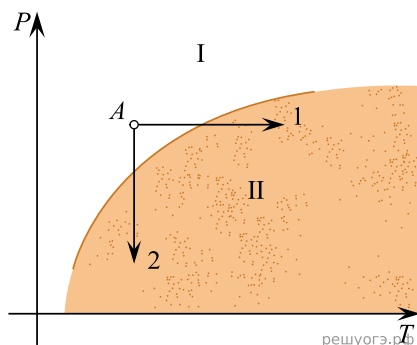


Вулканы

Известно, что по мере спуска в недра Земли температура постепенно повышается. Это обстоятельство и сам факт извержения вулканами жидкой лавы невольно наталкивали на мысль, что на определенных глубинах вещество земного шара находится в расплавленном состоянии. Однако на самом деле все не так просто. Одновременно с повышением температуры растет давление в земных глубинах. А ведь чем больше давление, тем выше температура плавления (см. рис.).



Согласно современным представлениям большая часть земных недр сохраняет твердое состояние. Однако вещество астеносферы (оболочка Земли от 100 км до 300 км в глубину) находится в почти расплавленном состоянии. Так называют твердое состояние, которое легко переходит в жидкое (расплавленное) при небольшом повышении температуры (процесс 1) или понижении давления (процесс 2).

Источником первичных расплавов магмы является астеносфера. Если в каком-то районе снижается давление (например, при смещении участков литосферы), то твердое вещество астеносферы тотчас превращается в жидкий расплав, то есть в магму.

Но какие физические причины приводят в действие механизм извержения вулкана?

В магме наряду с парами воды содержатся различные газы (углекислый газ, хлористый и фтористый водород, оксиды серы, метан и другие). Концентрация растворенных газов соответствует внешнему давлению. В физике известен закон Генри: концентрация газа, растворенного в жидкости, пропорциональна его давлению над жидкостью. Теперь представим, что давление на глубине уменьшилось. Газы, растворенные в магме, переходят в газообразное состояние. Магма увеличивается в объеме, вспенивается и начинает подниматься вверх. По мере подъема магмы давление падает еще больше, поэтому процесс выделения газов усиливается, что, в свою очередь, приводит к ускорению подъема.

1. На глубине 200 м ниже уровня моря вода содержит примерно 1,5% растворенного в ней воздуха. Возможно ли извлечь воздух из воды? Ответ поясните.

2. При работе в условиях повышенного давления (например, при работе аквалангиста на глубине) ткани человека поглощают дополнительное количество азота. Быстро или медленно должны подниматься аквалангисты с глубины на поверхность воды? Ответ поясните.

Альbedo Земли

Температура у поверхности Земли зависит от отражательной способности планеты — альbedo. Альbedo поверхности — это отношение потока энергии отраженных солнечных лучей к потоку энергии падающих на поверхность солнечных лучей, выраженное в процентах или долях единицы. Альbedo Земли в видимой части спектра — около 40%. В отсутствие облаков оно было бы около 15%.

Альbedo зависит от многих факторов: наличия и состояния облачности, изменения ледников, времени года и соответственно от осадков. В 90-х годах XX века стала очевидна значительная роль аэрозолей — мельчайших твердых и жидких частиц в атмосфере. При сжигании топлива в воздух попадают газообразные оксиды серы и азота; соединяясь в атмосфере с капельками воды, они образуют серную, азотную кислоты и аммиак, которые превращаются потом в сульфатный и нитратный аэрозоли. Аэрозоли не только отражают солнечный свет, не пропуская его к поверхности Земли. Аэрозольные частицы служат ядрами конденсации атмосферной влаги при образовании облаков и тем самым способствуют увеличению облачности. А это, в свою очередь, уменьшает приток солнечного тепла к земной поверхности.

Прозрачность для солнечных лучей в нижних слоях земной атмосферы зависит также от пожаров. Из-за пожаров в атмосферу поднимается пыль и сажа, которые плотным экраном закрывают Землю и увеличивают альbedo поверхности.

3. В таблице приведены некоторые характеристики для двух планет Солнечной системы — Венеры и Марса. Для какой из планет альbedo имеет большее значение? Ответ поясните.

Характеристики	Венера	Марс
А. Среднее расстояние от Солнца, в радиусах земной орбиты	0,72	1,52
Б. Средний радиус планеты, км	6050	3397
В. Число спутников	0	2
Г. Наличие атмосферы	Очень плотная	Разреженная

Реактивное движение

Реактивным называется движение, которое происходит под действием силы реакции, действующей на движущееся тело со стороны струи вещества, выбрасываемого из двигателя. Пояснить принцип реактивного движения можно на примере движения ракеты.

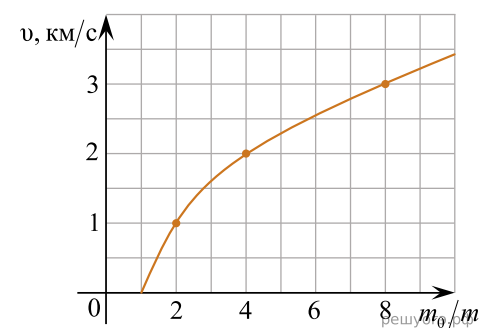
Пусть в двигателе, установленном на ракете, происходит сгорание топлива и продукты горения (горячие газы) под высоким давлением выбрасываются из сопла двигателя. На каждую порцию газов, выброшенных из сопла, со стороны двигателя действует некоторая сила, которая приводит эту порцию газов в движение. В соответствии с третьим законом Ньютона, на двигатель со стороны выбрасываемых газов действует сила, такая же по модулю и противоположная по направлению. Эта сила называется реактивной. Под ее действием ракета приобретает ускорение и разгоняется в направлении, противоположном направлению выбрасывания газов. Модуль F реактивной силы может быть вычислен при помощи простой формулы:

$$F = \mu u,$$

где u — модуль скорости истечения газов из сопла двигателя относительно ракеты, а μ — скорость расхода топлива (масса вещества, выбрасываемого двигателем в единицу времени, измеряется в кг/с). Направлена реактивная сила всегда в направлении, противоположном направлению истечения газовой струи. Реактивное движение также можно объяснить и при помощи закона сохранения импульса.

Принцип реактивного движения широко используется в технике. Помимо ракет реактивные двигатели приводят в движение самолеты и водные катера. На основании этого принципа конструируют различные приспособления — поливальные устройства с вертушками, называемыми «сегнеровым» колесом, игрушки и т. п. Реактивное движение встречается и в живой природе. Некоторые морские организмы (кальмары, каракатицы) двигаются, выбрасывая предварительно засосанные внутрь себя порции воды. В качестве любопытного примера из мира растений можно привести так называемый «бешеный огурец». После созревания семян из плода этого растения под большим давлением выбрасывается жидкость, в результате чего огурец отлетает на некоторое расстояние от места своего произрастания.

При реактивном движении ракеты ее масса непрерывно уменьшается из-за сгорания топлива и выбрасывания наружу продуктов сгорания. По этой причине модуль ускорения ракеты все время изменяется, а скорость ракеты нелинейно зависит от массы сгоревшего топлива. Впервые задача об отыскании модуля конечной скорости v ракеты, масса которой изменилась от значения m_0 до величины m , была решена русским ученым, пионером космонавтики К. Э. Циолковским. График зависимости, иллюстрирующей полученную им формулу, показан на рисунке.



Из графика видно, что полученная Циолковским закономерность может быть кратко сформулирована следующим образом: если скорость истечения газов из сопла двигателя постоянна, то при уменьшении массы ракеты в геометрической прогрессии модуль скорости ракеты возрастает в арифметической прогрессии. Иными словами, если при уменьшении массы ракеты в 2 раза ($\frac{m_0}{m} = 2$) модуль скорости ракеты увеличивается на 1 км/с, то при уменьшении массы ракеты в 4 раза ($\frac{m_0}{m} = 4$) модуль скорости ракеты возрастет еще на 1 км/с. Из-за такой закономерности разгон ракеты до высокой скорости требует очень большого расхода топлива.

4. Ракетный двигатель выбрасывает из сопла газы со скоростью 3 км/с относительно ракеты. Можно ли при помощи этого двигателя разогнать ракету до скорости 8 км/с относительно стартового стола? Ответ поясните.

Закон Бернулли

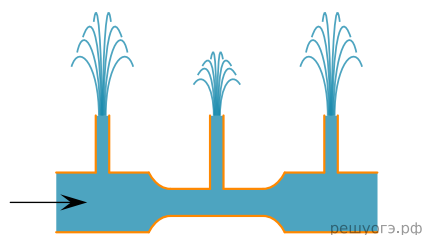
Этот важный закон был открыт в 1738 году Даниилом Бернулли — швейцарским физиком, механиком и математиком, академиком и иностранным почетным членом Петербургской академии наук. Закон Бернулли позволяет понять некоторые явления, наблюдаемые при течении потока жидкости или газа.

В качестве примера рассмотрим поток жидкости плотностью ρ , текущей по наклоненной под углом к горизонту трубе. Если жидкость полностью заполняет трубу, то закон Бернулли выражается следующим простым уравнением:

$$\rho gh + \rho v^2/2 + p = \text{const}$$

В этом уравнении h — высота, на которой находится выделенный объем жидкости, v — скорость этого объема, p — давление внутри потока жидкости на данной высоте. Записанное уравнение свидетельствует о том, что сумма трех величин, первая из которых зависит от высоты, вторая — от квадрата скорости, а третья — от давления, есть величина постоянная.

В частности, если жидкость течет вдоль горизонтали (то есть высота h не изменяется), то участкам потока, которые движутся с большей скоростью, соответствует меньшее давление, и наоборот. Это можно продемонстрировать при помощи следующего простого прибора.



Протекание жидкости
через трубу с сужением

Возьмем горизонтальную стеклянную трубу, в центральной части которой сделано сужение (см. рис.). Припаеваем к отверстиям в этой трубе три тонких стеклянных трубочки — две около краев трубы (там, где она толще) и одну — в центральной части трубы (там, где находится сужение). Расположим эту трубу горизонтально и будем пропускать через нее воду под давлением — так, как показано стрелкой на рисунке. Из направленных вверх трубочек начнут бить фонтанчики. Поскольку площадь поперечного сечения центральной части трубы меньше, то скорость протекания воды через эту часть будет больш

е, чем через левый и правый участки трубы. По этой причине в соответствии с законом Бернулли давление в жидкости в центральной части трубы будет меньше, чем в остальных частях трубы, и высота среднего фонтанчика будет меньше, чем крайних фонтанчиков.

Описанное явление легко объясняется и с помощью второго закона Ньютона. Действительно, частицы жидкости при переходе из начального участка трубы в центральный должны увеличить свою скорость, то есть ускориться. Для этого на них должна действовать сила, направленная в сторону центральной части трубы. Эта сила представляет собой разность сил давления. Следовательно, давление в центральной части трубы должно быть меньше, чем в ее начальной части. Совершенно аналогично рассматривается и переход жидкости из центральной части трубы в ее конечную часть, при котором частицы жидкости замедляются.

При помощи закона Бернулли могут быть объяснены разнообразные явления, возникающие при течении потоков жидкости или газа. Например, известно, что двум большим кораблям, движущимся попутными курсами, запрещается проходить близко друг от друга. При таком движении между близкими бортами кораблей возникает более быстрый поток движущейся воды, чем со стороны внешних бортов. Вследствие этого давление в потоке воды между кораблями становится меньше, чем снаружи, и возникает сила, которая начинает подталкивать корабли друг к другу. Если расстояние между кораблями мало, то может произойти их столкновение.

5. Прибор, изображенный на рисунке в тексте, освободили от воды и перевернули так, что трубочки оказались направленными вертикально вниз, и погрузили трубочки в сосуд с водой. При продувании через горизонтальную трубу воздуха оказалось, что в трубочки всосалось некоторое количество воды из сосуда. Длиннее или короче окажутся столбики жидкости, оказавшиеся в крайних трубочках, по сравнению со столбиком, оказавшимся в средней трубочке? Ответ поясните.

Поверхностное натяжение жидкостей

Если взять тонкую чистую стеклянную трубку (она называется капилляром), расположить ее вертикально и погрузить ее нижний конец в стакан с водой, то вода в трубке поднимется на некоторую высоту над уровнем воды в стакане. Повторяя этот опыт с трубками разных диаметров и с разными жидкостями, можно установить, что высота поднятия жидкости в капилляре получается различной. В узких трубках одна и та же жидкость поднимается выше, чем в широких. При этом в одной и той же трубке разные жидкости поднимаются на разные высоты. Результаты этих опытов, как и еще целый ряд других эффектов и явлений, объясняются наличием поверхностного натяжения жидкостей.

Возникновение поверхностного натяжения связано с тем, что молекулы жидкости могут взаимодействовать как между собой, так и с молекулами других тел — твердых, жидких и газообразных, — с которыми находятся в соприкосновении. Молекулы жидкости, которые находятся на ее поверхности, «существуют» в особых условиях — они контактируют и с другими молекулами жидкости, и с молекулами иных тел. Поэтому равновесие поверхности жидкости достигается тогда, когда обращается в ноль сумма всех сил взаимодействия молекул, находящихся на поверхности жидкости, с другими молекулами. Если молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, взаимодействуют преимущественно с молекулами самой жидкости, то жидкость принимает форму, имеющую минимальную площадь свободной поверхности. Это связано с тем, что для увеличения площади свободной поверхности жидкости нужно переместить молекулы жидкости из ее глубины на поверхность, для чего необходимо «раздвинуть» молекулы, находящиеся на поверхности, то есть совершить работу против сил их взаимного притяжения. Таким образом, состояние жидкости с минимальной площадью свободной поверхности является наиболее выгодным с энергетической точки зрения. Поверхность жидкости ведет себя подобно натянутой упругой пленке — она стремится максимально сократиться. Именно с этим и связано появление термина «поверхностное натяжение».

Приведенное выше описание можно проиллюстрировать при помощи опыта Плато. Если поместить каплю анилина в раствор поваренной соли, подобрав концентрацию раствора так, чтобы капля плавала внутри раствора, находясь в состоянии безразличного равновесия, то капля под действием поверхностного натяжения примет шарообразную форму, поскольку среди всех тел именно шар обладает минимальной площадью поверхности при заданном объеме.

Если молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, контактируют с молекулами твердого тела, то поведение жидкости будет зависеть от того, насколько сильно взаимодействуют друг с другом молекулы жидкости и твердого тела. Если силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела велики, то жидкость будет стремиться растечься по поверхности твердого тела. В этом случае говорят, что жидкость хорошо смачивает твердое тело (или полностью смачивает его). Примером хорошего смачивания может служить вода, приведенная в контакт с чистым стеклом. Капля воды, помещенная на стеклянную пластинку, сразу же растекается по ней тонким слоем. Именно из-за хор

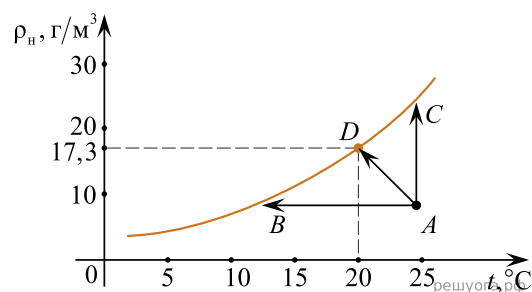
ошего смачивания стекла водой и наблюдается поднятие уровня воды в тонких стеклянных трубках. Если же силы притяжения молекул жидкости друг к другу значительно превышают силы их притяжения к молекулам твердого тела, то жидкость будет стремиться принять такую форму, чтобы площадь ее контакта с твердым телом была как можно меньше. В этом случае говорят, что жидкость плохо смачивает твердое тело (или полностью не смачивает его). Примером плохого смачивания могут служить капли ртути, помещенные на стеклянную пластинку. Они принимают форму почти сферических капель, немного деформированных из-за действия силы тяжести. Если опустить конец стеклянного капилляра не в воду, а в сосуд с ртутью, то ее уровень окажется ниже уровня ртути в сосуде.

6. При проведении опыта Плато ученик наблюдал большую сферическую каплю анилина, которая плавала в сосуде с раствором соли с соответствующим образом подобранной концентрацией. Ученик досыпал на дно сосуда еще чуть-чуть соли. При медленном растворении соли плотность раствора в разных частях сосуда стала разной — в нижней части немного большей, чем в верхней. Как изменится форма капли? Ответ поясните.

Пересыщенный пар

Что произойдет, если сосуд с некоторым количеством жидкости закрыть крышкой? Наиболее быстрые молекулы воды, преодолев притяжение со стороны других молекул, выскакивают из воды и образуют пар над водной поверхностью. Этот процесс называется испарением воды. С другой стороны, молекулы водяного пара, сталкиваясь друг с другом и с другими молекулами воздуха, случайным образом могут оказаться у поверхности воды и перейти обратно в жидкость. Это есть конденсация пара. В конце концов при данной температуре процессы испарения и конденсации взаимно компенсируются, то есть устанавливается состояние термодинамического равновесия. Водяной пар, находящийся в этом случае над поверхностью жидкости, называется насыщенным.

Давление насыщенного пара — наибольшее давление, которое может иметь пар при данной температуре. При увеличении температуры давление и плотность насыщенного пара увеличиваются (см. рис.).



Зависимость плотности насыщенного водяного пара от температуры

Водяной пар становится насыщенным при достаточном охлаждении (процесс AB) или в процессе дополнительного испарения воды (процесс AC). При достижении состояния насыщения начинается конденсация водяного пара в воздухе и на телах, с которыми он соприкасается. Роль центров конденсации могут играть ионы, мельчайшие капельки воды, пылинки, частички сажи и другие мелкие загрязнения. Если убрать центры конденсации, то можно получить пересыщенный пар.

На свойствах пересыщенного пара основано действие камеры Вильсона — прибора для регистрации заряженных частиц. След (трек) частицы, влетевшей в камеру с пересыщенным паром, виден на фотографии как линия, вдоль которой конденсируются капельки жидкости.

Длина трека частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии частицы. Длина трека увеличивается с возрастанием начальной энергии частицы. Однако при одинаковой начальной энергии тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие.

Медленно движущиеся частицы взаимодействуют с атомами среды более эффективно и будут иметь меньшую длину пробега.

7. Ядра дейтерия ${}^2_1\text{H}$ и трития ${}^3_1\text{H}$ имеющие одинаковую начальную энергию, влетают в камеру Вильсона. У какого из ядер длина пробега будет больше? Ответ поясните.

Приливы и отливы

Уровень поверхности океанов и морей периодически, приблизительно два раза в течение суток, изменяется. Эти колебания называются приливами и отливами. Во время прилива уровень воды в океане постепенно повышается и становится наивысшим. При отливе уровень воды постепенно понижается и становится наименьшим. При приливе вода течет к берегам, а при отливе — от берегов.

Приливы и отливы образуются вследствие влияния на Землю таких космических тел, как Луна и Солнце. В соответствии с законом всемирного тяготения Луна и Земля притягиваются друг к другу. Это притяжение настолько велико, что поверхность океана стремится приблизиться к Луне, происходит прилив. При движении Луны вокруг Земли приливная волна как бы движется за ней. При достаточном удалении Луны от того места, где был прилив, волна отойдет от берега, и будет наблюдаться отлив.

Притяжение Земли Солнцем также приводит к образованию приливов и отливов. Однако поскольку расстояние от Земли до Солнца значительно больше расстояния от Земли до Луны, то воздействие Солнца на водную поверхность Земли существенно меньше.

Приливы отличаются друг от друга продолжительностью и высотой (величиной прилива).

Величина приливов достаточно разнообразна. Теоретически один лунный прилив равен 0,53 м, солнечный — 0,24 м, поэтому самый большой прилив должен быть равен 0,77 м. В открытом океане, около островов, величина приливов близка к этому значению. У материков величина приливов колеблется от 1,5 м до 2 м. Во внутренних морях приливы очень незначительны: в Черном море — 13 см, в Балтийском — 4,8 см.

Значение приливов очень велико для морского судоходства, для устройства портов. Каждая приливная волна несет большую энергию, которая может быть использована.

8. Какой прилив является более сильным: происходящий вследствие воздействия на водную поверхность Солнца или Луны? Ответ поясните.

Адсорбция

Твердое тело, находящееся в газе, всегда покрыто слоем молекул газа, некоторое время удерживающихся на нем молекулярными силами. Это явление называется адсорбция. Количество адсорбированного газа зависит от площади поверхности, на которой могут адсорбироваться молекулы. Адсорбирующая поверхность особенно велика у пористых веществ, пронизанных множеством мелких каналов. Количество адсорбированного газа зависит также от природы газа и от химического состава твердого тела.

Одним из примеров веществ-адсорбентов является активированный уголь, то есть уголь, освобожденный от смолистых примесей прокаливанием. В промышленности хороший активированный уголь получают из ореховой скорлупы (кокосовой), из косточек некоторых плодовых культур.

Классическим примером использования адсорбирующих свойств активированного угля является противогаз. Фильтры, содержащие активированный уголь, применяются во многих современных устройствах для очистки питьевой воды. Активированный уголь применяется в химической, фармацевтической и пищевой промышленности. В медицине процесс выведения из организма чужеродных веществ, попадающих в него из окружающей среды, или образовавшихся в самом организме токсических продуктов обмена, называется энтеросорбция. Лекарственные средства, поглощающие и выводящие из желудочнокишечного тракта вредные, токсичные для организма вещества, называют энтеросорбентами. Эффективность энтеросорбентов зависит от площади их активной поверхности. При заданной массе энтеросорбента площадь активной поверхности обратно пропорциональна размеру его частиц: чем меньше размеры частиц, тем больше суммарная площадь их активной поверхности.

9. Какие частицы энтеросорбента (крупные или мелкие) окажут большее терапевтическое действие при одинаковой потребляемой массе сорбента? Ответ поясните.

Поверхностное натяжение жидкостей

Если взять тонкую чистую стеклянную трубку (она называется капилляром), расположить ее вертикально и погрузить ее нижний конец в стакан с водой, то вода в трубке поднимется на некоторую высоту над уровнем воды в стакане. Повторяя этот опыт с трубками разных диаметров и с разными жидкостями, можно установить, что высота поднятия жидкости в капилляре получается различной. В узких трубках одна и та же жидкость поднимается выше, чем в широких. При этом в одной и той же трубке разные жидкости поднимаются на разные высоты. Результаты этих опытов, как и еще целый ряд других эффектов и явлений, объясняются наличием поверхностного натяжения жидкостей.

Возникновение поверхностного натяжения связано с тем, что молекулы жидкости могут взаимодействовать как между собой, так и с молекулами других тел — твердых, жидких и газообразных, — с которыми находятся в соприкосновении. Молекулы жидкости, которые находятся на ее поверхности, «существуют» в особых условиях — они контактируют и с другими молекулами жидкости, и с молекулами иных тел. Поэтому равновесие поверхности жидкости достигается тогда, когда обращается в ноль сумма всех сил взаимодействия молекул, находящихся на поверхности жидкости, с другими молекулами. Если молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, взаимодействуют преимущественно с молекулами самой жидкости, то жидкость принимает форму, имеющую минимальную площадь свободной поверхности. Это связано с тем, что для увеличения площади свободной поверхности жидкости нужно переместить молекулы жидкости из ее глубины на поверхность, для чего необходимо «раздвинуть» молекулы, находящиеся на поверхности, то есть совершить работу против сил их взаимного притяжения. Таким образом, состояние жидкости с минимальной площадью свободной поверхности является наиболее выгодным с энергетической точки зрения. Поверхность жидкости ведет себя подобно натянутой упругой пленке — она стремится максимально сократиться. Именно с этим и связано появление термина «поверхностное натяжение».

Приведенное выше описание можно проиллюстрировать при помощи опыта Плато. Если поместить каплю анилина в раствор поваренной соли, подобрав концентрацию раствора так, чтобы капля плавала внутри раствора, находясь в состоянии безразличного равновесия, то капля под действием поверхностного натяжения примет шарообразную форму, поскольку среди всех тел именно шар обладает минимальной площадью поверхности при заданном объеме.

Если молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, контактируют с молекулами твердого тела, то поведение жидкости будет зависеть от того, насколько сильно взаимодействуют друг с другом молекулы жидкости и твердого тела. Если силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела велики, то жидкость будет стремиться растечься по поверхности твердого тела. В этом случае говорят, что жидкость хорошо смачивает твердое тело (или полностью смачивает его). Примером хорошего смачивания может служить вода, приведенная в контакт с чистым стеклом. Капля воды, помещенная на стеклянную пластинку, сразу же растекается по ней тонким слоем. Именно из-за хор

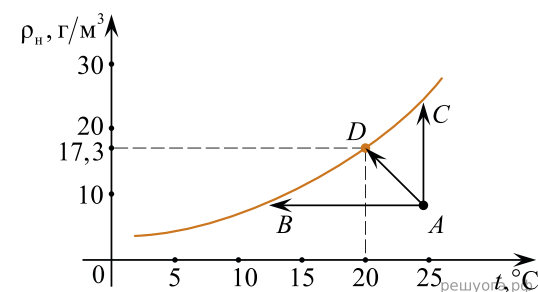
ошего смачивания стекла водой и наблюдается поднятие уровня воды в тонких стеклянных трубках. Если же силы притяжения молекул жидкости друг к другу значительно превышают силы их притяжения к молекулам твердого тела, то жидкость будет стремиться принять такую форму, чтобы площадь ее контакта с твердым телом была как можно меньше. В этом случае говорят, что жидкость плохо смачивает твердое тело (или полностью не смачивает его). Примером плохого смачивания могут служить капли ртути, помещенные на стеклянную пластинку. Они принимают форму почти сферических капель, немного деформированных из-за действия силы тяжести. Если опустить конец стеклянного капилляра не в воду, а в сосуд с ртутью, то ее уровень окажется ниже уровня ртути в сосуде.

10. При проведении опыта Плато ученик наблюдал большую сферическую каплю анилина, которая плавала в сосуде с раствором соли с соответствующим образом подобранной концентрацией. Ученик досыпал на дно сосуда еще чуть-чуть соли. При медленном растворении соли плотность раствора в разных частях сосуда стала разной — в нижней части немного большей, чем в верхней. Как изменится форма капли? Ответ поясните.

Пересыщенный пар

Что произойдет, если сосуд с некоторым количеством жидкости закрыть крышкой? Наиболее быстрые молекулы воды, преодолев притяжение со стороны других молекул, выскакивают из воды и образуют пар над водной поверхностью. Этот процесс называется испарением воды. С другой стороны, молекулы водяного пара, сталкиваясь друг с другом и с другими молекулами воздуха, случайным образом могут оказаться у поверхности воды и перейти обратно в жидкость. Это есть конденсация пара. В конце концов при данной температуре процессы испарения и конденсации взаимно компенсируются, то есть устанавливается состояние термодинамического равновесия. Водяной пар, находящийся в этом случае над поверхностью жидкости, называется насыщенным.

Давление насыщенного пара — наибольшее давление, которое может иметь пар при данной температуре. При увеличении температуры давление и плотность насыщенного пара увеличиваются (см. рис.).



Зависимость плотности насыщенного водяного пара от температуры

Водяной пар становится насыщенным при достаточном охлаждении (процесс AB) или в процессе дополнительного испарения воды (процесс AC). При достижении состояния насыщения начинается конденсация водяного пара в воздухе и на телах, с которыми он соприкасается. Роль центров конденсации могут играть ионы, мельчайшие капельки воды, пылинки, частички сажи и другие мелкие загрязнения. Если убрать центры конденсации, то можно получить пересыщенный пар.

На свойствах пересыщенного пара основано действие камеры Вильсона — прибора для регистрации заряженных частиц. След (трек) частицы, влетевшей в камеру с пересыщенным паром, виден на фотографии как линия, вдоль которой конденсируются капельки жидкости.

Длина трека частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии частицы. Длина трека увеличивается с возрастанием начальной энергии частицы. Однако при одинаковой начальной энергии тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие.

Медленно движущиеся частицы взаимодействуют с атомами среды более эффективно и будут иметь меньшую длину пробега.

11. Ядра дейтерия ${}^2_1\text{H}$ и трития ${}^3_1\text{H}$ имеющие одинаковую начальную энергию, влетают в камеру Вильсона. У какого из ядер длина пробега будет больше? Ответ поясните.

Приливы и отливы

Уровень поверхности океанов и морей периодически, приблизительно два раза в течение суток, изменяется. Эти колебания называются приливами и отливами. Во время прилива уровень воды в океане постепенно повышается и становится наивысшим. При отливе уровень воды постепенно понижается и становится наименьшим. При приливе вода течет к берегам, а при отливе — от берегов.

Приливы и отливы образуются вследствие влияния на Землю таких космических тел, как Луна и Солнце. В соответствии с законом всемирного тяготения Луна и Земля притягиваются друг к другу. Это притяжение настолько велико, что поверхность океана стремится приблизиться к Луне, происходит прилив. При движении Луны вокруг Земли приливная волна как бы движется за ней. При достаточном удалении Луны от того места, где был прилив, волна отойдет от берега, и будет наблюдаться отлив.

Притяжение Земли Солнцем также приводит к образованию приливов и отливов. Однако поскольку расстояние от Земли до Солнца значительно больше расстояния от Земли до Луны, то воздействие Солнца на водную поверхность Земли существенно меньше.

Приливы отличаются друг от друга продолжительностью и высотой (величиной прилива).

Величина приливов достаточно разнообразна. Теоретически один лунный прилив равен 0,53 м, солнечный — 0,24 м, поэтому самый большой прилив должен быть равен 0,77 м. В открытом океане, около островов, величина приливов близка к этому значению. У материков величина приливов колеблется от 1,5 м до 2 м. Во внутренних морях приливы очень незначительны: в Черном море — 13 см, в Балтийском — 4,8 см.

Значение приливов очень велико для морского судоходства, для устройства портов. Каждая приливная волна несет большую энергию, которая может быть использована.

12. Какой прилив является более сильным: происходящий вследствие воздействия на водную поверхность Солнца или Луны? Ответ поясните.

Реактивное движение

Реактивным называется движение, которое происходит под действием силы реакции, действующей на движущееся тело со стороны струи вещества, выбрасываемого из двигателя. Пояснить принцип реактивного движения можно на примере движения ракеты.

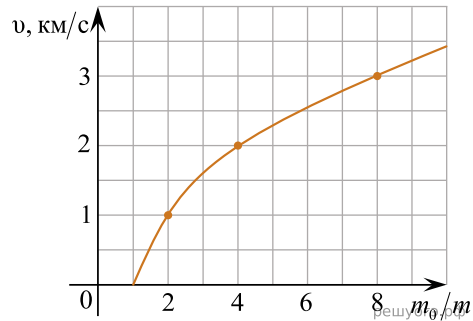
Пусть в двигателе, установленном на ракете, происходит сгорание топлива и продукты горения (горячие газы) под высоким давлением выбрасываются из сопла двигателя. На каждую порцию газов, выброшенных из сопла, со стороны двигателя действует некоторая сила, которая приводит эту порцию газов в движение. В соответствии с третьим законом Ньютона, на двигатель со стороны выбрасываемых газов действует сила, такая же по модулю и противоположная по направлению. Эта сила называется реактивной. Под ее действием ракета приобретает ускорение и разгоняется в направлении, противоположном направлению выбрасывания газов. Модуль F реактивной силы может быть вычислен при помощи простой формулы:

$$F = \mu u,$$

где u — модуль скорости истечения газов из сопла двигателя относительно ракеты, а μ — скорость расхода топлива (масса вещества, выбрасываемого двигателем в единицу времени, измеряется в кг/с). Направлена реактивная сила всегда в направлении, противоположном направлению истечения газовой струи. Реактивное движение также можно объяснить и при помощи закона сохранения импульса.

Принцип реактивного движения широко используется в технике. Помимо ракет реактивные двигатели приводят в движение самолеты и водные катера. На основании этого принципа конструируют различные приспособления — поливальные устройства с вертушками, называемыми «сегнеровым» колесом, игрушки и т. п. Реактивное движение встречается и в живой природе. Некоторые морские организмы (кальмары, каракатицы) двигаются, выбрасывая предварительно засосанные внутрь себя порции воды. В качестве любопытного примера из мира растений можно привести так называемый «бешеный огурец». После созревания семян из плода этого растения под большим давлением выбрасывается жидкость, в результате чего огурец отлетает на некоторое расстояние от места своего произрастания.

При реактивном движении ракеты ее масса непрерывно уменьшается из-за сгорания топлива и выбрасывания наружу продуктов сгорания. По этой причине модуль ускорения ракеты все время изменяется, а скорость ракеты нелинейно зависит от массы сгоревшего топлива. Впервые задача об отыскании модуля конечной скорости v ракеты, масса которой изменилась от значения m_0 до величины m , была решена русским ученым, пионером космонавтики К. Э. Циолковским. График зависимости, иллюстрирующей полученную им формулу, показан на рисунке.



Из графика видно, что полученная Циолковским закономерность может быть кратко сформулирована следующим образом: если скорость истечения газов из сопла двигателя постоянна, то при уменьшении массы ракеты в геометрической прогрессии модуль скорости ракеты возрастает в арифметической прогрессии. Иными словами, если при уменьшении массы ракеты в 2 раза ($\frac{m_0}{m} = 2$) модуль скорости ракеты увеличивается на 1 км/с, то при уменьшении массы ракеты в 4 раза ($\frac{m_0}{m} = 4$) модуль скорости ракеты возрастет еще на 1 км/с. Из-за такой закономерности разгон ракеты до высокой скорости требует очень большого расхода топлива.

13. Ракетный двигатель выбрасывает из сопла газы со скоростью 3 км/с относительно ракеты. Можно ли при помощи этого двигателя разогнать ракету до скорости 8 км/с относительно стартового стола? Ответ поясните.

Закон Бернулли

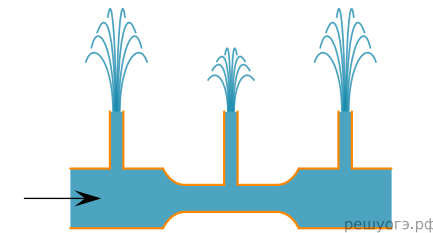
Этот важный закон был открыт в 1738 году Даниилом Бернулли — швейцарским физиком, механиком и математиком, академиком и иностранным почетным членом Петербургской академии наук. Закон Бернулли позволяет понять некоторые явления, наблюдаемые при течении потока жидкости или газа.

В качестве примера рассмотрим поток жидкости плотностью ρ , текущей по наклонной под углом к горизонту трубе. Если жидкость полностью заполняет трубу, то закон Бернулли выражается следующим простым уравнением:

$$\rho gh + \rho v^2/2 + p = \text{const}$$

В этом уравнении h — высота, на которой находится выделенный объем жидкости, v — скорость этого объема, p — давление внутри потока жидкости на данной высоте. Записанное уравнение свидетельствует о том, что сумма трех величин, первая из которых зависит от высоты, вторая — от квадрата скорости, а третья — от давления, есть величина постоянная.

В частности, если жидкость течет вдоль горизонтали (то есть высота h не изменяется), то участкам потока, которые движутся с большей скоростью, соответствует меньшее давление, и наоборот. Это можно продемонстрировать при помощи следующего простого прибора.



Протекание жидкости через трубу с сужением

Возьмем горизонтальную стеклянную трубу, в центральной части которой сделано сужение (см. рис.). Припаем к отверстиям в этой трубе три тонких стеклянных трубочки — две около краев трубы (там, где она толще) и одну — в центральной части трубы (там, где находится сужение). Расположим эту трубу горизонтально и будем пропускать через нее воду под давлением — так, как показано стрелкой на рисунке. Из направленных вверх трубочек начнут бить фонтанчики. Поскольку площадь поперечного сечения центральной части трубы меньше, то скорость протекания воды через эту часть будет больше

е, чем через левый и правый участки трубы. По этой причине в соответствии с законом Бернулли давление в жидкости в центральной части трубы будет меньше, чем в остальных частях трубы, и высота среднего фонтанчика будет меньше, чем крайних фонтанчиков.

Описанное явление легко объясняется и с помощью второго закона Ньютона. Действительно, частицы жидкости при переходе из начального участка трубы в центральный должны увеличить свою скорость, то есть ускориться. Для этого на них должна действовать сила, направленная в сторону центральной части трубы. Эта сила представляет собой разность сил давления. Следовательно, давление в центральной части трубы должно быть меньше, чем в ее начальной части. Совершенно аналогично рассматривается и переход жидкости из центральной части трубы в ее конечную часть, при котором частицы жидкости замедляются.

При помощи закона Бернулли могут быть объяснены разнообразные явления, возникающие при течении потоков жидкости или газа. Например, известно, что двум большим кораблям, движущимся попутными курсами, запрещается проходить близко друг от друга. При таком движении между близкими бортами кораблей возникает более быстрый поток движущейся воды, чем со стороны внешних бортов. Вследствие этого давление в потоке воды между кораблями становится меньше, чем снаружи, и возникает сила, которая начинает подталкивать корабли друг к другу. Если расстояние между кораблями мало, то может произойти их столкновение.

14. Прибор, изображенный на рисунке в тексте, освободили от воды и перевернули так, что трубочки оказались направленными вертикально вниз, и погрузили трубочки в сосуд с водой. При продувании через горизонтальную трубу воздуха оказалось, что в трубочки всосалось некоторое количество воды из сосуда. Длиннее или короче окажутся столбики жидкости, оказавшиеся в крайних трубочках, по сравнению со столбиком, оказавшимся в средней трубочке? Ответ поясните.

Термоэлементы

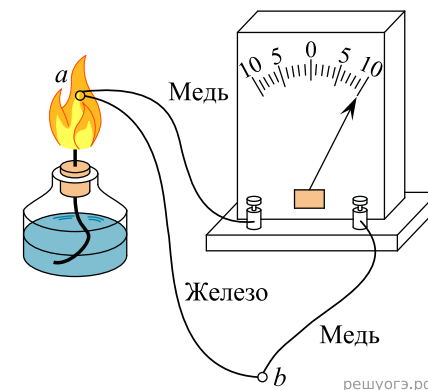
Рассмотрим цепь, составленную из проводников, изготовленных из разных металлов (см. рис.). Если места спаев металлов находятся при одной температуре, то тока в цепи не наблюдается. Положение станет совершенно иным, если мы нагреем какой-нибудь из спаев, например, спай *a*. В этом случае гальванометр показывает наличие в цепи электрического тока, протекающего все время, пока существует разность температур между спаями *a* и *b*.

Значение силы тока, протекающего в цепи, приблизительно пропорционально разности температур спаев. Направление тока зависит от того, какой из спаев находится при более высокой температуре. Если спай *a* не нагревать, а охлаждать (поместить, например, в сухой лед), то ток потечет в обратном направлении.

Описанное явление было открыто в 1821 г. немецким физиком Зеебеком и получило название термоэлектричества, а всякую комбинацию проводников из разных металлов, образующих замкнутую цепь, называют термоэлементом.

Важным применением металлических термоэлементов является их использование для измерения температуры. Термоэлементы, используемые для измерения температуры (так называемые термопары), обладают перед обычными жидкостными термометрами рядом преимуществ: термопары можно использовать для измерения как очень высоких (до 2000 °С), так и очень низких температур. Более того, термопары дают более высокую точность измерения температуры и гораздо быстрее реагируют на изменение температуры.

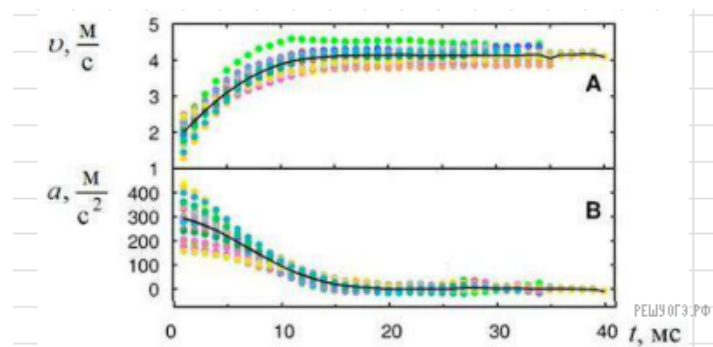
15. Какое преобразование энергии происходит в термоэлементе? Ответ поясните.



Рыбы-брызгуны

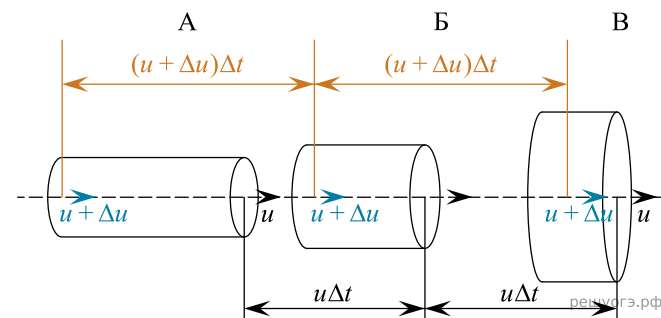
Рыбы-брызгуны, род лучеперых рыб семейства Toxotidae отряда окунеобразных, отличаются способностью брызгать водой из-под воды в воздух с целью сбить и впоследствии съесть насекомых, упавших в воду.

Рыбы-брызгуны отличаются меткостью, практически всегда поражая «плевком» воды свою цель. Длина «выстрела» составляет 1–2 метра в зависимости от размера рыбы. Для стрельбы водой брызгун замирает у поверхности воды прямо под жертвой вверх головой и резким движением жаберных крышек направляет воду на жертву.



Чтобы разобраться в механизме такого уникального способа охоты, физики засняли процесс охоты полосатого брызгуна на сверхскоростную видеокамеру со скоростью съемки 1000 кадров в секунду и получили динамические характеристики струи (см. рисунок). Анализ видеок кадров показал, что струя вылетает изо рта брызгуна с большим ускорением. Ускорение быстро уменьшается и падает до нуля за 15 мс, скорость выплунутой рыбой воды при этом достигает 4 м/с. В процессе «плевка» рыба постепенно увеличивает скорость выплевываемой жидкости, получается, что начало выпущенной струи движется с меньшей скоростью, чем ее окончание. В струе можно выделить большую головную часть (движущуюся с меньшей скоростью) и тонкий «хвост» (движущийся с большей скоростью). Перед попаданием в цель масса и размер головной части струи увеличиваются за счет перетекания жидкости из хвостовой части, а длина хвостовой части уменьшается. Это позволяет поразить насекомое максимальным количеством жидкости за минимальное время. По расчетам ученых струя воды в момент удара о насекомое действует на него с силой около 200 мН. Среднее насекомое (например, муха или клоп) массой около 100 мг обычно цепляется за ветку с силой примерно 20 мН. Таким образом, сила струи при ударе почти на порядок превышает силу, с которой жертва хватается за ветку, что объясняет легкость, с которой сбивается насекомое.

16. На втором рисунке изображена цилиндрическая модель струи, выпущенной рыбой-брызгуном, в различные моменты времени после «плевка». В какой(-ие) момент(ы) времени сила удара струи о препятствие будет наибольшей? Ответ поясните. Считать, что скорость передней и задней частей струи в процессе движения не меняется, а после удара струя не отражается.



Гидростатический парадокс

Жидкость может действовать на дно сосуда с силой, превосходящей ее собственный вес. Если налить в сосуды, имеющие разную форму, но одинаковую площадь дна, одну и ту же жидкость до одного уровня (рисунок 1), то при разном количестве налитой жидкости сила давления на дно окажется одинаковой.

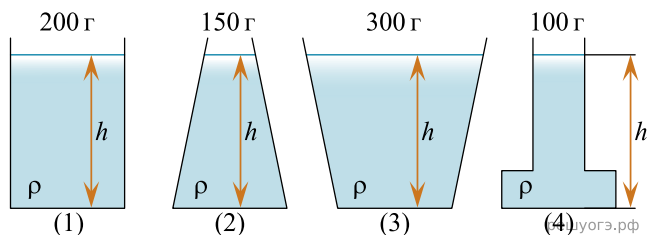


Рис. 1

На рисунке 2 представлена схема прибора голландского математика и механика Симона Стевина (1548–1620), с помощью которого ученый экспериментально доказал, что давление жидкости на дно сосуда не зависит от формы сосуда.

В дне каждого из двух сосудов одинаковой высоты были проделаны одинаковые круглые отверстия с диаметром AD . Отверстия закрывались сверху одинаковыми тонкими деревянными кругами K , и в сосуды наливалась вода. Опыт показывал, что деревянные круги прижимались ко дну сосуда некоторыми силами, сравнить которые можно было с помощью противовесов T и S . Измерения показали, что $T = S$, т. е. силы давления воды на круг были одинаковы в обоих сосудах.

17. Учащиеся решили исследовать зависимость силы давления воды на дно сосуда от высоты столба жидкости. Для этого они взяли стеклянную банку, на дно которой положили алюминиевый диск. К диску на нити был прикреплен динамометр, с помощью которого измеряли силу отрыва диска от дна банки. Далее в банку наливали воду, последовательно повышая уровень. Удались ли учащимся провести запланированные исследования? Ответ поясните.

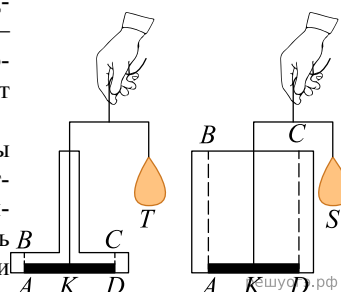


Рис. 2

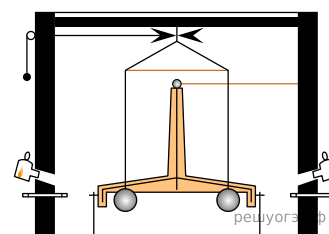


Рис. 1. Конструкция Кавендиша

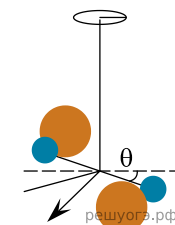


Рис. 2. Схема взаимодействия шаров в опыте Кавендиша

Открытие Ньютоном закона всемирного тяготения явилось важнейшим событием в истории физики. Его значение определяется, прежде всего, универсальностью гравитационного взаимодействия. На законе всемирного тяготения основывается один из центральных разделов астрономии — небесная механика. До начала XIX в. константа G в законе всемирного тяготения не вводилась, так как во времена Ньютона были определены размеры Земли, но не ее масса. И для всех расчетов в небесной механике использовали константу GM (произведение гравитационной постоянной на массу Земли).

Исторически первым экспериментальным доказательством закона всемирного тяготения для обычных тел, а также измерением гравитационной постоянной стал опыт английского ученого Генри Кавендиша с крутильными весами, поставленный в конце XVIII в.

Установка, которую использовал Г. Кавендиш, представляла собой деревянное коромысло с прикрепленными к его концам небольшими однородными свинцовыми шарами массой по 775 г каждый. Коромысло было подвешено на нити из посеребренной меди длиной 1 м. К шарам подносили более тяжелые однородные шары массой 49,5 кг, сделанные также из свинца. Установка была заключена в камеру для защиты от внешних конвекционных потоков. Угол закручивания нити θ измерялся при помощи телескопа, так как был очень маленьким. Упругость нити на кручение определялась исходя из периода свободных колебаний коромысла. В начале XIX в. ученые, проанализировав результаты опытов Кавендиша, смогли определить гравитационную постоянную G .

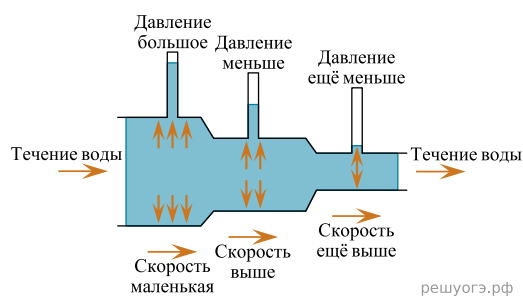
Измерив модуль сил взаимодействия, массы шаров и расстояние между их центрами, можно было определить гравитационную постоянную из формулы закона всемирного тяготения.

18. Опыт Кавендиша часто называют опытом по взвешиванию Земли. О чем идет речь? Ответ поясните.

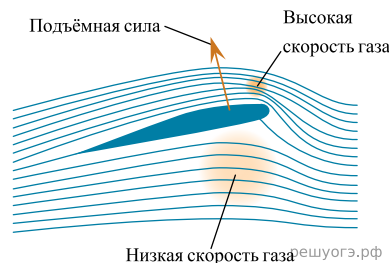
Закон Бернулли

Один из важнейших законов в разделе физики, изучающем движение потоков жидкости или газа, — закон Бернулли.

Рассмотрим закон Бернулли на примере движения жидкости в трубе переменного сечения (рис. 1). В широких частях трубы жидкость должна течь медленнее, чем в узких, так как количество жидкости, протекающей за одинаковые промежутки времени, одинаково для всех сечений трубы. Давление же внутри жидкости, которое измеряется с помощью манометрических трубок, ведет себя противоположным образом: давление жидкости больше там, где скорость движения жидкости меньше, и наоборот. Эта зависимость между скоростью жидкости и ее давлением известна в физике как закон Бернулли.



Закон Бернулли позволяет объяснить возникновение подъемной силы — силы, поднимающей самолет в воздух. Установим крыло под углом к потоку (рис. 2). Скорость движения воздушного потока над верхней поверхностью крыла становится больше скорости под нижней поверхностью. Соответственно, давление воздуха на верхнюю поверхность крыла меньше, чем давление на нижнюю поверхность. Из-за разницы давлений возникает подъемная сила крыла самолета.

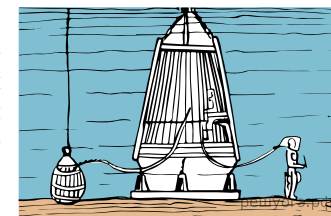


19. На уроке физики учитель предложил сделать простой опыт: подуть на тонкий лист бумаги вдоль его поверхности (см. рисунок).

Что при этом происходит с листом (лист опускается или поднимается)? Ответ поясните.

Исследование морских глубин

Несколько прототипов современных батисфер появились в Европе в XVI–XIX вв. Одним из них является водолазный колокол, конструкцию которого предложил в 1716 г. английский астроном Эдмонд Галлей (см. рисунок). В деревянном колоколе, открытом у основания, размещалось до пяти человек, частично погруженных в воду. Воздух они получали из двух поочередно опускаемых с поверхности бочонков, откуда воздух поступал в колокол по кожаному рукаву.



Главный недостаток колокола Галлея заключается в том, что его нельзя использовать на большой глубине. По мере погружения колокола плотность воздуха в нем увеличивается настолько, что им становится невозможно дышать. Более того, при длительном пребывании водолаза в зоне повышенного давления происходит насыщение крови и тканей организма газами воздуха, главным образом азотом, что может привести к так называемой кессонной болезни.

Профилактика кессонной болезни требует соблюдения норм рабочего времени и правильной организации декомпрессии (выхода из зоны повышенного давления).

Время пребывания водолазов на глубине регламентируется специальными правилами безопасности водолазных работ (см. таблицу).

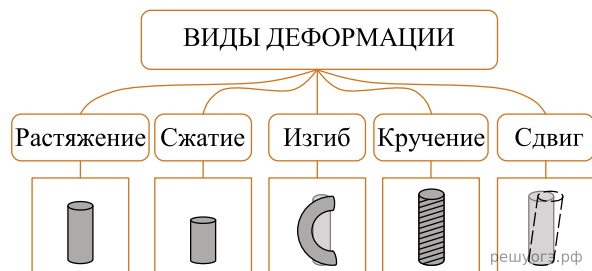
Давление (дополнительно к атмосферному), атм.	Допустимое время пребывания в рабочей зоне
0,10–1,3	5 ч 28 мин.
1,31–1,7	5 ч 06 мин.
1,71–2,5	4 ч 14 мин.
2,51–2,9	3 ч 48 мин.
2,91–3,2	2 ч 48 мин.
3,21–3,5	2 ч 26 мин.
3,5–13,9	1 ч 03 мин.

20. Допустима ли (согласно таблице) работа водолаза на глубине 30 м в течение 2,5 ч? Ответ поясните.

Деформации тел

Одним из проявлений взаимодействия тел является их деформация. Деформацией называют изменение как формы, так и размеров тела.

По характеру смещения частей тела (а вернее, молекулярных слоев внутри него) друг относительно друга различают несколько видов деформации: растяжение, сжатие, изгиб, кручение, сдвиг. В большинстве практических случаев наблюдаемая деформация представляет собой совмещение нескольких одновременных простых деформаций. В конечном счете, любую деформацию можно свести к двум наиболее простым: растяжению (или сжатию) и сдвигу (см. рисунок).



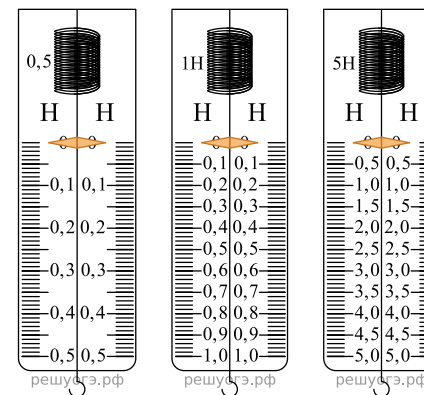
При деформации растяжения расстояние между молекулярными слоями увеличивается, а при деформации сжатия — уменьшается.

Деформации также разделяют на упругие и неупругие, или пластичные.

Деформация называется упругой, если после прекращения воздействия тело полностью восстанавливает первоначальную форму и размеры. А если после прекращения воздействия полного восстановления формы (размеров) не происходит, то деформация называется неупругой, или пластичной.

Деформация конкретного тела может быть как упругой, так и неупругой. В каждом случае характер деформации зависит и от свойств тела, и от величины воздействия на него. Упругая деформация подчиняется закону Гука.

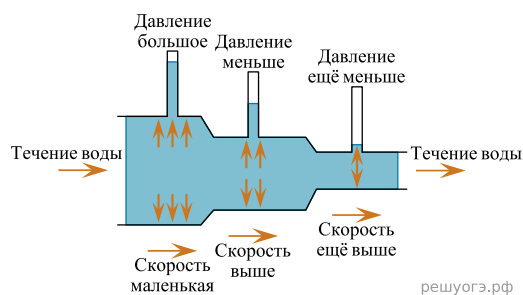
21. Школьные пружинные динамометры имеют ограничитель (планка внизу динамометра) (см. рисунок). Зависит ли положение ограничителя от упругих свойств используемой пружины? Ответ поясните.



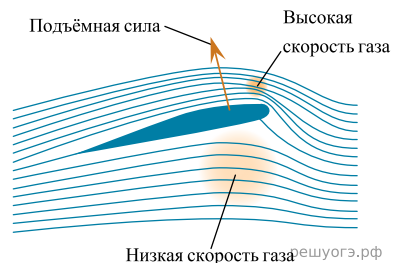
Закон Бернулли

Один из важнейших законов в разделе физики, изучающем движение потоков жидкости или газа, — закон Бернулли.

Рассмотрим закон Бернулли на примере движения жидкости в трубе переменного сечения (рис. 1). В широких частях трубы жидкость должна течь медленнее, чем в узких, так как количество жидкости, протекающей за одинаковые промежутки времени, одинаково для всех сечений трубы. Давление же внутри жидкости, которое измеряется с помощью манометрических трубок, ведет себя противоположным образом: давление жидкости больше там, где скорость движения жидкости меньше, и наоборот. Эта зависимость между скоростью жидкости и ее давлением известна в физике как закон Бернулли.



Закон Бернулли позволяет объяснить возникновение подъемной силы — силы, поднимающей самолет в воздух. Установим крыло под углом к потоку (рис. 2). Скорость движения воздушного потока над верхней поверхностью крыла становится больше скорости под нижней поверхностью. Соответственно, давление воздуха на верхнюю поверхность крыла меньше, чем давление на нижнюю поверхность. Из-за разницы давлений возникает подъемная сила крыла самолета.



22. Между двумя воздушными шариками, подвешенными на нитях на некотором расстоянии друг от друга, с помощью фена продувают воздух. Что при этом происходит с шариками (шарики притягиваются друг к другу или отталкиваются)? Ответ поясните.

Болиды и метеориты

Болидом называется довольно редкое явление — летящий по небу огненный шар, сопровождаемый хвостом и разлетающимися искрами. По пути движения болида на небе остается след в виде дымной полосы (см. рисунок). Ночью болид освещает местность на сотни километров вокруг. После того как болид исчезает, через несколько секунд раздаются похожие на взрывы звуки, производимые ударными волнами. Эти волны иногда вызывают значительное сотрясение грунта и зданий.



Причина этого явления — вторжение в плотные слои атмосферы крупных твердых частиц, называемых метеорными телами. Двигаясь в атмосфере, частица нагревается при торможении, и вокруг нее образуется обширная светящаяся оболочка, состоящая из горячих газов. От сильного сопротивления воздуха (причем чем больше скорость тела, тем больше силы сопротивления) метеорное тело нередко раскалывается и с грохотом выпадает на Землю в виде осколков. Метеорное тело, имеющее небольшие размеры, иногда целиком испаряется в атмосфере Земли. В большинстве же случаев его масса за время полета сильно уменьшается, и до Земли долетают лишь остатки. Остатки метеорных тел, упавшие на Землю, называются метеоритами. Иногда выпадает целый метеоритный дождь.

23. Можно ли наблюдать такое явление, как болид, находясь на Луне? Ответ поясните.

Слух дельфинов

Среди всех систем организма дельфина одна из самых интересных — слуховая. Основные сведения об окружающей обстановке дельфин получает с помощью слуха. При этом он использует эхолокацию: анализирует эхо, возникающее при отражении издаваемых им звуков от окружающих предметов. Эхо дает точные сведения не только о положении предметов, но и об их величине, форме, материале, т. е. позволяет дельфину создать картину окружающего мира не хуже или даже лучше, чем с помощью зрения. Дельфины воспринимают акустические колебания с частотами почти в 10 раз более высокими, чем те, которые может различить человек (см. рисунок). Они способны слышать и звуки, мощность которых в 10–30 раз ниже доступных слуху человека.



Рис. 1. Диапазоны звуковых частот, воспринимаемых различными животными и человеком

Ультразвуковые сигналы, посылаемые дельфином, представляют собой последовательность коротких импульсов (щелчков), имеющих длительность порядка 0,01–0,1 мс.

Для того, чтобы сигнал был отражен препятствием, минимальный линейный размер этого препятствия должен быть не меньше длины волны посылаемого звука. Использование ультразвука позволяет обнаружить предметы меньших размеров, чем это было бы возможно с помощью более низких звуковых частот. Кроме того, использование ультразвуковых сигналов связано с тем, что ультразвуковая волна имеет острую направленность излучения, что очень важно для эхолокации, и намного медленнее затухает при распространении в воде.

24. Может ли дельфин, используя сигнал частотой 100 кГц, обнаружить проплывающую впереди маленькую рыбку с длиной тела 5 см? Скорость звука в воде принять равной 1500 м/с. Ответ поясните.

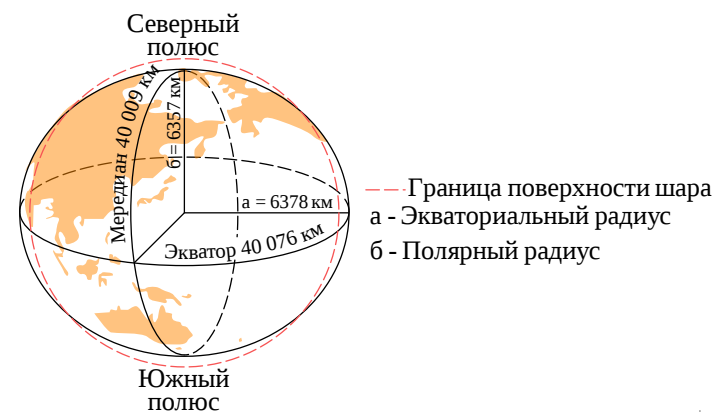
Форма Земли

О форме и размерах Земли люди имели достаточно реальные представления еще до начала нашей эры. Так, древнегреческий философ Аристотель (384–322 гг. до н. э.) полагал, что Земля имеет шарообразную форму, а в качестве доказательства приводил округлость формы земной тени во время лунных затмений, поскольку только шар при освещении с любой стороны всегда дает круглую тень.

В 1735 г. Французская академия наук снарядила одну экспедицию к экватору, другую — к Северному полярному кругу. Если Земля имеет приплюснутую у полюсов форму, то дуга меридиана размером в 1° должна удлиниться при приближении к полюсам. Оставалось измерить длину дуги в 1° на разном расстоянии от экватора.

После сравнения результатов работы экспедиций выяснилось, что полярный градус (дуга по меридиану) длиннее экваториального, что подтвердило гипотезу Ньютона о форме Земли. Причину «сплюснутости» Земли ученые связывают с ее вращением вокруг своей оси.

В наше время искусственные спутники Земли позволяют определить величину силы тяжести в разных местах над поверхностью земного шара с такой точностью, которой нельзя было достигнуть никаким другим способом. Это, в свою очередь, позволяет внести дальнейшие уточнения в наши знания о размерах и форме Земли. Согласно современным данным из-за вращения вокруг своей оси Земля немного сжата вдоль оси вращения. Полярный радиус ($R_{\text{поляр}}$) Земли короче экваториального ($R_{\text{экватор}}$) примерно на 21 км, то есть всего на $\frac{1}{300}$ экваториального радиуса. Форма Земли, таким образом, очень мало отличается от шара (см. рисунок).



решуогэ.рф

25. В таблице представлены некоторые характеристики планет земной группы Солнечной системы. Какая из планет — Земля или Венера — имеет более сжатую у полюсов форму? С чем

это может быть связано? Ответ поясните данными из таблицы.

Планета	Средняя скорость орбитального движения, км/с	Средняя плотность, г/см ³	$\frac{R_{\text{экват}} - R_{\text{поляр}}}{R_{\text{экват}}}$	Период вращения вокруг оси, дней	Масса, 10 ²⁴ кг
Меркурий	47,9	5,43	0	58,6	0,3322
Венера	35,0	5,24	0	243,0	4,8690
Земля	29,8	5,515	0,003354	1,0	5,9742
Марс	24,1	3,94	0,006476	1,03	0,64191

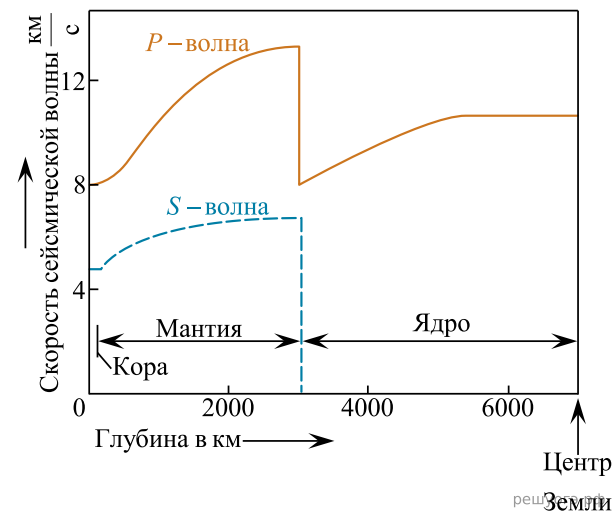
Сейсмические волны

При землетрясении или крупном взрыве в коре и толще Земли возникают механические волны, которые называются сейсмическими. Эти волны распространяются в Земле и могут быть зарегистрированы при помощи специальных приборов — сейсмографов.

Различают несколько типов сейсмических волн, из них для изучения внутреннего строения Земли наиболее важны продольная волна P и поперечная волна S . Продольная волна характеризуется тем, что колебания частиц среды происходят в направлении распространения волны; эти волны возникают и в твердых телах, и в жидкостях, и в газах. Поперечные механические волны не распространяются ни в жидкостях, ни в газах.

Скорость распространения продольной волны в твердых телах примерно в два раза превышает скорость распространения поперечной волны и достигает нескольких километров в секунду. Когда волны P и S проходят через среду, плотность и состав которой изменяются, то скорости волн также меняются, что проявляется в преломлении волн. В более плотных слоях Земли скорость волн возрастает. Характер преломления сейсмических волн позволяет исследовать внутреннее строение Земли.

26. На рисунке представлены графики зависимости скоростей сейсмических волн от глубины погружения в недра Земли. График для какой из волн (P или S) указывает на то, что ядро Земли находится не в твердом состоянии? Ответ поясните.



Болиды и метеориты

Болидом называется довольно редкое явление — летящий по небу огненный шар, сопровождаемый хвостом и разлетающимися искрами. По пути движения болида на небе остается след в виде дымной полосы (см. рисунок). Ночью болид освещает местность на сотни километров вокруг. После того как болид исчезает, через несколько секунд раздаются похожие на взрывы звуки, производимые ударными волнами. Эти волны иногда вызывают значительное сотрясение грунта и зданий.



Причина этого явления — вторжение в плотные слои атмосферы крупных твердых частиц, называемых метеорными телами. Двигаясь в атмосфере, частица нагревается при торможении, и вокруг нее образуется обширная светящаяся оболочка, состоящая из горячих газов. От сильного сопротивления воздуха (причем чем больше скорость тела, тем больше силы сопротивления) метеорное тело нередко раскалывается и с грохотом выпадает на Землю в виде осколков. Метеорное тело, имеющее небольшие размеры, иногда целиком испаряется в атмосфере Земли. В большинстве же случаев его масса за время полета сильно уменьшается, и до Земли долетают лишь остатки. Остатки метеорных тел, упавшие на Землю, называются метеоритами. Иногда выпадает целый метеоритный дождь.

27. В первом случае метеорное тело влетает в земную атмосферу, двигаясь курсом, близким к встречному относительно Земли. Во втором случае это же метеорное тело движется параллельным курсом с Землей и входит в атмосферу, будучи притянутым к планете. В каком случае разрушение метеорного тела более вероятно? Ответ поясните.

Открытие звукозаписи

Люди издавна стремились если не сохранить звук, то хотя бы как-то его зафиксировать. Запись музыкальных произведений, рассказов и пьес на граммофонные или патефонные пластинки стала массовой формой звукозаписи.

На рисунке 1 дана упрощенная схема механического звукозаписывающего устройства. Звуковые волны от источника звука (певца, оркестра и т. д.) попадали в рупор 1, в котором была закреплена тонкая упругая пластинка 2, называемая мембраной. Под действием звуковой волны мембрана начинала колебаться. Колебания мембраны передавались связанному с ней резцу 3, острие которого оставалось при этом на вращающемся диске 4 звуковую бороздку. Звуковая бороздка закручивалась по спирали от края диска к его центру. На рисунке 2 показан вид звуковых бороздок на пластинке, рассматриваемых через лупу при большом увеличении.

При воспроизведении звука граммофонную пластинку ставят под иглу, связанную с мембраной граммофона, и приводят пластинку во вращение. Двигаясь по волнистой бороздке пластинки, конец иглы колеблется, вместе с ним колеблется и мембрана, причем эти колебания довольно точно воспроизводят записанный звук.

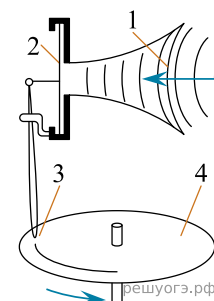


Рис. 1

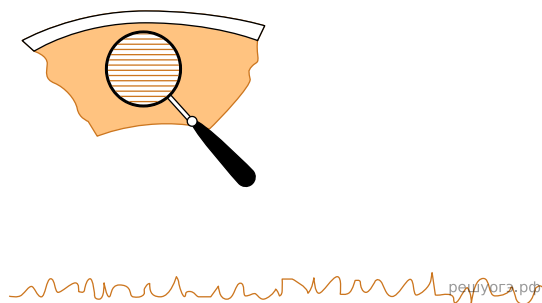


Рис 2. Профиль звуковой дорожки на граммофонной пластинке при большом увеличении

28. В исторически первом приборе (фонограф Эдисона) для записи и воспроизведения звука (см. рисунок) звуковая дорожка шла по цилиндрической спирали на сменном вращающемся барабане (полном цилиндре). Звук записывался в форме дорожки, глубина которой была пропорциональна громкости звука.

А что меняется в профиле звуковой дорожки при увеличении громкости звука во время использования дискового фонографа, рассмотренного в тексте? Ответ поясните.

Гидростатический парадокс

Жидкость может действовать на дно сосуда с силой, превосходящей ее собственный вес. Если налить в сосуды, имеющие разную форму, но одинаковую площадь дна, одну и ту же жидкость до одного уровня (рисунок 1), то при разном количестве налитой жидкости сила давления на дно окажется одинаковой.

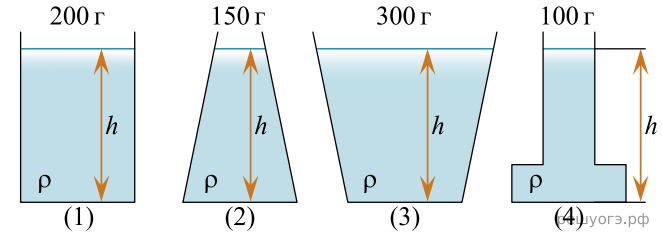


Рис. 1

На рисунке 2 представлена схема прибора голландского математика и механика Симона Стевина (1548–1620), с помощью которого ученый экспериментально доказал, что давление жидкости на дно сосуда не зависит от формы сосуда.

В дне каждого из двух сосудов одинаковой высоты были проделаны одинаковые круглые отверстия с диаметром AD . Отверстия закрывались сверху одинаковыми тонкими деревянными кругами K , и в сосуды наливалась вода. Опыт показывал, что деревянные круги прижимали ко дну сосуда некоторые силы, сравнить которые можно было с помощью противовесов T и S . Измерения показали, что $T = S$, т. е. силы давления воды на круг были одинаковы в обоих сосудах.

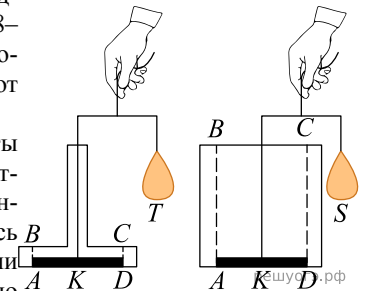


Рис. 2

29. Полую трубку, закрепленную в штативе, снизу закрывают легким кругом с прикрепленным к нему динамометром и наливают воду до уровня CD (см. рисунок). Можно ли утверждать, что показания динамометра в данном случае соответствуют силе тяжести, действующей на воду в трубке? Ответ поясните.

Слух дельфинов

Среди всех систем организма дельфина одна из самых интересных — слуховая. Основные сведения об окружающей обстановке дельфин получает с помощью слуха. При этом он использует эхолокацию: анализирует эхо, возникающее при отражении издаваемых им звуков от окружающих предметов. Эхо дает точные сведения не только о положении предметов, но и об их величине, форме, материале, т. е. позволяет дельфину создать картину окружающего мира не хуже или даже лучше, чем с помощью зрения. Дельфины воспринимают акустические колебания с частотами почти в 10 раз более высокими, чем те, которые может различить человек (см. рисунок). Они способны слышать и звуки, мощность которых в 10–30 раз ниже доступных слуху человека.



Рис. 1. Диапазоны звуковых частот, воспринимаемых различными животными и человеком

Ультразвуковые сигналы, посылаемые дельфином, представляют собой последовательность коротких импульсов (щелчков), имеющих длительность порядка 0,01–0,1 мс.

Для того, чтобы сигнал был отражен препятствием, минимальный линейный размер этого препятствия должен быть не меньше длины волны посылаемого звука. Использование ультразвука позволяет обнаружить предметы меньших размеров, чем это было бы возможно с помощью более низких звуковых частот. Кроме того, использование ультразвуковых сигналов связано с тем, что ультразвуковая волна имеет острую направленность излучения, что очень важно для эхолокации, и намного медленнее затухает при распространении в воде.

30. Может ли дельфин, используя сигнал частотой 100 кГц, обнаружить находящегося впереди моллюска размером 10 мм? Скорость звука в воде принять равной 1500 м/с. Ответ поясните.

Солнечная система

Центральным объектом Солнечной системы является звезда — Солнце, которое своим тяготением удерживает планеты и прочие тела, вращающиеся вокруг него.

Сравнительная таблица некоторых параметров планет

Планета	Масса, относительно*	Расстояние до Солнца, относительно*	Время обращения вокруг Солнца, земных лет	Атмосфера, относительно*
Меркурий	0,06	0,38	0,241	отсутствует
Венера	0,82	0,72	0,615	плотная
Земля	1,0	1,0	1,0	1
Марс	0,11	1,52	1,88	2
Юпитер	318	5,20	11,86	67
Сатурн	95	9,54	29,46	62
Уран	14,6	19,22	84,01	27
Нептун	17,2	30,06	164,79	13

*Параметры в таблице указаны по отношению к аналогичным данным Земли.

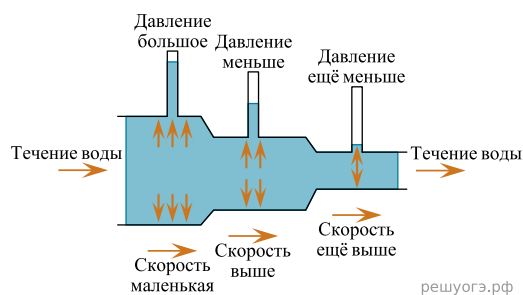
Солнечная система включает сотни тысяч астероидов — тел размерами от десятков метров до нескольких сотен километров. Астероиды сталкиваются, дробятся, изменяя орбиты друг друга, так что некоторые осколки при своем движении пересекают орбиты планет. Прохождение осколков (метеорных тел) через земную атмосферу выглядит с поверхности Земли как «падающие звезды». В редком случае прохождения более крупного осколка можно наблюдать летящий по небу огненный шар. Это явление называется болидом. Двигаясь в атмосфере, твердое тело нагревается вследствие торможения, и вокруг него образуется обширная светящаяся оболочка, состоящая из горячих газов.

31. Можно ли наблюдать такое явление, как болид, находясь на Меркурии? Ответ поясните.

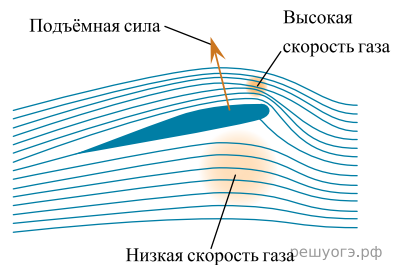
Закон Бернулли

Один из важнейших законов в разделе физики, изучающем движение потоков жидкости или газа, — закон Бернулли.

Рассмотрим закон Бернулли на примере движения жидкости в трубе переменного сечения (рис. 1). В широких частях трубы жидкость должна течь медленнее, чем в узких, так как количество жидкости, протекающей за одинаковые промежутки времени, одинаково для всех сечений трубы. Давление же внутри жидкости, которое измеряется с помощью манометрических трубок, ведет себя противоположным образом: давление жидкости больше там, где скорость движения жидкости меньше, и наоборот. Эта зависимость между скоростью жидкости и ее давлением известна в физике как закон Бернулли.



Закон Бернулли позволяет объяснить возникновение подъемной силы — силы, поднимающей самолет в воздух. Установим крыло под углом к потоку (рис. 2). Скорость движения воздушного потока над верхней поверхностью крыла становится больше скорости под нижней поверхностью. Соответственно, давление воздуха на верхнюю поверхность крыла меньше, чем давление на нижнюю поверхность. Из-за разницы давлений возникает подъемная сила крыла самолета.



32. Почему с физической точки зрения опасно стоять на краю платформы, когда мимо проходит скоростной поезд? Ответ поясните.