждый год из-за просачивания морской воды озеро становится всё более соленым. При этом уровень озера остается постоянным: с поверхности озера происходит медленное испарение. Известно, что плотность морской воды  $\rho_{\text{м}} = 1035 \text{ кг/м}^3$ , а плотность лодки Немо  $\rho_{\text{л}} = 1020 \text{ кг/м}^3$ .

- [13] Сколько кубометров морской воды должно просочиться в озеро, чтобы лодка всплыла? Ответ дайте с точностью до  $1 \text{ м}^3$ .  
(А. М. Минарский)

**8.9. (3 балла)** На рисунке представлена мгновенная фотография системы из подвижных блоков. При этом оказалось, что точка А имеет скорость  $v = 1 \text{ см/с}$ , а скорости блоков равны  $2v$ ,  $3v$ ,  $4v$  и  $5v$  соответственно. Нить нерастяжима.



- [14] Куда в этот момент времени будет смещаться грузик?

В ответе напишите «U», если вверх, и «D», если вниз.

- [15] Найдите, чему в этот момент времени равна скорость грузика. Ответ дайте с точностью до  $1 \text{ см/с}$ .  
(И. В. Демидов)

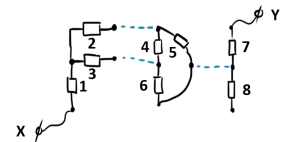


## Задачи для 9 класса

Отборочный этап проводится в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Последний день сдачи — **29 ноября**.

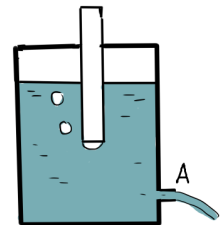
Вся информация об олимпиаде и инструкция по участию — на странице [formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/](http://formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/). Число в квадратных скобках (например, [3]) обозначает номер поля, в которое надо вводить ответ на данный вопрос. Во всех ответах размерности вводить не требуется.

**9.1. (3 балла)** Имеется три буквы, сделанные из одинаковых светодиодов: «F», «D» и «I». Паша решил собрать эти буквы в одну цепь так, как показано на рисунке пунктирными линиями. Далее он подключил эту цепь к сети 220 В.



- [1] Какие диоды не будут гореть? В ответе напишите число, написав номера диодов в порядке возрастания без пробелов и других разделителей.
- [2] Найдите сопротивление цепи между контактами  $X$  и  $Y$ . Сопротивление каждого диода равно 1 кОм, сопротивлением соединительных проводов пренебрегите. Ответ дайте с точностью до 1 кОм.  
(И. В. Демидов, А. М. Минарский)

**9.2. (3 балла)** В закрытый сосуд с водой погрузили трубку, как показано на рисунке.

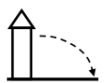


- [3] Как будет изменяться скорость истечения жидкости из отверстия  $A$ , когда его откроют? В ответе укажите *латинскую* букву, соответствующую верному ответу:  
А) будет постепенно уменьшаться,  
В) будет постепенно увеличиваться,  
С) будет приблизительно оставаться постоянной,  
D) вода не будет вытекать,  
E) сначала будет увеличиваться, потом уменьшаться,  
F) сначала будет уменьшаться, потом увеличиваться,  
G) сначала будет уменьшаться, потом останется приблизительно постоянной,  
H) сначала будет приблизительно постоянной, потом будет уменьшаться,  
I) сначала будет приблизительно постоянной, потом вода перестанет вытекать,  
J) сначала будет уменьшаться, потом вода перестанет вытекать.

**Замечание.** Вне сосуда давление равно 1 атм.

(И. В. Демидов)

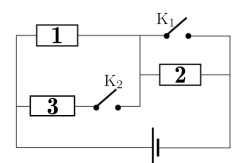
**9.3. (3 балла)** Незакрепленная пушка массой  $M = 600$  кг выстрелила горизонтально ядром массой  $m = 15$  кг из бойницы в башне замка на высоте  $H = 45$  м над землей. Ядро попало в цель на расстоянии  $L = 600$  м от башни.



- [4] Какая примерно масса пороха должна была сгореть при выстреле, если КПД выстрела (отношение работы пороховых газов к полной теплоте сгорания пороха) равно 5%? Ответ дайте с точностью до грамма.

**Замечание.** Удельную теплоту сгорания пороха считайте равной  $10^4$  Дж/г, ускорение силы тяжести  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.  
(А. М. Минарский)

**9.4. (3 балла)** Есть 2 ключа, 3 одинаковых резистора, и идеальные (не имеющие внутреннего сопротивления) источник и провода, из которых собрали схему (см. рис). Сначала все ключи были разомкнуты.



- [5] Куда (влево или вправо) в целом текли электроны в резисторе 1? В ответе напишите «L», если влево, или «R», если вправо.
- [6] Увеличится или уменьшится и во сколько раз средняя скорость электронов в резисторе 1, если ключ  $K_1$  замкнуть? В ответе напишите число со знаком «+», если увеличится, или со знаком «-», если уменьшится.
- [7] Какие из ключей надо замкнуть, чтобы мощность в цепи стала максимальной (в ответе укажите нужную *латинскую* букву):  
А) никакие,      В) только  $K_1$ ,      С) только  $K_2$ ,      D) оба ключа?

- [8] Во сколько раз максимальная мощность будет отличаться от первоначальной? Ответ, если нужно, округлите до целого. (А. М. Минарский)

**9.5. (3 балла)** На таинственном острове есть подземное озеро площади  $S = 0,35 \text{ км}^2$  и средней глубины  $h = 20 \text{ м}$ , температура которого поддерживается постоянной и равной  $T_0 = 25^\circ\text{C}$  за счет геотермального тепла. На дне озера лежит подводная лодка капитана Немо. Когда лодка утонула, озеро было пресным, но каждый год из-за просачивания морской воды озеро становится всё более соленым. При этом уровень озера остается постоянным: с поверхности озера происходит медленное испарение. Удельная теплота испарения воды озера при температуре  $25^\circ\text{C}$ :  $L = 2450000 \text{ Дж/кг}$ , плотность морской воды  $\rho_M = 1035 \text{ кг/м}^3$ , температура  $T_M = 5^\circ\text{C}$ , теплоемкость  $c_M = 4106 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , а плотность лодки Немо  $\rho_L = 1020 \text{ кг/м}^3$ .

- [9] Сколько триллионов ( $10^{12}$ ) джоулей тепла должно поступить в озеро к моменту, когда лодка всплывет? Ответ округлите до целого числа.

**Замечание.** Размеры и теплоемкость самой подлодки, а также тепло, выделяющееся при растворении соли, считайте несущественными. (А. М. Минарский)

**9.6. (3 балла)** Для ремонта на космической станции были сделаны два робота совершенно одинаковой формы и из одинаковых материалов, но первый имел высоту  $h = 40 \text{ см}$ , а второй —  $H = 140 \text{ см}$ . Оказалось, что эти два робота и двигались тоже совершенно одинаково и даже «неотличимо быстро». А именно: когда одна и та же видекамера записала в одинаковом режиме работу роботов в невесомости, то пока в кадр не попадали предметы, позволяющие различать размеры роботов, по видеозаписи нельзя было определить, какого из роботов мы видим.

- [10] Средняя мощность полезной работы двигателя в 1-м роботе была  $P_1 = 16 \text{ Вт}$ . Найдите среднюю мощность двигателя во 2-м роботе. Ответ, если нужно, округлите до одного ватта.

(А. М. Минарский)

**9.7. (4 балла)** Известно, что белые карлики — это некоторый тип звезд во Вселенной, в которых процессы энерго-выделения за счет ядерных реакций практически прекратились, и звезды медленно остывают за счет излучения. Мощность излучения нагретого тела пропорциональна площади его поверхности и 4-й степени её абсолютной температуры (в кельвинах).

Предположим, нам известно, что некоторый белый карлик остывал время  $t = 125$  миллионов лет от температуры поверхности  $T_0 = 16000^\circ\text{K}$  до температуры  $T_1 = 8000^\circ\text{K}$ .

- [11] Оцените время, через которое эта звезда может превратиться в «черного карлика», то есть температура её поверхности упадет до  $1000^\circ\text{K}$ . Ответ дайте с точностью до миллиона лет.

**Замечание.** Теплоемкость звезды, её массу и плотность считайте приблизительно неизменными.

(А. М. Минарский)

**9.8. (2 балла)** По неподтвержденному рассказу барона Мюнхгаузена, у него в России была дуэль с русским офицером на пулях, сделанных из льда. При этом согласно рассказу пули столкнулись в воздухе, полностью расплавились и упали вниз одной большой каплей воды.

- [12] При каких наименьших скоростях пуля это в принципе могло бы быть (ответ дайте с точностью до м/с)?

- [13] Если обычная свинцовая пуля массой  $m = 9 \text{ г}$  и температурой  $T = 100^\circ\text{C}$  на скорости  $v = 200 \text{ м/с}$  попадет в сугроб со снегом температурой  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ , то какая масса воды при этом образуется (ответ дайте с точностью до мг)?

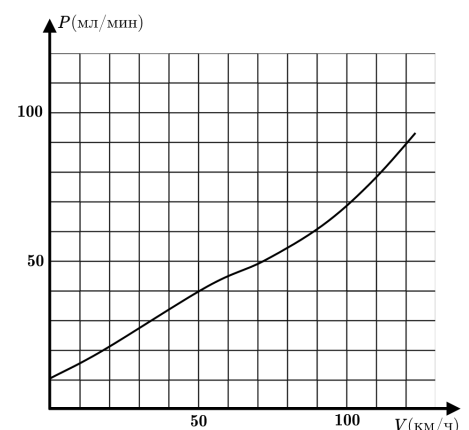
**Замечание.** Удельные теплоемкости воды  $C_V = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , льда  $C_L = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , свинца  $C_C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 333,6 \text{ кДж/кг}$ . (А. М. Минарский)

**9.9. (3 балла)** Предположим, нам известна зависимость мощности расхода топлива некоторого автомобиля  $P$  (в мл/мин) от его скорости  $v$  (в км/ч, см. график) при движении по шоссе.

- [14] При какой скорости движения по шоссе расход топлива на 100 км пути будет наименьший? Ответ дайте в км/ч, округлив до целого.

- [15] Чему он равен? Ответ дайте в литрах.

(А. М. Минарский)





## Задачи для 10 класса

Отборочный этап проводится в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Последний день сдачи — **29 ноября**.

Вся информация об олимпиаде и инструкция по участию — на странице [formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/](http://formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/). Число в квадратных скобках (например, [3]) обозначает номер поля, в которое надо вводить ответ на данный вопрос. Во всех ответах размерности вводить не требуется.

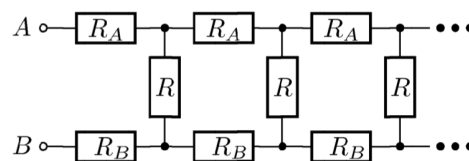
**10.1. (2 балла)** У экспериментального автомобиля массой  $M = 1100$  кг все четыре колеса ведущие, причём передние и задние колёса могут вращаться в противоположные стороны (навстречу друг другу). Вес автомобиля и мощность  $P = 100$  кВт двигателя распределяются между всеми колёсами поровну. Руль автомобиля не поворачивают, а передние и задние колёса запускают навстречу друг другу с максимальной скоростью. Коэффициенты трения колёс автомобиля и подошв человека об асфальт равны соответственно  $K = 0,3$  и  $k = 0,5$ .

[1] С какой максимальной скоростью  $v$  сможет толкать этот автомобиль достаточно сильный человек массой  $m = 70$  кг, если он будет давить на автомобиль вдоль прямой, проходящей через его центр масс параллельно осям колёс?

Выразите искомую величину в м/с и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

**Замечание.** Перераспределение веса автомобиля между колёсами из-за воздействия человека не учитывайте. (С. Н. Саилов, А. В. Чудновский)

**10.2. (2 балла)** Найдите напряжение  $U_0$  между выводами  $A$  и  $B$  цепочки, состоящей из очень большого числа одинаковых звеньев из резисторов сопротивлением  $R_A$ ,  $R_B$  и  $R$  (см. рис.), если известно, что на резисторе  $R$  в звене номер  $p = 10$  (считая со стороны выводов  $A$  и  $B$ ) напряжение равно  $U_p = 242$  В, а на резисторе  $R$  в звене номер  $q = 12$  напряжение равно  $U_q = 200$  В.



[2] Выразите искомую величину в вольтах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр. (С. Н. Саилов, А. В. Чудновский)

**10.3. (2 балла)** К шарик объёмом  $V_1 = 2$  литра, наполненному воздухом над поверхностью океана при атмосферном давлении  $p_0 = 101,3$  кПа и температуре  $T_1 = 25^\circ\text{C}$ , прикрепили груз массой  $m = 0,2$  кг. Затем шарик с грузом медленно начинают погружать вглубь океана.

[3] Считая, что, начиная с некоторой глубины, температура воды постоянна и равна  $T_2 = 8^\circ\text{C}$ , определите, с какой глубины шарик уже не может всплыть. Ответ дайте в метрах с точностью до 1 метра.

**Замечание.** Массой воздуха и оболочки, а также объёмом груза при решении можно пренебречь и считать ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>, а плотность океанской воды  $\rho = 1030$  кг/м<sup>3</sup>. (А. М. Минарский, А. Б. Яковлев)

**10.4. (2 балла)** На двух столах лежит идеальная весомая нить (см. рисунок), так что ее часть провисает между столами, а концы закреплены держателями (черные треугольники на рисунке) непосредственно над поверхностью стола, сохраняющими свое положение в пространстве. Натяжение нити в ее горизонтальных участках  $T = 120$  Н, погонная плотность  $\rho = 1$  кг/м, расстояние между столами  $L = 80$  см. Предполагается, что трения нет и провисание нити слабое (длина нити между столами приблизительно равна  $L$ ).



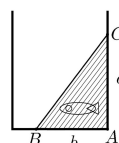
[4] Какую силу надо приложить к столам, чтобы они не разъезжались? Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Ответ дайте с точностью до тысячных долей

**10.5. (2 балла)** Предположим, сила сопротивления движению судна на подводных крыльях типа «Метеор» растет пропорционально скорости  $F = bv$ , где  $b = 1000$  кг/с. Владелец судна решил рассчитать оптимальную скорость такого судна, для максимизации дохода в единицу времени  $D$  (руб/с). При этом на «Метеоре» в среднем всегда находится  $N = 80$  пассажиров, каждый из которых оплачивает билет из цены  $C = 10$  руб/км (например, если он едет на 100 км, то его билет стоит 1000 руб). Пусть двигатель корабля всегда имеет кпд  $\eta = 0,1$  и использует дизельное топливо плотности  $\rho = 0,8$  кг/л, удельной теплоты сгорания  $q = 4 \cdot 10^7$  Дж/кг и стоимости  $s = 40$  руб/л; предприниматель по наивности думает, что основные его траты — это траты на топливо.

**[5]** Какую оптимальную скорость он получит? Посчитайте ответ в м/с с точностью до 1 м/с.  
**Замечание.** Считайте, что основной расход топлива судна идет при движении по трассе с постоянной высокой скоростью, а траты на разгон и торможение малосущественны.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский)

**10.6. (2 балла)** На дороге Москва–Петербург пустили поезд «Сапсан–Экстрим» для любителей экстремальных ощущений. Едучи в поезде, один такой любитель обнаружил, что аквариум с его любимой рыбкой (тоже поневоле экстремалкой) выглядит так, как показано на рисунке. При этом  $b = 50$  см,  $c = 120$  см.



**[6]** Найдите в этот момент ускорение поезда (ответ дайте в м/с<sup>2</sup> с точностью до 1 м/с<sup>2</sup>).

**[7]** Найдите максимальное давление воды в аквариуме (ответ дайте в Па с точностью до 10 Па).

**Замечание.** Для удобства расчетов и точности проверки вашего ответа считайте ускорение силы тяжести  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, давление воздуха в поезде  $P_0 = 100000$  Па, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский)

**10.7. (2 балла)** Между двумя средневековыми стенами домов, сближающимися вверху, с небольшим углом между ними  $\alpha = 0,20$  была зажата пружина с нерастянутой длиной  $L_0 = 2$  м, массой  $M = 6$  кг и коэффициентом жесткости  $k = 2500$  Н/м. В начальный момент сжатие составляет 2% от  $L_0$ . Когда пружину поместили в верхнем положении на высоте  $H = 16$  м, она начала скользить вниз под действием силы тяжести.

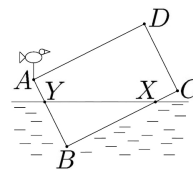
**[8]** Какую скорость приобрела пружина в момент отрыва, если коэффициент трения пружины о стенки  $\mu = 0,4$ ? Ответ дайте в м/с с точностью до одной десятой.

**Замечание.** Считайте  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>; пружина достаточно жесткая, чтобы прогиб её под своим весом при скольжении не учитывать.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский, А. Б. Яковлев)

**10.8. (4 балла)** На середину ребра  $AA'$  плавающего прямоугольного куска пенопласта  $ABCA'D'B'C'D'$  села птица массы  $m = 90$  г (см. рис., точки  $A$  и  $A'$ ,  $B$  и  $B'$ ,  $C$  и  $C'$ ,  $D$  и  $D'$  совмещены).

Размеры куска  $AA' = a = 12$  см,  $AB = b = 10$  см,  $BC = c = 15$  см, плотность пенопласта  $\rho = 0,2$  г/см<sup>3</sup>. В результате кусок наклонился.



**[9]** Найдите расстояние  $BX = x$ , на которое теперь сторона  $BC$  погружена в воду. Ответ округлите и дайте в см с точностью до сотых долей.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский)

**10.9. (1 балл)** В широкий и очень глубокий аквариум, наполненный водой, погружена вертикально длинная круглая цилиндрическая пористая труба длиной  $L = 10$  м, в которую с расходом  $\Phi = 0,01$  м<sup>3</sup>/с начинают подавать воду, вытекающую симметрично через поры во все стороны. Вблизи середины трубы перед началом эксперимента на расстоянии  $r_0 = 5$  см от оси трубы, точно друг над другом на небольшом расстоянии находятся две маленькие пушинки. После начала подачи воды через время  $t = 1000$  с пушинки оказываются каждая на той же высоте, что и вначале.

**[10]** На каком расстоянии от оси трубы они находятся? Ответ дайте в сантиметрах с точностью до 1 см.

**Замечание.** Радиус трубки значительно меньше  $r_0$  и при решении его можно не учитывать.







## Задачи для 11 класса

Отборочный этап проводится в формате **онлайн-теста** (то есть требуются **только ответы**). Последний день сдачи — **29 ноября**.

Вся информация об олимпиаде и инструкция по участию — на странице [formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/](http://formulo.org/ru/olymp/2021-phys-ru/). Число в квадратных скобках (например, [3]) обозначает номер поля, в которое надо вводить ответ на данный вопрос. Во всех ответах размерности вводить не требуется.

**11.1. (2 балла)** У экспериментального автомобиля массой  $M = 1100$  кг все четыре колеса ведущие, причём передние и задние колёса могут вращаться в противоположные стороны (навстречу друг другу). Вес автомобиля и мощность  $P = 100$  кВт двигателя распределяются между всеми колёсами поровну. Руль автомобиля не поворачивают, а передние и задние колёса запускают навстречу друг другу с максимальной скоростью. Коэффициенты трения колёс автомобиля и подошв человека об асфальт равны соответственно  $K = 0,3$  и  $k = 0,5$ .

[1] С какой максимальной скоростью  $v$  сможет толкать этот автомобиль достаточно сильный человек массой  $m = 70$  кг, если он будет давить на автомобиль вдоль прямой, проходящей через его центр масс параллельно осям колёс?

Выразите искомую величину в м/с и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

**Замечание.** Перераспределение веса автомобиля между колёсами из-за воздействия человека не учитывайте. (С. Н. Сашов, А. В. Чудновский)

**11.2. (3 балла)** Тонкое проволочное кольцо радиусом  $r = 7$  м из материала плотностью  $\rho = 8400$  кг/м<sup>3</sup>, удельной теплоёмкостью  $c = 385 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$  и удельным сопротивлением  $\mu = 0,016$  Ом·мм<sup>2</sup>/м вращается (не обязательно равномерно) в однородном постоянном магнитном поле индукцией  $B = 0,3$  Тл вокруг оси, проходящей через центр кольца и лежащей в его плоскости. В некоторый момент в процессе вращения плоскость кольца была перпендикулярна вектору индукции магнитного поля, а через время  $\tau = 5$  с кольцо оказалось повернуто на  $180^\circ$ .

[2] Найдите наименьшее возможное увеличение температуры  $\Delta T_{\min}$  кольца в процессе поворота. Выразите искомую величину в кельвинах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

[3] Найдите наименьшую угловую скорость  $\omega_{\min}$  в процессе поворота, который привёл к наименьшему росту температуры кольца. Выразите искомую величину в обратных секундах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

**Замечание.** Индуктивность кольца и теплообмен с окружающей средой не учитывайте. Считайте, что кольцо может вращаться с любой сколь угодно большой угловой скоростью и иметь сколь угодно большое угловое ускорение, то есть не нужно учитывать ни прочность материала, ни даже ограничения теории относительности на скорость тел.

(С. Н. Сашов, А. В. Чудновский)

**11.3. (3 балла)** Через бесконечную пластину толщиной  $h = 5$  м, изготовленную из материала с удельным сопротивлением  $\rho = 1,2$  мкОм·м и коэффициентом теплопроводности  $k = 11$  Вт/(м·К), течёт ток плотностью  $j = 30$  А/м<sup>2</sup>. На обеих поверхностях пластины поддерживают одну и ту же постоянную температуру.

[4] Найдите разность  $\Delta T$  между максимальной и минимальной температурами внутри пластины в установившемся режиме. Зависимость сопротивления от температуры не учитывайте. Выразите искомую величину в микрокельвинах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

(С. Н. Сашов, А. В. Чудновский)

**11.4. (2 балла)** Пластина в форме правильной треугольной призмы  $ABCA'B'C'$  высотой  $h = 7$  мм изготовлена из материала с удельным сопротивлением  $\rho = 1$  мкОм·м. Через грань  $ABB'A'$  призмы втекает ток силой  $I = 5$  А равномерно по площади этой грани, точно такой же по силе ток так же равномерно втекает через грань  $BCC'B'$ , а вот через грань  $ACC'A'$

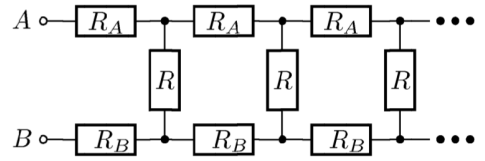


ток вытекает из пластины, причём тоже равномерно по площади соответствующей грани.

[5] Найдите выделяющуюся в пластине тепловую мощность  $P$ . Выразите искомую величину в микроваттах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до четырёх значащих цифр.

(И. В. Савельев, С. Н. Сашов, А. В. Чудновский)

11.5. (2 балла) Найдите напряжение  $U_0$  между выводами  $A$  и  $B$  цепочки, состоящей из очень большого числа одинаковых звеньев из резисторов сопротивлением  $R_A$ ,  $R_B$  и  $R$  (см. рис.), если известно, что на резисторе  $R$  в звене номер  $p = 10$  (считая со стороны выводов  $A$  и  $B$ ) напряжение равно  $U_p = 242$  В, а на резисторе  $R$  в звене номер  $q = 12$  напряжение равно  $U_q = 200$  В.



[6] Выразите искомую величину в вольтах и укажите в качестве ответа её численное значение, округлённое до трёх значащих цифр.

(С. Н. Сашов, А. В. Чудновский)

11.6. (3 балла) На некоторой далекой планете поверхность очень хорошо проводит тепло и при этом ее можно считать упругой с коэффициентом жесткости  $k = 10^6$  Н/м. Однажды ночью у космонавта отключился обогрев скафандра и чтобы замедлить остывание он стал подпрыгивать.

[7] Как высоко космонавт должен подпрыгивать, чтобы замедлить остывание в 10 раз? Ответ дайте с точностью до 0,1 см.

Замечание. Масса космонавта вместе со скафандром  $m = 100$  кг, ускорение свободного падения на планете  $g = 4$  м/с<sup>2</sup>. Считайте, что все теплотери происходят при контакте подошв с поверхностью планеты.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский, А. Б. Яковлев)

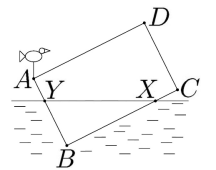
11.7. (2 балла) Между двумя средневековыми стенами домов, сближающимися вверх, с небольшим углом между ними  $\alpha = 0,20$  была зажата пружина с нерастянутой длиной  $L_0 = 2$  м, массой  $M = 6$  кг и коэффициентом жесткости  $k = 2500$  Н/м. В начальный момент сжатие составляет 2% от  $L_0$ . Когда пружину поместили в верхнем положении на высоте  $H = 16$  м, она начала скользить вниз под действием силы тяжести.

[8] Какую скорость приобрела пружина в момент отрыва, если коэффициент трения пружины о стенки  $\mu = 0,4$ ? Ответ дайте в м/с с точностью до одной десятой.

Замечание. Считайте  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>; пружина достаточно жесткая, чтобы прогиб её под своим весом при скольжении не учитывать.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский, А. Б. Яковлев)

11.8. (4 балла) На середину ребра  $AA'$  плавающего прямоугольного куска пенопласта  $ABCA'B'C'D'$  села птица массы  $m = 90$  г (см. рис., точки  $A$  и  $A'$ ,  $B$  и  $B'$ ,  $C$  и  $C'$ ,  $D$  и  $D'$  совмещены).

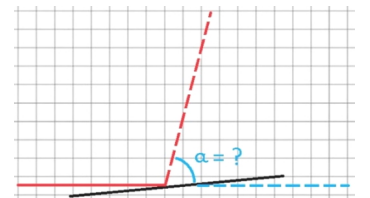


Размеры куска  $AA' = a = 12$  см,  $AB = b = 10$  см,  $BC = c = 15$  см, плотность пенопласта  $\rho = 0,2$  г/см<sup>3</sup>. В результате кусок наклонился.

[9] Найдите расстояние  $BX = x$ , на которое теперь сторона  $BC$  погружена в воду. Ответ округлите и дайте в см с точностью до сотых долей.

(С. Н. Сашов, А. М. Минарский)

11.9. (3 балла) Расположенное в вакууме зеркало (изображено черной линией на рисунке) наклонено к горизонтальной оси  $x$  под углом, тангенс которого равен  $1/10$ . Зеркало движется строго вертикально по оси  $y$  со скоростью, равной  $9/10$  скорости света. Плоская световая волна, распространяющаяся вдоль оси  $x$  (изображена на рисунке красной сплошной линией), падает на зеркало и отражается. Луч света, определяющий направление движения световой волны после отражения, обозначен на рисунке пунктирной красной линией.



[10] Определите угол  $\alpha$  между направлением отраженной волны (изображена на рисунке красной пунктирной линией) и осью  $x$ . Выразите ответ как неотрицательное число в градусах с точностью до одного градуса.

Замечание. Учтите, что световая волна распространяется в вакууме всегда с одинаковой по величине скоростью, независимо от направления распространения и любых других обстоятельств.

(С. Н. Сашов)