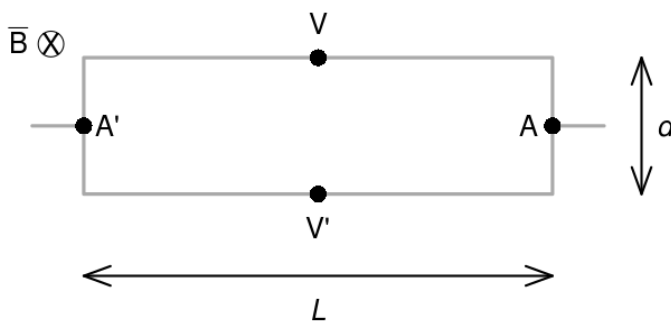


Внимание! Некоторые справочные данные приведены после списка задач.

Решите задачи.

- 1) **«Последняя планета»** Планета Нептун излучает больше энергии чем получает от Солнца. Возможное объяснение этого — образование кристаллов алмазов из метана на глубине 7000 км, которые падают на ядро Нептуна. Предполагая, что **вся избыточная** энергия производится **только за счет падения** алмазов (пренебрегая теплотой, выделяемой или поглощаемой при химической реакции разложения метана и другими возможными источниками энергии), оцените массу алмазов, образующихся в Нептуне в течение одного земного года.
- 2) **«5 граней. V2»** Из очень тонкого материала сделан куб без одной грани. Масса куба 800 г, а длина ребра 10 см. Куб аккуратно опустили в пресную воду дном вверх, и он остался плавать, не касаясь дна и стенок сосуда, так, что его дно все время остается горизонтальным. На сколько миллиметров выше уровня воды находится дно куба? Температура воды и окружающего воздуха 4 °С, испарением воды можно пренебречь, а все процессы протекают изотермически. Также можно пренебречь колебаниями поверхности воды и капиллярными эффектами.
- 3) **«Влажный воздух»** В герметичном сосуде находится влажный воздух. На рисунке ниже (см. следующую страницу) приведена изотерма данной смеси. Оцените температуру, при которой проводились измерения, а также установите является ли пар насыщенным, когда смесь занимает объем 0,25 м³ и 0,5 м³. При решении задачи можно считать, что водяной пар является идеальным газом вплоть до момента конденсации, а объем воды образующейся при конденсации, пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда.

- 4) **«Н.Е.»** По медной пластине параллельно самой длинной ее стороне (от стороны А' к А, см. рисунок справа) течет электрический ток $I = 1$ А. В точках V и V' (симметричных относительно прямой AA') подключен сверхточный идеальный вольтметр. Оцените показания вольтметра при помещении пластины в постоянное



- магнитное поле с индукцией 0,1 Тл (магнитное поле перпендикулярно пластине). При решении можно считать, что магнитное поле не влияет на точность показаний вольтметра, а также, что тепловыми и иными эффектами, кроме непосредственного влияния магнитного поля, можно пренебречь, также при решении можно считать, что концентрация электронов, обеспечивающих проводимость, равна концентрации атомов в пластине. Размеры пластины: длина $L = 2$ м, ширина $d = 5$ см, толщина $h = 1$ мм.
- 5) **«Предохранитель»** Медный предохранитель установлен на приборе, который находится в комнате с температурами 20 °С. При постоянном токе в 1 А при таких условиях предохранитель нагревается до 50 °С. При какой силе тока предохранитель перегорит? При решении задачи можно считать, что мощность теплообмена (количество энергии, передаваемое от одного тела другому за 1 с) пропорциональна разности температур, а зависимостью сопротивления от температуры и испарением предохранителя при нагревании можно пренебречь.

Давление, Па

0

5000

10000

15000

20000

0

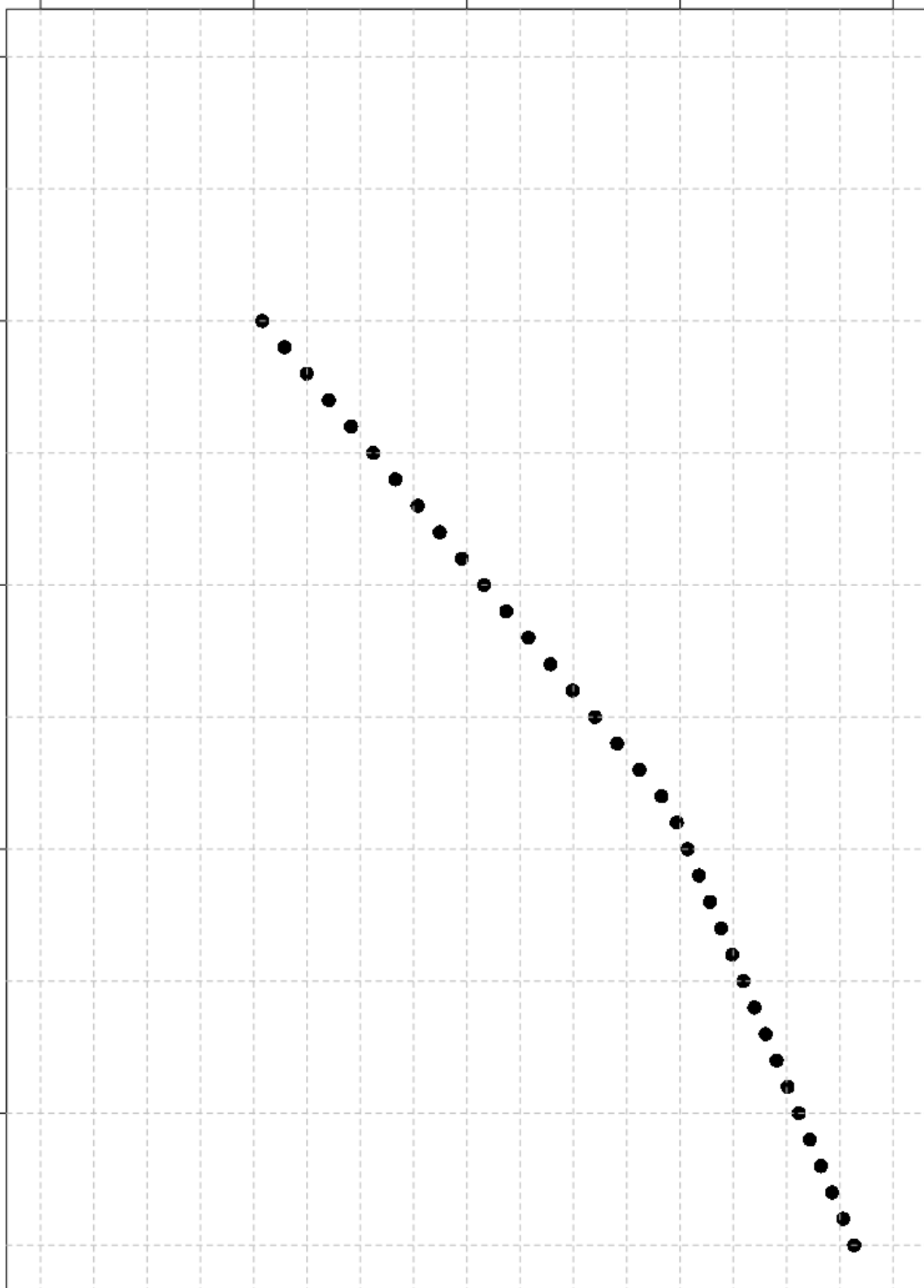
1

2

3

4

Обратный объем, м⁻³



Методический блок.

В предложенных текстах «решений» могут содержаться ошибки в рассуждениях или в вычислениях (как в «ответах», так и в «решениях»). Укажите все ошибки и если «решение» неверно, приведите верное решение.

- 6) **Условие.** «Подводный мир» Вокруг подводного рифа *Chee-Reef* живет высокоразвитая подводная цивилизация. Мастера этой цивилизации научились изготавливать линзы из пузырьков воздуха. Ученик мастера сделал на экзамене две простые линзы — двояковогнутую и двояковыпуклую (диаметр обеих линз 8 см) и экспериментально определил их фокусные расстояния — 10 см и 20 см соответственно. Вторым заданием экзамена для ученика был теоретический расчет размера светлого пятна на экране при следующих условиях: точечный источник света расположен на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии 20 см слева от нее, на расстоянии 20 см правее собирающей линзы расположена рассеивающая линза (при этом их главные оптические оси совпадают), а в 10 см правее рассеивающей линзы расположен экран. (Рассмотреть нужно только свет, прошедший через обе линзы). Какой ответ получил ученик, если все сделал правильно и рассматривал линзы как тонкие, а экран параллелен линзам?

“Решение”

Двояковыпуклые линзы — собирающие, а двояковогнутые — рассеивающие, значит фокусное расстояние собирающей линзы — 20 см, а рассеивающей — 10 см. Поэтому получается, что тогда источник расположен прямо в фокусе собирающей линзы, а тогда после того как свет пройдет через нее он пойдет вдоль ее оси.

Значит не важно на каком расстоянии установлена вторая линза потому, что из-за того что свет прошедший через первую линзу попадет весь на вторую линзу.

На вторую линзу свет падает вдоль оси линзы, а значит свет проходит через фокус.

Фокус второй линзы — 10 см и экран находится на расстоянии 10 см от нее. Получается, что в том случае когда свет соберется в фокусе он попадет на экран, а значит, что на экране получится просто святающаяся точка, то есть размер пятна практически 0. Ну, конечно, не совсем 0, потому что свет это волна, и мы знаем, что нельзя волну собрать в точку а можно только в кружок размером с волну, но нам не сказали какого цвета этот свет, поэтому не понятно какая у него длина волны и непонятно какой там получится размер пятнышка света, поэтому с учетом только того, что нам известно, что длина волны света окло 0,000000555 м (в воде чуть другая но почти такая же) то и пятно будет размером примерно 0,000000555 м. В таком ответе очень много нулей поэтому ответ все равно почти 0.

Ответ: 0 мм.

- 7) **Условие.** «Столб воды» Длинная и широкая трубка закрыта с одного конца герметичным поршнем, противоположный конец трубки опущен в большой бассейн. Вода в бассейне и окружающий воздух находятся при температуре 70 °С, а барометр, установленный возле бассейна, показывает давление 110 000 Па. В начальный момент времени поршень расположен ровно у открытого конца трубки, опущенной в воду. Поршень начали медленно поднимать до высоты 20 м над уровнем воды в бассейне. На сколько отличаются уровни воды в бассейне и в трубке? При решении можно пренебречь капиллярными эффектами.

“Решение Водовозова”

Допустим вода не будет подниматься за поршнем, тогда над водой образуется вакуум, а так как под вакуумом вода, она сразу же поднимется до поршня. Потом поршень поднимется еще чуть-чуть, снова получится вакуум и вода еще поднимется. Значит вода не сможет оторваться от поршня и поднимется также высоко как и поршень, то есть на 20 м.

Ответ: 20 м.

“Решение Водоносова”

В самом начале вода внутри трубке будет подниматься вместе с поршнем, но не постоянно. Так как по закону Паскаля на уровне воды в бассейне давление внутри и снаружи трубки должны быть равны:

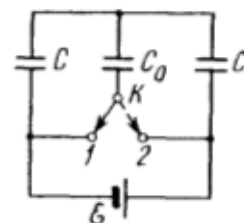
$$p_a = \rho_{70} g h \Rightarrow h = \frac{p_a}{\rho_{70} g}$$

В таблице находим, что плотность воды при 70 °С 977,78 кг/м³, ускорение свободного падения 9,81 м/с², нормальное атмосферное давление 101 325 Па

$$h = \frac{101325}{977,78 \cdot 9,81} = 10,56 \text{ м}$$

Ответ: 10 м 56 см.

- 8) **Условие.** «Конденсаторы» В начальный момент времени ключ в схеме на рисунке справа находится в положении 1, ток в системе не течет и все идеальные конденсаторы полностью заряжены. В некоторый момент времени ключ переводят в положение 2. Сколько энергии выделится при этом переключении? Величины, приведенные на рисунке можно считать известными, а провода идеальными.



“Решение”

Принципиально схема до переключения ключа и после одна и та же, поэтому напряжение на конденсаторах C «поменяются местами», значит их суммарная энергия не изменится. Энергия конденсатора C_0 не изменится также. Полная энергия системы осталась прежней, следовательно изменение энергии равно 0, и выделится энергия не может. Кроме того судя по тому, что провода идеальные, тогда в такой схеме совершенно нигде выделяться теплу вообще.

Ответ: 0 Дж.

- 9) **Условие.** «Высокий полет» Ловкий метатель камней хочет попасть в цель, расположенную на вершине столба высотой h . С какой минимальной скоростью он может бросить камень, чтобы попасть в цель, если бросать камень можно только с расстояния l от столба? При решении задачи сопротивлением воздуха можно пренебречь.

“Решение”

Очевидно, что скорость будет минимальной, когда цель находится в вершине траектории камня, который летит по параболе, так как сопротивлением воздуха можно пренебречь. Проверим это утверждение в предельном случае — когда Ловкий Метатель стоит прямо под столбом, тогда можно считать, что $l = 0$. В этом случае камень должен лететь вертикально вверх и минимальная скорость, при которой он попадет в Цель — это минимальная скорость, при которой он вообще долетит до высоты h , а значит это будет именно вершина траектории.

Максимальная высота зависит от скорости и угла бросания.

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Дальность полета тела, брошенного под углом к горизонту

$$L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

$$\frac{L}{h} = \frac{2 \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{2h}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1}$$

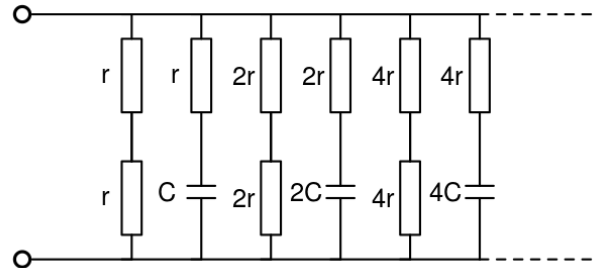
$$\sin^2 \alpha = 1 - \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} = \frac{L^2}{L^2 + 4h^2}$$

$$h = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v^2}{2g} \frac{L^2}{L^2 + 4h^2}$$

$$v = \sqrt{2gh \frac{L^2 + 4h^2}{L^2}}$$

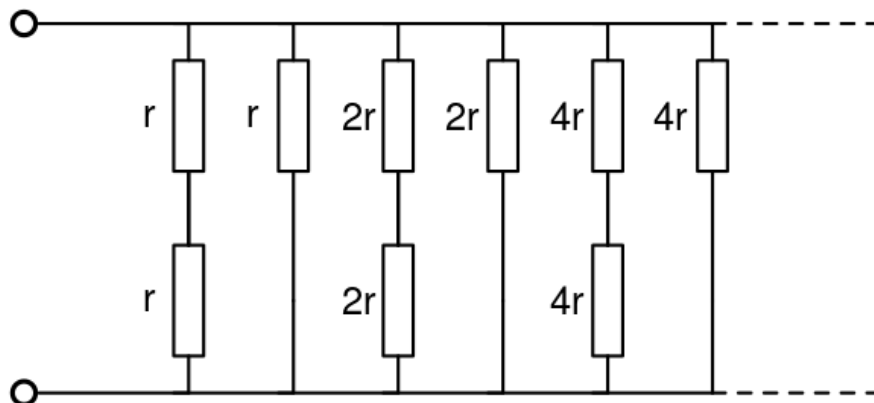
Ответ: $v = \sqrt{2gh \frac{L^2 + 4h^2}{L^2}}$.

10) Условие. «Бесконечность» В схеме, представленной на рисунке справа, блок из трех резисторов и конденсатора повторяется бесконечное число раз, но в каждом следующем таком блоке все сопротивления и емкость вдвое больше, чем в предыдущем блоке. Вычислите сопротивление данной схемы при подключении ее к источнику постоянного тока. Данные, приведенные на рисунке, можно считать известными.



“Решение”

Так как схема подключена к источнику постоянного тока, а конденсаторы не предназначаются для цепей постоянного тока, можно поэтому конденсаторы не рассматривать. Тогда схему можно перерисовать вот таким способом:



На новой схеме можно объединить все пары резисторов, находящихся на одной ветке в один резистор, чье сопротивление будет только половина сопротивления старого резистора. Тогда схема получится просто из параллельных резисторов. Как известно, если подключить что-то параллельно схеме, то новое полное сопротивление будет меньше, чем до подключения. А значит в этом случае, когда подключено бесконечное количество таких новых резисторов, сопротивление будет постоянно уменьшаться, и поэтому для бесконечного числа резисторов полное сопротивление будет 0.

Ответ: 0.

Некоторые константы

Ускорение свободного падения на поверхности Земли, м/с ²	g	9,81
Ускорение свободного падения на поверхности Нептуна, м/с ²		11,15
Гравитационная постоянная, м ³ ·с ⁻² ·кг ⁻¹	G	$6,67 \cdot 10^{-11}$
Нормальное атмосферное давление, Па	p_0	101 325
Универсальная газовая постоянная, Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹	R	8,31
Число Авогадро, моль ⁻¹	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$
Заряд электрона, Кл	e	$-1,602 \cdot 10^{-19}$

Некоторые данные о Нептуне

Средний радиус планеты, км	$2,46 \cdot 10^4$
Масса, кг	10^{26}
Ускорение свободного падения на поверхности, м/с ²	11,15
Средняя плотность, г/см ³	1,638
Примерный радиус ядра*, км	5000
Энергия, получаемая от Солнца единичной поверхностью планеты за единицу времени, Вт/м ² (данные приведены в пересчете на полную поверхность планеты)	0,254
Энергия, излучаемая планетой с единичной поверхности за единицу времени, Вт/м ²	0,687

* данные являются грубой оценкой и приведены только для решения задачи.

Плотность некоторых веществ

Вещество	Плотность, кг/м ³
Средняя плотность Нептуна	1 638
Воздух (сухой, при температуре 4 °С и нормальном атмосферном давлении)	1,27
Алмаз	3 500
Вода (при температуре 4 °С)	1 000
Медь	8 920

Молярные массы некоторых веществ

<i>Вещество</i>	Молярная масса, г/моль
Воздух (сухой)	28,98
Алмаз	12,01
Вода	18,02
Медь	63,55

Температуры некоторых фазовых переходов

	Температура, °С
Плавление льда при нормальных условиях	0
Кипение воды при нормальных условиях	100
Плавление меди	1083

Плотность воды от 0 °С до 100 °С

Температура, °С	Плотность, кг/м ³
0	999,84
4	1000,00
10	999,70
20	998,21
30	995,65
40	992,22
50	988,03
60	983,20
70	977,78
80	971,82
90	965,35
100	958,40

Давление насыщенных паров воды от 0 °С до 100 °С

Температура, °С	Давление, кПа
0	0,6113
4	0,8136
10	1,2281
20	2,3388
30	4,2455
40	7,3814
50	12,344
60	19,932
70	31,176
80	47,373
90	70,117
100	101,325