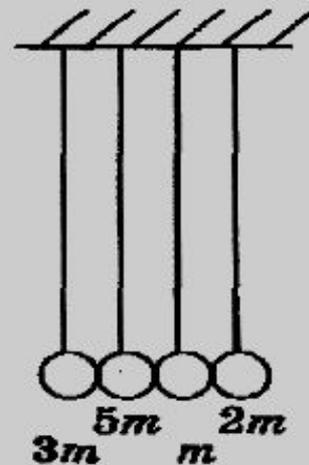


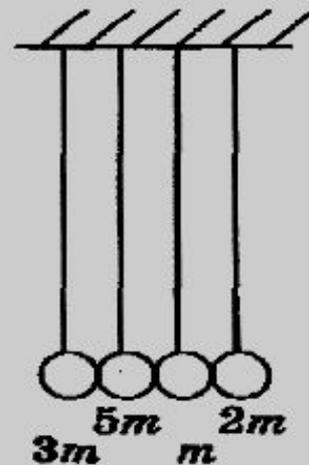
Задания 27 (С1)

Механика

1) Четыре шарика, массы которых $3m$, $5m$, m и $2m$, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях. Крайний левый шарик отклоняют на некоторый угол и отпускают без начальной скорости. Что произойдет с шариками в результате абсолютно упругого удара?

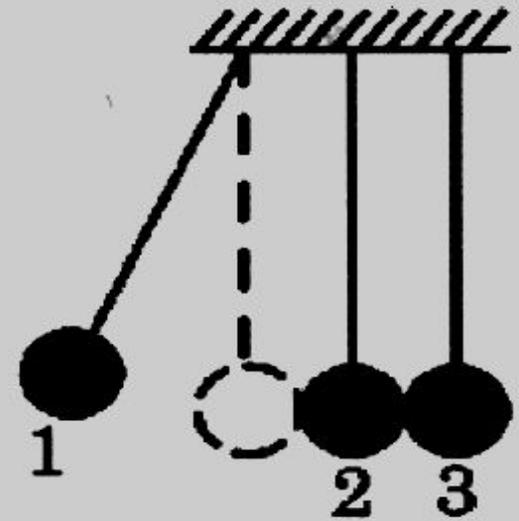


1) Четыре шарика, массы которых $3m$, $5m$, m и $2m$, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях. Крайний левый шарик отклоняют на некоторый угол и отпускают без начальной скорости. Что произойдет с шариками в результате абсолютно упругого удара?

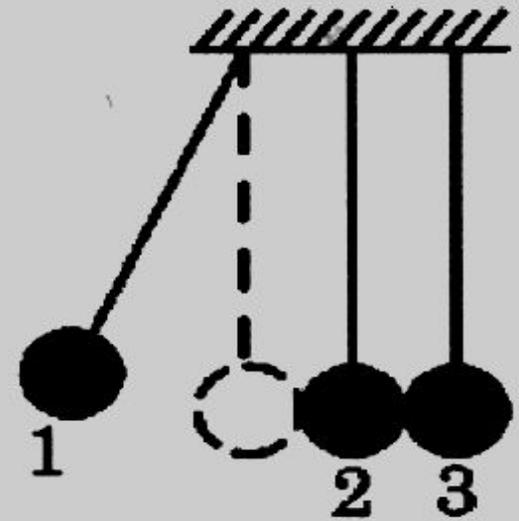


1. К моменту удара крайний левый шарик наберет некоторую скорость v . Поскольку удар абсолютно упругий, то в результате удара должен сохраниться суммарный импульс, равный $3mv$. Кроме того, должна сохраниться и суммарная кинетическая энергия системы, состоящей из четырех шариков. Тотчас после удара она должна быть равной $(1/2) 3mv^2$. Оба эти условия будут выполнены, если тотчас после удара два крайних левых шарика останутся в покое, а 2 правых, имеющих массу $3m$, начнут движение.

4) На тонких прочных вертикальных нитях, прикрепленных к потолку, неподвижно висят, касаясь друг друга, три одинаковых стальных шарика. Центры тяжести шариков находятся на одной горизонтальной прямой. Первый шарик отклоняют в сторону, сохраняя нить натянутой в плоскости рисунка, после чего отпускают. В момент соударения со вторым шариком первый шарик имеет скорость 1 м/с. Считая, что потери механической энергии в данной системе пренебрежимо малы, опишите характер дальнейшего движения шариков. Объясните причины возникновения такого движения, сославшись на необходимые физические законы.



4) На тонких прочных вертикальных нитях, прикрепленных к потолку, неподвижно висят, касаясь друг друга, три одинаковых стальных шарика. Центры тяжести шариков находятся на одной горизонтальной прямой. Первый шарик отклоняют в сторону, сохраняя нить натянутой в плоскости рисунка, после чего отпускают. В момент соударения со вторым шариком первый шарик имеет скорость 1 м/с. Считая, что потери механической энергии в данной системе пренебрежимо малы, опишите характер дальнейшего движения шариков. Объясните причины возникновения такого движения, сославшись на необходимые физические законы.



4. 1) Будем решать задачу в инерциальной системе отсчета, связанной с неподвижной землей. Рассмотрим процесс столкновения движущегося шара с таким же покоящимся шаром. Обозначим скорости первого шара перед соударением и сразу после соударения со вторым шаром через v_1 и v_2 , а скорость второго шара сразу после соударения с первым шаром через u . Так как в момент соударения на шары в горизонтальном направлении не действуют никакие внешние силы, то, в соответствии с законом сохранения импульса, проекция суммарного импульса первого и второго шаров на горизонтальную ось должна оставаться неизменной: $mv_1 = mv_2 + mu$



2) Поскольку потери механической энергии считаются пренебрежимо малыми, то для процесса соударения первого и второго шаров будет выполняться закон сохранения механической энергии: $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$ Перепишем полученные уравнения в следующем виде: $v_1 - v_2 = u$ и $(v_1 - v_2)(v_1 + v_2) = u^2$

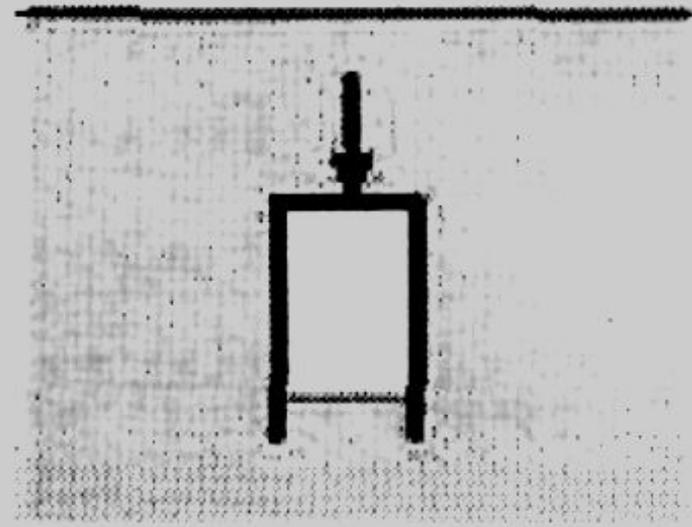
Отсюда следует, что $v_1 + v_2 = u$. Это возможно только при $v_2 = 0$, откуда следует, что $u = v_1$. Итак, в результате рассматриваемого соударения двух одинаковых шаров первый (изначально движущийся) шар останавливается, а второй (изначально покоившийся) шар начинает двигаться с той скоростью, которую имел до соударения первый шар.

Иными словами, можно утверждать, что при соударении движущийся шар «передает» свою скорость 1 м/с покоившемуся шару.

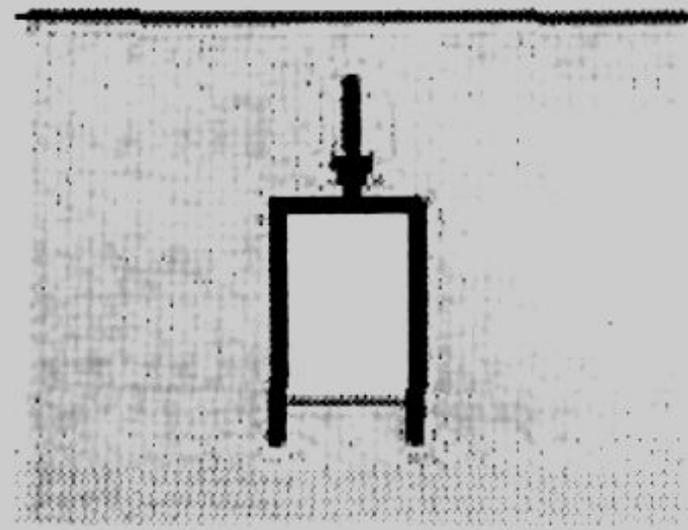
3) Так как второй и третий шары касаются друг друга, то второй шар не стронется с места, а сразу же столкнется с третьим шаром. Для процесса их соударения полностью справедливы проведенные выше рассуждения.

Следовательно, второй шар остановится, а третий приобретет скорость 1 м/с. После этого третий шар начнет отклоняться в сторону и будет подниматься, двигаясь по окружности, до тех пор, пока не остановится. Затем третий шар начнет двигаться в обратном направлении, и в момент соударения со вторым шаром будет иметь скорость 1 м/с. Далее описанные процессы будут многократно повторяться. При этом второй шар будет всё время оставаться неподвижным, а третий и первый шар будут поочередно либо останавливаться, «передавая» свою скорость второму шару, либо «получать» скорость от второго шара.

2) Пустой тонкостенный цилиндрический стакан переворачивают верх дном и медленно погружают в глубокий водоем, удерживая ось стакана в вертикальном положении. Над поверхностью водоема находится воздух, температура которого равна температуре воды. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, как при погружении стакана от поверхности воды вглубь водоема будет изменяться модуль выталкивающей силы, действующей на стакан.



2) Пустой тонкостенный цилиндрический стакан переворачивают верх дном и медленно погружают в глубокий водоем, удерживая ось стакана в вертикальном положении. Над поверхностью водоема находится воздух, температура которого равна температуре воды. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, как при погружении стакана от поверхности воды вглубь водоема будет изменяться модуль выталкивающей силы, действующей на стакан.



2. 1) При медленном погружении перевернутого стакана вглубь водоема на находящиеся в стакане воздух и пары воды будет действовать сила давления воды. Эта сила складывается из постоянной силы атмосферного давления на поверхность водоема и силы дополнительного гидростатического давления столба воды над ее уровнем в стакане. Последняя сила возрастает с глубиной погружения стакана, поэтому давление газов внутри стакана будет возрастать.

2) Так как температура по условию задачи постоянна, а давление газов при погружении возрастает, то объем, занимаемый в стакане воздухом и паром, по мере погружения стакана будет уменьшаться. Это будет происходить из-за затекания в стакан воды под действием возрастающей силы гидростатического давления. Уменьшение занимаемого воздухом и паром объема стакана, в соответствии с законом Архимеда, будет приводить к уменьшению модуля действующей на стакан выталкивающей силы.

3) Пассажир автобуса на остановке привязал к ручке сиденья за нитку воздушный шарик, заполненный гелием. Автобус тронулся вдоль по прямому горизонтальному шоссе, и некоторое время двигался вперед с постоянным ускорением, затем ехал с постоянной скоростью, а на подъезде к следующей остановке двигался равнозамедленно, пока не остановился. Опишите, как менялся угол наклона нити шарика к вертикали в течение всего времени перемещения автобуса от одной остановки до другой.

3. 1) Пока автобус стоял, шарик висел в воздухе над ручкой сиденья, а нить была вертикальна, поскольку выталкивающая сила, действующая на шарик по закону Архимеда в неподвижном воздухе внутри салона автобуса, была направлена вверх и превышала вес оболочки шарика и гелия внутри него (гелий легче воздуха, оболочка шарика по условию легкая).

2) Когда автобус тронулся с ускорением, направленным вперед, распределение давления воздуха внутри салона изменилось: появилась разность давлений в направлении вдоль салона автобуса, и связанная с ней сила давления, благодаря которой воздух и шарик ускорялись вместе с автобусом. Наличие такой силы следует из второго закона Ньютона. При этом на шарик стала действовать дополнительная сила давления, направленная вперед в горизонтальном направлении. Следовательно, нить наклонится вперед по ходу движения автобуса.

3) Во время движения автобуса с постоянной скоростью между остановками нить опять будет натянута вдоль вертикали.

4) При торможении, очевидно, нить отклонится назад. Это можно доказать, проведя такие же рассуждения, что и в п. 2), с той лишь разницей, что теперь действующая на шарик дополнительная сила давления будет направлена назад в горизонтальном направлении.

5) После остановки автобуса нить снова будет вертикальна.

5) Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

5) Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

5. Сила Архимеда, которая поддерживает брусок на поверхности воды, равна по модулю весу вытесненной бруском воды. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно Земли, одна и та же сила Архимеда уравнивает силу тяжести, как в случае плавающего бруска, так и в случае вытесненной им воды. Поэтому масса бруска и масса вытесненной им воды одинаковы. Когда брусок, вода и миска покоятся относительно друг друга, но движутся с ускорением относительно Земли, одна и та же сила Архимеда вместе с силой тяжести сообщает одно и то же ускорение, как плавающему бруску, так и воде в объеме, вытесненной бруском, что приводит к соотношению: $F_A = m(a - g) = m_{\text{вытесненной воды}}(a - g)$

Откуда следует, что и при движении относительно Земли с ускорением $a \neq g$ масса бруска и вытесненной им воды одинаковы. Поскольку масса бруска одна и та же, масса вытесненной им воды в обоих случаях одинакова. Вода практически несжимаема, поэтому плотность воды в обоих случаях одинакова. Значит, объем вытесненной воды не изменяется, глубина погружения бруска в лифте остается прежней.

б) Оцените скорость, с которой должна лететь муха, чтобы после удара о стенку от нее не осталось и «мокрого места».

б) Оцените скорость, с которой должна лететь муха, чтобы после удара о стенку от нее не осталось и «мокрого места».

б. Считаем, что муха на 100% состоит из воды. Тогда, при ударе кинетическая энергия ее движения должна полностью перейти во внутреннюю (в тепло). При этом муха должна нагреться до 100°C и полностью испариться: $\frac{mv^2}{2} = Cm\Delta t + \lambda m$

Пусть начальная температура мухи $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, тогда:

$$v = \sqrt{2\tilde{N}\Delta t + 2\lambda} = 2296 \text{ м/с} \approx 2,3 \text{ км/с.}$$

7) На гладкой горизонтальной плоскости находится тело массой m . К телу привязана невесомая нить, перекинутая через неподвижный блок, прикрепленный к плоскости. Один раз за эту нить тянут с силой F , направленной вниз, второй раз к нити привязывают тело, вес которого F . В каком случае тело массой m движется с большим ускорением? Поясните, как вы получили ответ.

7) На гладкой горизонтальной плоскости находится тело массой m . К телу привязана невесомая нить, перекинутая через неподвижный блок, прикрепленный к плоскости. Один раз за эту нить тянут с силой F , направленной вниз, второй раз к нити привязывают тело, вес которого F . В каком случае тело массой m движется с большим ускорением? Поясните, как вы получили ответ.

7. В первом случае сила F вызывает ускорение одного тела, а во втором — уже двух (второе тело — это тело, имеющее вес F). Сила одинакова, но масса во втором случае больше, поэтому в первом случае тело движется с большим ускорением.

8) Докажите, что крупные капли дождя падают быстрее, чем мелкие. Капли имеют форму шара, силу сопротивления воздуха считать пропорциональной площади поперечного сечения капли.

8) Докажите, что крупные капли дождя падают быстрее, чем мелкие. Капли имеют форму шара, силу сопротивления воздуха считать пропорциональной площади поперечного сечения капли.

8. На падающую каплю действует сила тяжести $mg = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 g$, где ρ — плотность воды, а R — радиус капли. Действует также сила сопротивления движению F_c . Она по условию задачи тем больше, чем больше R

Ускорение капли: $a = \frac{mg - F_c}{m} = g - \frac{3k}{4\rho R}$ Чем больше радиус капли, тем больше на ускоренном участке её движения ускорение капли, тем большую скорость капля приобретает к тому моменту, когда её скорость становится постоянной.

9) Небольшой кубик находится на наклонной плоскости. Измеряя угол наклона плоскости к горизонту, определяют соответствующее ускорение кубика. Часть полученных результатов приведена в таблице. Используя приведенные данные, оцените приближенное значение коэффициента трения скольжения для поверхностей кубика и наклонной плоскости. Ответ округлите до десятых.

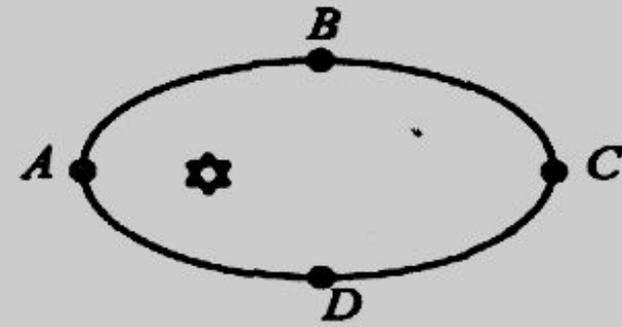
| | | | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|------|------|------|------|
| α (градусы) | 25 | 27 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 |
| a , (м/с ²) | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,65 | 1,07 | 1,68 |

9) Небольшой кубик находится на наклонной плоскости. Измеряя угол наклона плоскости к горизонту, определяют соответствующее ускорение кубика. Часть полученных результатов приведена в таблице. Используя приведенные данные, оцените приближенное значение коэффициента трения скольжения для поверхностей кубика и наклонной плоскости. Ответ округлите до десятых.

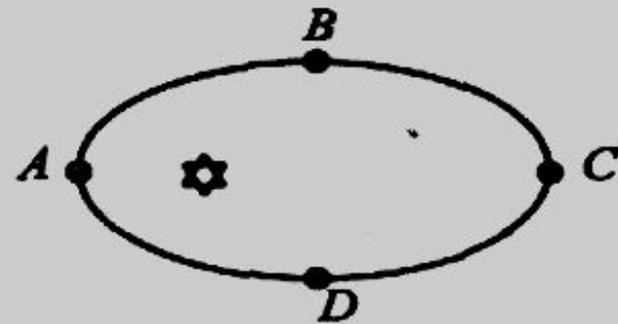
| | | | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|------|------|------|------|
| α (градусы) | 25 | 27 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 |
| a , (м/с ²) | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,65 | 1,07 | 1,68 |

9. Найдем ускорение тела, движущегося по наклонной плоскости вниз: $g \sin \alpha - \mu \cos \alpha = a$. Отсюда найдем коэффициент трения: $\mu = \frac{g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$. Подставив в эту формулу экспериментальные значения угла и ускорения, получим среднее значение $\mu \approx 0,6$.

10) Планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце, как показано на рисунке. В какой точке траектории планеты ее скорость будет максимальной и в какой — минимальной? Ответ поясните.



10) Планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце, как показано на рисунке. В какой точке траектории планеты ее скорость будет максимальной и в какой — минимальной? Ответ поясните.

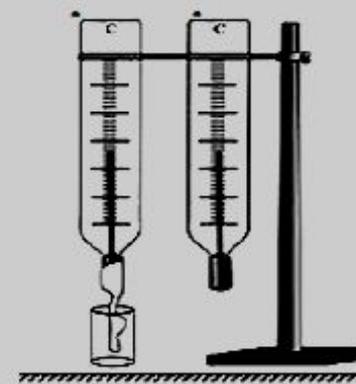


10. Максимальная скорость в точке A , минимальная — в точке C . При движении по кривой в поле тяготения линейная скорость обратно пропорциональна радиусу

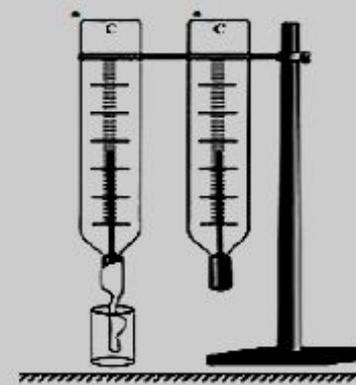
кривизны траектории: $v = \left(\frac{GM}{R} \right)^{-\frac{1}{2}}$

Молекулярная физика

11) Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему, после этого будут изменяться показания термометров.



11) Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему, после этого будут изменяться показания термометров.



11. 1) Налитая в стаканчик вода начнет испаряться, причем испарение будет происходить как с поверхности воды в стаканчике, так и со всей поверхности влажной марли. Внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра будет уменьшаться вследствие испарения. Из-за этого термометр (он теперь называется «влажным») будет охлаждаться, и его температура станет меньше, чем у окружающего воздуха. В результате показания «влажного» термометра начнут уменьшаться, т.е. он будет показывать все более низкую температуру. Показания другого термометра (он называется «сухим») изменяться не будут.

2) Наряду с процессом испарения воды происходит и обратный процесс – конденсация пара. При конденсации пара внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра увеличивается. Поэтому показания «влажного» термометра перестанут уменьшаться и установятся тогда, когда количество теплоты, теряемое им из-за испарения воды, сравняется с количеством теплоты, получаемым термометром при конденсации пара. Установившиеся показания «влажного» термометра будут однозначно определяться влажностью воздуха в комнате и температурой воздуха в комнате (то есть показаниями «сухого» термометра).

12) Медный стержень укреплен на штативе в горизонтальном положении. К нижней поверхности стержня на равных расстояниях друг от друга приклеены маленькими кусочками воска тяжелые стальные шарики. Один конец стержня начинают нагревать пламенем газовой горелки.

1) Опишите, что будет происходить с шариками, и объясните это явление.

2) Что изменится, если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками?

3) Что изменится по сравнению с первым опытом, если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной такой же горелкой? Во всех трех опытах начальные температуры стержней одинаковы.

12) Медный стержень укреплен на штативе в горизонтальном положении. К нижней поверхности стержня на равных расстояниях друг от друга приклеены маленькими кусочками воска тяжелые стальные шарики. Один конец стержня начинают нагревать пламенем газовой горелки.

1) Опишите, что будет происходить с шариками, и объясните это явление.

2) Что изменится, если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками?

3) Что изменится по сравнению с первым опытом, если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной такой же горелкой? Во всех трех опытах начальные температуры стержней одинаковы.

12. 1) При нагревании конца стержня горелкой стержню постоянно сообщается теплота. Эта теплота вследствие теплопроводности будет распространяться по стержню в сторону его менее нагретого конца. Из-за этого стержень будет постепенно прогреваться, но температура его разных частей будет различной. Части, которые находятся ближе к горелке, будут иметь более высокую температуру, чем части, находящиеся дальше от горелки. Воск является легкоплавким веществом, в тех местах стержня, в которых температура станет близкой к температуре плавления воска, он размягчится и перестанет удерживать шарик. В результате шарик оторвется от стержня и упадет. Таким образом, при нагревании конца медного стержня горелкой сначала упадет шарик, находящийся ближе всего к горелке, затем, через некоторое время - следующий за ним шарик и так далее до тех пор, пока не упадет наиболее удаленный от горелки шарик. К этому моменту стержень прогреется по всей длине.



2) Если нагревать конец медного стержня не одной, а сразу двумя такими же горелками, то передающееся стержню количество теплоты будет почти в два раза больше (часть теплоты неизбежно расходуется на нагрев штатива и окружающего воздуха). Поэтому процесс теплопроводности будет проходить быстрее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет раньше, и интервалы между падениями следующих шариков тоже уменьшатся.

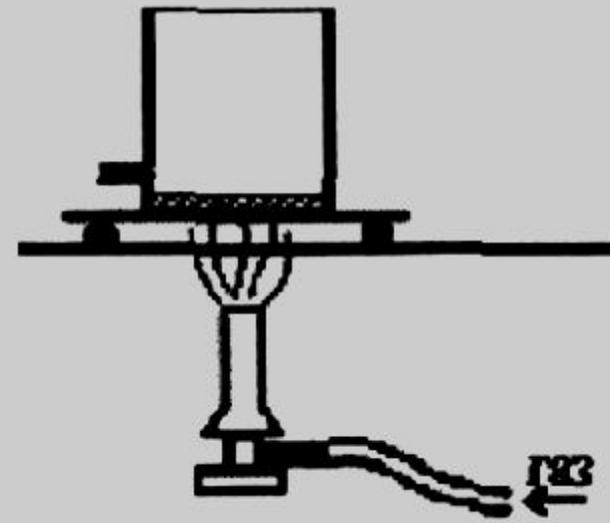
3) Сталь проводит теплоту хуже, чем медь. Поэтому если заменить медный стержень на стальной и нагревать его конец одной горелкой (такой же, как в первом опыте), то процесс теплопроводности будет проходить медленнее, чем в первом опыте. Следовательно, первый шарик по сравнению с первым опытом упадет позже, и интервалы между падениями следующих шариков тоже увеличатся.

13) В ясный летний день наиболее жарко бывает не в полдень, а несколько позднее. Почему?

13) В ясный летний день наиболее жарко бывает не в полдень, а несколько позднее. Почему?

13. Человек ощущает жару, находясь в окружении горячего воздуха. Воздух же прозрачен, поэтому он нагревается не за счет поглощения энергии солнечных лучей, а за счет теплообмена с нагретой лучами поверхностью Земли. Этот теплообмен возрастает с увеличением температуры земной поверхности. Поверхность продолжает нагреваться Солнцем и после полудня, поэтому и воздух нагревается после полудня сильнее.

14) Закрытая банка с небольшим количеством воды снабжена тонкой горизонтальной трубкой для выхода пара. Банка помещена на тележку, которая катается с малым трением по горизонтальным рельсам. Под неподвижной вначале тележкой стоит газовая горелка, которая может нагревать банку (см. рисунок). Опишите процессы превращения энергии, которые будут происходить в данной системе после зажигания горелки под банкой, а также причины и характер движения банки.



14. В соответствии с законом сохранения и изменения энергии энергия не может исчезать, а может лишь преобразовываться из одного вида в другое.

После зажигания горелка химическая энергия реакции горения превращается во внутреннюю энергию нагретых продуктов горения, которые расширяются и поднимаются вверх (из-за действующей на них выталкивающей силы Архимеда со стороны более холодного окружающего воздуха). Горячие газы обтекают банку и за счет теплопроводности нагревают банку, воду и воздух в ней. Часть теплоты при этом тратится на испарение жидкой воды в банке и превращается во внутреннюю энергию пара.

При повышении температуры давление воздуха и насыщенных паров воды в банке растёт, становится выше давления окружающей ее атмосферы, и из трубки начинает выходить воздух с некоторой скоростью, зависящей от мощности горелки, смесь воздуха и паров воды. Таким образом, тепловая энергия тарелки в результате преобразуется в кинетическую энергию струи пара и воздуха, выходящей из банки через горизонтальную трубку.

Эта струя обладает не только кинетической энергией, но и импульсом, что вызывает появление реактивной силы, действующей на тележку с банкой. Под действием этой реактивной силы при малом трении тележка разгонится и поедет по рельсам в правую сторону от горелки, так что банка перестанет нагреваться. При этом кинетическая энергия струи будет преобразовываться в кинетическую энергию тележки и частично - в теплоту (из-за действующем на тележку силы трения). Когда банка, переставшая нагреваться горелкой, остынет, то испарение воды прекратится, реактивная сила пропадет, и кинетическая энергия тележки из-за действия силы трения будет постепенно превращаться в теплоту. В результате тележка вскоре остановится

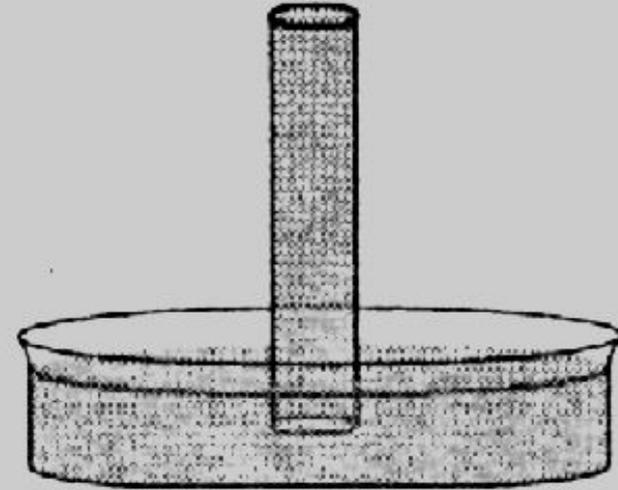
15) В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают двигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

15) В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

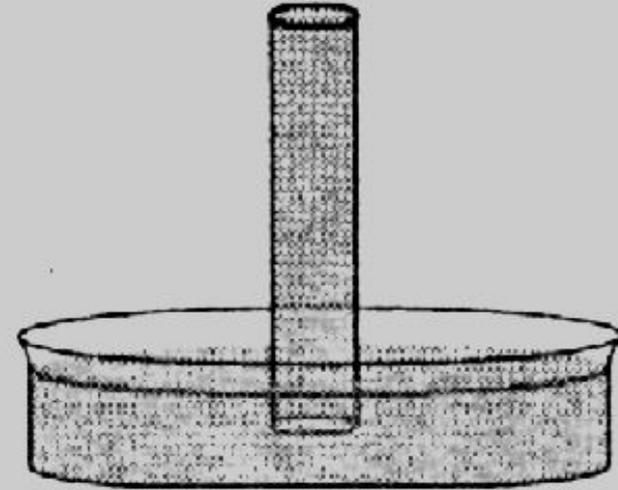
15. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным. При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация паров воды.

Значит, масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

16) В трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, находится воздух, закрытый подвижным поршнем. Сначала воздуху в трубке сообщают некоторое количество теплоты, так, что его внутренняя энергия остается неизменной. Затем внутреннюю энергию воздуха увеличивают в отсутствие теплообмена с окружающей средой. Как меняется объем воздуха в трубке в этом процессе? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.



16) В трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, находится воздух, закрытый подвижным поршнем. Сначала воздуху в трубке сообщают некоторое количество теплоты, так, что его внутренняя энергия остается неизменной. Затем внутреннюю энергию воздуха увеличивают в отсутствие теплообмена с окружающей средой. Как меняется объем воздуха в трубке в этом процессе? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

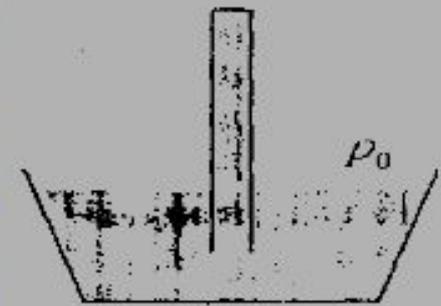


- 16.** 1) Объем воздуха в трубке сначала увеличивается, а затем уменьшается.
- 2) На первом этапе процесса воздух получает некоторое количество теплоты, но его внутренняя энергия не изменяется. Следовательно, по первому закону термодинамики, полученное воздухом количество теплоты целиком тратится на работу воздуха. Объем воздуха увеличивается.
- 3) На втором этапе процесса происходит адиабатный процесс, по первому закону термодинамики внутренняя энергия воздуха увеличивается за счет совершения над ним работы. Объем воздуха уменьшается.

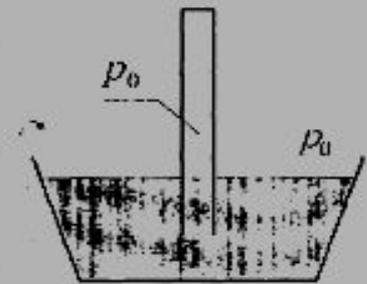
17). Широкую стеклянную трубку длиной около полуметра, запаянную с одного конца, целиком заполняют водой и устанавливают вертикально открытым концом вниз, погрузив низ трубки на несколько сантиметров в тазик с водой. При комнатной температуре трубка остается целиком заполненной водой. Воду в тазике медленно нагревают. Где установится уровень воды в трубке, когда вода в тазике начнет закипать? Ответ поясните, используя физические закономерности.

17). Широкую стеклянную трубку длиной около полуметра, запаянную с одного конца, целиком заполняют водой и устанавливают вертикально открытым концом вниз, погрузив низ трубки на несколько сантиметров в тазик с водой. При комнатной температуре трубка остается целиком заполненной водой. Воду в тазике медленно нагревают. Где установится уровень воды в трубке, когда вода в тазике начнет закипать? Ответ поясните, используя физические закономерности.

17. При комнатной температуре вода занимает весь объем трубки и не выливается из нее, потому что давление насыщенного пара при комнатной температуре очень мало (менее 3% от нормального атмосферного давления) и над водой возникает "торричеллиева пустота". Заполненная водяным паром, только в том случае, если высота водяного столба будет примерно 10 метров.



С ростом температуры воды давление ее насыщенного пара растет, пока при температуре кипения не сравняется с внешним атмосферным давлением. Поэтому, когда температура воды в трубке приблизится к температуре кипения, над водой в трубке появится "торричеллиева пустота", заполненная насыщенным водяным паром. С дальнейшим повышением температуры уровень воды в трубке будет понижаться. При температуре кипения достигается равенство давления насыщенного пара в трубке ($P_{H100} = 10^5 \text{ Па}$) и атмосферного давления ($P_0 = 10^5 \text{ Па}$), поэтому уровни воды в трубке и тазике станут одинаковыми.



18) Каким образом, установка батарей отопления под окном помогает выравниванию температур в комнате в зимнее время? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали

18) Каким образом, установка батарей отопления под окном помогает выравниванию температур в комнате в зимнее время? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали

18 Перемешивание воздуха и выравнивание его температуры в комнате при работающих батареях происходит за счет конвекции. Воздух, нагретый батареей, поднимается вверх, к окну, а воздух, остывший от соприкосновения с холодным стеклом окна, опускается к батарее для нагрева.

19) В стеклянной, запаянной с обоих концов трубке, из которой выкачан воздух, заключен столбик воды. При встряхивании трубки столбик воды ударяется в концы трубки так, словно не испытывает никакого сопротивления. Однако известно, что слева и справа от столбика находятся насыщенные водяные пары, причем определенной температуре соответствует определенное давление этих паров. Объясните явление.

19) В стеклянной, запаянной с обоих концов трубке, из которой выкачан воздух, заключен столбик воды. При встряхивании трубки столбик воды ударяется в концы трубки так, словно не испытывает никакого сопротивления. Однако известно, что слева и справа от столбика находятся насыщенные водяные пары, причем определенной температуре соответствует определенное давление этих паров. Объясните явление.

19. Давление насыщенного пара не зависит от его объема, а зависит только от его температуры. Поэтому при любом объеме давление слева и справа на столбик воды при его движении всё время остается постоянным и компенсирует друг друга. При встряхивании трубки столбик воды начинает сначала двигаться к одному из концов, уменьшая при этом объём пространства с насыщенным паром. Давление этого пара начнет повышаться, и часть пара конденсируется в воду. В конце движения насыщенного пара не образуется практически вовсе, и вода доходит до конца трубки. Затем этот же процесс повторяется в другом направлении

20) Французский инженер Сади Карно показал, что КПД идеального теплового двигателя (в том числе двигателя внутреннего сгорания) определяется по формуле: $\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$ Здесь T_H — температура нагревателя, T_X — температура холодильника. Температура образующихся при сгорании газов и зимой и летом примерно одинакова. Температура холодильника зимой ниже, чем летом. Это должно увеличивать КПД зимой, однако зимой расход топлива больше, чем летом. Объясните, почему?

20) Французский инженер Сади Карно показал, что КПД идеального теплового двигателя (в том числе двигателя внутреннего сгорания) определяется по формуле: $\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$ Здесь T_H — температура нагревателя, T_X — температура холодильника. Температура образующихся при сгорании газов и зимой и летом примерно одинакова. Температура холодильника зимой ниже, чем летом. Это должно увеличивать КПД зимой, однако зимой расход топлива больше, чем летом. Объясните, почему?

20. Здесь идет речь, скорее, не об идеальном тепловом двигателе, а о реальном. Зимой расход топлива больше, т.к. нагреватель вынужден отдавать больше тепла в окружающую среду.

21) Метеорологи выяснили, что относительная влажность воздуха в один из весенних вечеров была 25% при температуре воздуха 15°C. Возможны ли предстоящим утром заморозки на почве? Поясните, как вы получили ответ. (При ответе на данный вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды.)

| | | | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| t, °C | -20 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| P, кПа | 0,103 | 0,260 | 0,400 | 0,610 | 0,880 | 1,230 | 1,70 | 2,330 |

21) Метеорологи выяснили, что относительная влажность воздуха в один из весенних вечеров была 25% при температуре воздуха 15°C. Возможны ли предстоящим утром заморозки на почве? Поясните, как вы получили ответ. (При ответе на данный вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды.)

| | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| $t, ^\circ\text{C}$ | -20 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| $P, \text{кПа}$ | 0,103 | 0,260 | 0,400 | 0,610 | 0,880 | 1,230 | 1,70 | 2,330 |

21. Для ответа на вопрос надо рассчитать температуру росы. Давление водяного пара было: $1,7 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 0,25 = 425 \text{ Па}$. Такой пар становится насыщенным при температуре воздуха около -4°C . Это означает, что прежде, чем пар станет насыщенным, заморозки могут начаться. Если бы температура росы была положительной, то началась бы конденсация пара из воздуха и выделяющееся при этом тепло не дало бы воздуху охладиться ниже нуля градусов по шкале Цельсия.

22) Изменится ли температура в комнате, если длительное время держать в ней холодильник с открытой дверцей? Поясните, как вы получили ответ.

22) Изменится ли температура в комнате, если длительное время держать в ней холодильник с открытой дверцей? Поясните, как вы получили ответ.

22. Температура в комнате повышается. В холодильнике тепло отбирается у холодной камеры и передается нагревателю, расположенному на задней стенке холодильника. Самопроизвольно в таком направлении тепло не может передаваться. Для его передачи необходимо совершить работу. Эту работу совершает компрессор холодильника, испускающий энергию из электрической цепи. Вот эта энергия и выделяется в комнате, нагревая ее.

23) Почему климат островов умереннее и ровнее, чем климат материков?

23) Почему климат островов умереннее и ровнее, чем климат материков?

23. Теплоемкость воды морей и океанов огромна, колебания температуры воздуха в прибрежной полосе смягчаются (выравниваются) поглощением и выделением тепла водой.

24) Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? В комнате температура воздуха 22°C , а относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ.

(Для ответа на это вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| $t, ^{\circ}\text{C}$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| $p, \text{кПа}$ | 0,611 | 0,705 | 0,813 | 0,934 | 1,07 | 1,23 | 1,4 | 1,59 |
| $t, ^{\circ}\text{C}$ | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 25 | 30 | 40 |
| $p, \text{кПа}$ | 1,81 | 2,06 | 2,19 | 2,64 | 2,99 | 3,17 | 4,24 | 7,37 |

24) Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? В комнате температура воздуха 22°C , а относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ.

(Для ответа на это вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| $t, ^{\circ}\text{C}$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| $p, \text{кПа}$ | 0,611 | 0,705 | 0,813 | 0,934 | 1,07 | 1,23 | 1,4 | 1,59 |
| $t, ^{\circ}\text{C}$ | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 25 | 30 | 40 |
| $p, \text{кПа}$ | 1,81 | 2,06 | 2,19 | 2,64 | 2,99 | 3,17 | 4,24 | 7,37 |

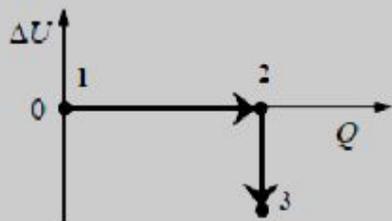
24. Очки запотевают, если их температура или температура на улице будет удовлетворять условию выпадения росы при заданном парциальном давлении водяного пара в комнате.

Если относительная влажность в комнате 50%, значит, парциальное давление водяных паров составляет половину давления насыщенного пара при этой температуре, т.е. 1,32 кПа. Очки запотеют, если температура на улице соответствует такому (или ниже) давлению насыщенного водяного пара. По таблице находим, что температура не выше 10°C .

26) Цветок в горшке стоит на подоконнике. Цветок полили водой и накрыли стеклянной банкой. Когда показалось солнце, на внутренней поверхности банки появилась роса. Почему? Ответ поясните.

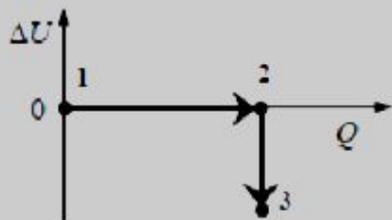
26) Цветок в горшке стоит на подоконнике. Цветок полили водой и накрыли стеклянной банкой. Когда показалось солнце, на внутренней поверхности банки появилась роса. Почему? Ответ поясните.

26. Пары воды в объеме, ограниченном банкой, быстро становятся насыщенными. Под лучами солнца воздух внутри банки нагревается до более высокой температуры, чем снаружи. Теплый насыщенный водяной пар внутри банки, соприкасаясь с более холодной стенкой банки, частично конденсируется и выпадает роса.



27) В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. Его переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3, как показано на рисунке (ΔU — изменение внутренней энергии газа, Q — переданное ему

количество теплоты). Меняется ли объем газа в процессе проведения опыта, и если меняется, то как? Ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



27) В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. Его переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3, как показано на рисунке (ΔU — изменение внутренней энергии газа, Q — переданное ему

количество теплоты). Меняется ли объем газа в процессе проведения опыта, и если меняется, то как? Ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

27. 1) В процессе $1 \rightarrow 2$ газ получает некоторое количество теплоты, но его внутренняя энергия не меняется. Следовательно, согласно первому началу термодинамики, газ отдает получаемую энергию, совершая работу, т.е. в данном процессе его объем увеличивается.

2) В процессе $2 \rightarrow 3$ теплообмена газа с внешней средой нет, но его внутренняя энергия уменьшается. Следовательно, и этот процесс связан с расширением газа, поскольку он совершает работу.

3) Ответ: переход газа из состояния 1 в состояние 3 все время сопровождается увеличением его объема.

14. С 1 № 3668. В сельской местности люди обычно живут в деревянных домах. Трубы, по которым в дом подаётся из уличного водопровода холодная вода, имеющая температуру $8—10^{\circ}\text{C}$, опытные хозяева теплоизолируют и защищают от влаги, оборачивая влагостойкими материалами с низкой теплопроводностью. Это, наряду с проветриванием, позволяет уменьшить сырость в доме. Объясните, опираясь на известные физические законы, зачем это делается и почему описанные процедуры уменьшают сырость.

Решение.

1) Так как по трубам течёт холодная вода, поверхность труб имеет температуру, близкую к $8—10^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в жилом доме превышает эту температуру.

2) Абсолютная влажность воздуха в доме обычно довольно высокая. Если оказывается, что температура поверхности труб ниже точки росы, то водяной пар начинает конденсироваться на холодных трубах. При этом на трубах образуются водяные капли, которые затем падают на пол. Плохое проветривание замедляет испарение воды с пола и препятствует удалению водяных паров.

3) Оборачивание труб слоем тепло и влагоизолирующего материала позволяет ликвидировать резкий перепад температур между поверхностью трубы и воздухом в доме. Наружная поверхность теплоизолятора имеет температуру, близкую к температуре воздуха, а внутренняя поверхность - близкую к температуре воды в трубе. При этом образование конденсата на трубах становится невозможным, и сырость в доме уменьшается. Дополнительно она уменьшается за счёт проветривания, при котором влажный воздух удаляется и заменяется более сухим наружным.

16. С 1 № 3680. Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

16. С 1 № 3680. Летом в ясную погоду над полями и лесами к середине дня часто образуются кучевые облака, нижняя кромка которых находится на одинаковой высоте. Объясните, опираясь на известные вам законы и закономерности, физические процессы, которые приводят к этому.

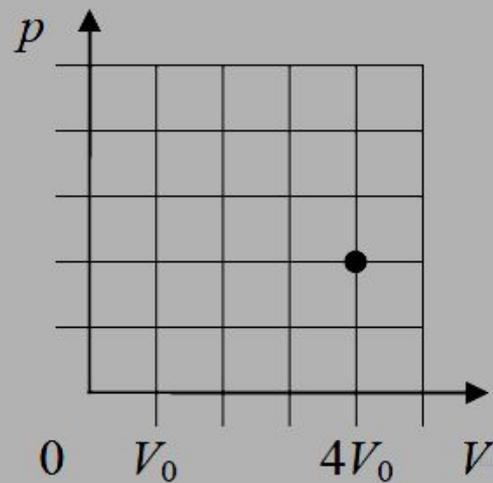
Решение.

1. Когда лучи Солнца нагревают за счет поглощения света влажную землю и воздух около нее, из земли и растений активно испаряется вода, и более легкий нагретый за счет теплопроводности воздух с парами воды из-за действия выталкивающей силы Архимеда поднимается вверх, образуя восходящие потоки.

2. В процессе подъема давление воздуха падает, а теплообмена с окружающими телами практически нет. Поэтому процесс изменения состояния влажного воздуха близок к адиабатному, и его температура падает, а относительная влажность растет.

3. На определенной высоте, в момент достижения «точки росы», пары воды становятся насыщенными и конденсируются в капли — образуется туман, то есть облака. Туман с восходящим потоком воздуха продолжает подниматься и охлаждаться, так что мы наблюдаем образование кучевых облаков с четкой нижней кромкой.

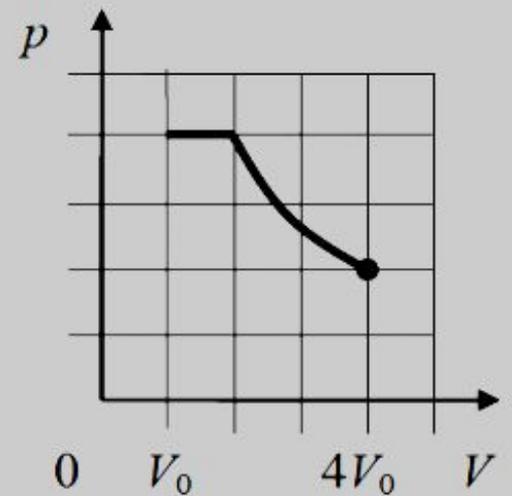
17. С 1 № 3812. В стеклянном цилиндре под поршнем при комнатной температуре T_0 находится только водяной пар. Первоначальное состояние системы показано точкой на pV -диаграмме. Медленно перемещая поршень, объём V под поршнем изотермически уменьшают от $4V_0$ до V_0 . Когда объём V достигает значения $2V_0$, на внутренней стороне стенок цилиндра выпадает роса. Постройте график зависимости давления P в цилиндре от объёма V на отрезке от V_0 до $4V_0$. Укажите, какими закономерностями Вы при этом воспользовались.



Решение.

1. На участке от $4V_0$ до $2V_0$ давление под поршнем при сжатии растёт, подчиняясь закону Бойля – Мариотта. На участке от $2V_0$ до V_0 давление под поршнем постоянно (давление насыщенного пара на изотерме).

На участке от $4V_0$ до $2V_0$ график $p(V)$ – фрагмент гиперболы, на участке от $2V_0$ до V_0 – горизонтальный отрезок прямой (для экспертов: отсутствие названий не снижает оценку, названия помогают оценке графика, сделанного от руки).



2. В начальном состоянии $V = 4V_0$ под поршнем находится ненасыщенный водяной пар, при сжатии число молекул пара неизменно, пока на стенках сосуда не появится роса. В момент появления росы пар становится насыщенным, его давление равно p_n . Поэтому на участке от $4V_0$ до $2V_0$ давление под поршнем растёт, подчиняясь закону Бойля – Мариотта: $pV = const$, т. е. $p \sim 1/V$.

График зависимости $p(V)$ – фрагмент гиперболы.

3. После того как на стенках сосуда появилась роса, пар при медленном изотермическом сжатии остается насыщенным, в том числе при $V = V_0$. При этом количество вещества пара уменьшается, а количество вещества жидкости увеличивается (идёт конденсация пара). Поэтому график $p(V)$ на участке от $2V_0$ до V_0 будет графиком константы, т. е. отрезком горизонтальной прямой.

18. С 1 № 4106. Известно, что сжиженные газы с низкими температурами кипения при нормальном давлении (например, метан, азот, кислород, водород, гелий) нельзя хранить в герметично закрытых сосудах, даже если они имеют хорошую теплоизоляцию. При хранении в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой, потери таких газов на испарение, отнесённые к единице объёма жидкости, тем меньше, чем больше объём сосуда. Объясните причины вышеизложенного, основываясь на известных физических законах и закономерностях.

Решение.

1. Даже при хорошей теплоизоляции невозможно полностью устранить подвод теплоты к сжиженным газам с низкими температурами кипения через стенки сосудов, поскольку температура этих газов значительно ниже температуры окружающей среды и существует явление теплопроводности.
2. Теплота, поступающая через стенки сосуда, расходуется на испарение сжиженного газа, причём объём получившегося газа во много раз превышает объём испарившейся жидкости. Поэтому в герметичном сосуде давление будет постепенно возрастать, и сосуд в конце концов взорвётся. По этой причине сжиженные газы хранят в открытых теплоизолированных сосудах, сообщающихся с атмосферой.
3. При данной разности температур и теплопроводности стенок количество теплоты, подводимой в единицу времени к содержимому сосуда, пропорционально площади его стенок, то есть квадрату линейных размеров сосуда. В то же время масса жидкости пропорциональна ее объёму, то есть кубу линейных размеров сосуда. Поэтому с увеличением размеров сосуда поток теплоты, приходящийся на единицу объёма жидкости, уменьшается, и соответственно уменьшаются относительные потери газа на испарение.

21. С 1 № 4366. Зимой школьник решил поставить опыт: полностью заполнил две тонкие пластиковые бутылки с практически нерастяжимыми стенками горячей водой (почти кипятком), потом из одной вылил воду, сразу же обе плотно закрыл крышками и выставил бутылки на мороз на всю ночь. В результате одна бутылка лопнула, а другая сплющилась. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, какая из бутылок лопнула и почему.

21. С 1 № 4366. Зимой школьник решил поставить опыт: полностью заполнил две тонкие пластиковые бутылки с практически нерастяжимыми стенками горячей водой (почти кипятком), потом из одной вылил воду, сразу же обе плотно закрыл крышками и выставил бутылки на мороз на всю ночь. В результате одна бутылка лопнула, а другая сплющилась. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, какая из бутылок лопнула и почему.

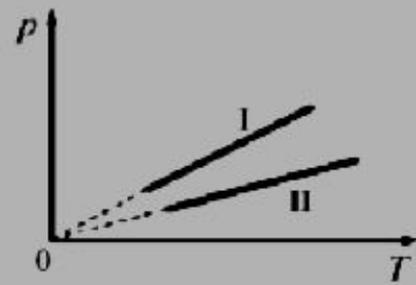
1) В первой бутылке были насыщенные пары воды и малое количество воздуха, а во второй — только горячая вода.

2) Ночью на морозе обе бутылки за счёт всех видов теплоотдачи - конвекции, теплопроводности и теплового излучения - остыли до температуры окружающего холодного воздуха.

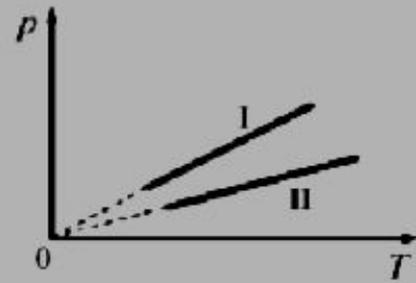
3) Пары воды в первой бутылке сконденсировались и замерзли, сильно уменьшив свой объём, а давление в бутылке упало до очень низкого значения. Поэтому бутылка под действием наружного атмосферного давления сплющилась.

4) Во второй бутылке вода сначала охладилась до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потом при фазовом переходе из жидкого состояния в твёрдое отдала теплоту кристаллизации, замёрзла и охладилась до низкой температуры окружающей среды. При этом объём воды вырос примерно на 10 % (это следует из таблицы плотностей веществ), что привело к сильному росту давления в бутылке с нерастяжимыми стенками, и она лопнула.

23. С 1 № 4753. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объёма. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



23. С 1 № 4753. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объёма. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Решение.

Идеальный газ подчиняется уравнению состояния Клапейрона - Менделеева: $pV = \nu RT$.

Следовательно, процесс изохорного нагревания фиксированного количества газа ν изображается на диаграмме $p - T$ линией $p(T) = \frac{\nu R}{V} T$ (линия, продолжение которой проходит через начало координат). То есть, чем больше количество газа ν , тем больший наклон имеет график процесса. Именно этим и объясняется тот факт, что изохора I лежит выше изохоры II: в первом случае в сосуде находилось больше газа, чем во втором: $V_1 > V_2$.

Более того, поскольку газ в обоих случаях одинаковый, можно заключить, что

в первом случае масса газа больше, чем во втором: $\nu = \frac{m}{\mu} \Leftrightarrow m_1 > m_2$

27. С 1 № 5981. Сейчас люди на праздники стали часто запускать в небо китайские фонарики, представляющие собой лёгкие бумажные мешки с отверстием внизу, в котором на проволочном каркасе крепится кусок пористого материала, пропитанного горючим. После его поджигания фонарик поднимается в небо на большую высоту, а потом может приземлиться вдали от точки старта. В городе, в лесу и при сильном ветре запускать фонарики опасно!

Опишите, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие в течение всех фаз полёта такого фонарика. В чём причина опасности, о которой говорилось выше?

Решение.

1. При горении горючего выделяется теплота, и газообразные продукты горения нагреваются — мы видим яркое пламя, фонарик светится.

2. Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, плотность газа $\rho = \frac{\mu p}{RT}$ при постоянном давлении p с ростом температуры T уменьшается, и горячие продукты горения выталкиваются более холодным и тяжёлым окружающим воздухом вверх, заполняя фонарик (здесь μ — молярная масса газа, а R — универсальная газовая постоянная).

3. Когда выталкивающая сила, действующая по закону Архимеда со стороны воздуха в гравитационном поле на фонарик, превысит силу его тяжести, фонарик начнёт подниматься вверх.

4. Подъём будет продолжаться до тех пор, пока не выгорит всё горючее. После этого горячие газы в фонарике будут охлаждаться из-за теплообмена с холодным окружающим воздухом, подъёмная сила будет падать, и фонарик будет постепенно опускаться.

5. При наличии ветра фонарик из-за сил вязкого трения движется вместе с окружающим его воздухом, и приземление может произойти далеко от точки старта.

6. Фонарик при подъёме в городе или в лесу может быть отнесён ветром на балконы высотных домов, на кроны деревьев, когда горючее ещё не кончилось, и вызвать пожар.

1) На кухне во время приготовления пищи могут случаться разные неприятности. Например, если сильно перегреть растительное масло на сковороде, поставленной на газовую плиту, то его пары могут воспламениться от газовой горелки, масло в сковороде тоже начнёт гореть, и его надо будет потушить. Спрашивается чем? Оказывается, что при обычной попытке тушения масла вылитой на него водой возникает столб огня, который может поджечь весь дом.

Опишите, основываясь на известных физических законах и закономерностях, процессы, происходящие при такой попытке его «тушения».

Решение.

1. Плотность горящего масла, которое находится в сковороде, меньше плотности воды. Поэтому при попытке тушения горящего масла водой она проникает под слой масла, быстро нагревается от сковороды, закипает и испаряется, резко увеличивая свой объём и давление.

2. Пары испарившейся воды, расширяясь, своим давлением выбрасывают и разбрызгивают уже горящее масло, резко увеличивая его поверхность, находящуюся в контакте с кислородом воздуха. В результате реакция горения масла ускоряется, всё это и приводит к образованию столба огня над сковородой.

2) Зимой школьник решил поставить опыт: полностью заполнил две тонкие пластиковые бутылки с практически нерастяжимыми стенками горячей водой (почти кипятком), потом из одной вылил воду, сразу же обе плотно закрыл крышками и выставил бутылки на мороз на всю ночь. В результате одна бутылка лопнула, а другая сплющилась. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, какая из бутылок лопнула и почему.

Решение.

1) В первой бутылке были насыщенные пары воды и малое количество воздуха, а во второй — только горячая вода.

2) Ночью на морозе обе бутылки за счёт всех видов теплоотдачи - конвекции, теплопроводности и теплового излучения - остыли до температуры окружающего холодного воздуха.

3) Пары воды в первой бутылке сконденсировались и замерзли, сильно уменьшив свой объём, а давление в бутылке упало до очень низкого значения. Поэтому бутылка под действием наружного атмосферного давления сплющилась.

4) Во второй бутылке вода сначала охладилась до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потом при фазовом переходе из жидкого состояния в твёрдое отдала теплоту кристаллизации, замёрзла и охладилась до низкой температуры окружающей среды. При этом объём воды вырос примерно на 10% (это следует из таблицы плотностей веществ), что привело к сильному росту давления в бутылке с нерастяжимыми стенками, и она лопнула.

3) Школьник в столовой поставил тарелку с горячим супом на стол, который был слегка наклонён и оказался мокрым из-за пролитого кем-то чая. Под дном тарелки осталось немного воздуха.

Тарелка с супом постояла на месте некоторое время, а потом соскользнула до края стола, упала на пол и разбилась. Перечислите и объясните физические явления и закономерности, которые привели к такому результату.

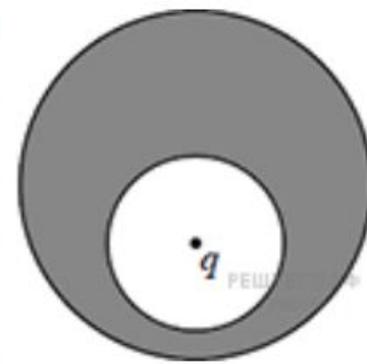
Решение.

1. Когда школьник поставил тарелку на стол, она «продавила» слой воды на столе, и между ней и слегка наклонённым столом действовала сила сухого трения, меньшая максимальной силы трения покоя и не дававшая тарелке сдвинуться с места.

2. Когда слой воздуха под тарелкой прогрелся от горячего супа за счёт теплопроводности дна тарелки, его давление повысилось на некоторую величину Δp , и тарелка «всплыла» над столом, контактируя с ним уже только через слой воды.

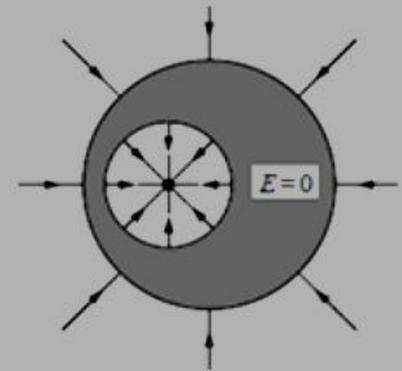
3. Сила вязкого трения в слое воды между тарелкой и столом не может удержать тарелку на месте, и она соскальзывает со стола под действием силы тяжести, падает и разбивается.

4) В нижней половине незаряженного металлического шара находится крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Шар находится в воздухе вдали от других предметов. В центр полости помещён отрицательный точечный заряд $q < 0$ (см. рисунок). Нарисуйте картину силовых линий электростатического поля внутри полости и снаружи шара. Если поле равно нулю, напишите в данной области: Если поле отлично от нуля, нарисуйте картину поля в данной области, используя восемь силовых линий.



Решение.

1. Приведён схематический рисунок картины силовых линий: внутри полости — семейство прямых лучей, исходящих из заряда и приходящих на поверхность полости по нормали; снаружи шара — семейство прямых лучей, исходящих с поверхности шара по нормали к ней и уходящих на бесконечность.



2. Внутри проводника — электростатическое поле $E = 0$. Поэтому поле в полости обладает центральной симметрией и выглядит как поле точечного заряда $q < 0$, находящегося в центре полости. Силовые линии этого поля подходят по нормали к поверхности полости, где равномерно распределен положительный индуцированный заряд $-q > 0$.

3. На наружной поверхности шара находится (в силу нейтральности шара в целом) отрицательный заряд $q < 0$. В силу того, что внутри проводника а снаружи окружающие предметы расположены далеко от шара, этот заряд распределён по поверхности шара равномерно. Его поле вне шара выглядит как поле точечного заряда $q < 0$, расположенного в центре шара. Силовые линии отходят от шара по нормали к его поверхности.

5) Во время грозы было видно, как между облаками и землёй проскочила длинная молния, а затем, через некоторое время, был слышен удар грома и его раскаты, продолжающиеся в течение довольно длительного времени после молнии. Объясните описанные выше явления, наблюдаемые во время грозы.

Решение.

1. Во время грозы из-за электризации трением ледяных кристаллов в восходящих потоках воздуха в грозовых облаках возникают большие заряды и огромные разности потенциалов между облаками и землёй, вызывающие искровые пробой воздушных промежутков, то есть молнии.

2. В молнии происходит нагрев и быстрое расширение воздуха, что приводит к образованию звуковых волн, распространяющихся во все стороны от искровых каналов.

3. Свет от молнии распространяется в сотни тысяч раз быстрее звука, поэтому вначале мы видим вспышку света, а спустя некоторое время слышим звук — громовые раскаты.

4. Гром вначале доходит до нас от ближайшей части молнии, а затем — от более удалённых, поэтому после молнии и первого слышимого удара грома довольно долго слышны раскаты.