

### Ответы на вопросы викторины:

#### 1. Как ведут себя в невесомости песочные часы?

##### *Песочные часы;*

Науке неизвестна точная дата появления первых песочных часов, однако существует информация, которая позволяет утверждать, что о принципе песочных часов было известно намного раньше того момента, когда началось летоисчисление. Уже в то время, когда жил Архимед, а это третий век до нашей эры, есть упоминания о часах, которые имели бутылочную форму, и по всей вероятности, это и были песочные часы.

**Принцип работы часов** песочного типа был известен еще в глубокой древности. Он основывался на простейших математических расчетах и физических формулах. Песочные часы представляют собой структуру из двух сосудов, которые соединены узкой горловиной.

**Именно в пересыпании песка из одной колбы в другую, под действием силы тяжести, и заключается принцип действия песочных часов.** Время, в течение которого песок будет пересыпаться через горловину в другой сосуд, может сильно колебаться: от нескольких часов до нескольких секунд. **Продолжительность действия** зависит не только от размеров сосудов. Песочные часы работают по принципу: чем больше сосуд, тем больше времени потребует песок для того, чтобы пересыпаться из одного сосуда в другой, но и от сыпучести песка, которая может различаться в несколько раз. Немаловажную роль играет и сам песок, точнее, его качество, так как точность измерения времени напрямую зависит от него. В настоящее время в песочных часах используют отоженный песок тонкозернистой структуры. Для придания песку сероватого оттенка используют цинковые и свинцовые пыли.

Основным элементом песочных часов являются песочные колбы. Именно **изготовление** данного элемента песочных часов считается **основным этапом технологического процесса.** Технология производства песочных часов всегда отличалась сравнительной простотой, однако, требовала внимательности и точности для повышения качества измерений изготавливаемых часов. После того, как песочные колбы готовы, их располагали таким образом, чтобы место их касания приобрело вид суженного горлышка. В это горлышко вставлялась специальная горизонтальная диафрагма, выполненная из металла. Диафрагма имела отверстие, которое создавалось с целью регулировать число и скорость песчинок, которые будут пересыпаться между колбами. Затем место стыка необходимо было укрепить плотной нитью и намазать смолой.

В настоящее время песочные часы используются:

- по своему прямому назначению, то есть с их помощью измеряют время,
- при изготовлении фотографии,
- при проведении различного рода врачебных процедур,
- а также песочные часы популярны в качестве сувениров.

**Песочные часы для своей работы требуют силу тяготения, так как песчинки под действием силы тяжести пересыпаются в нижнюю часть. В космосе нет гравитации, и песочные часы не смогут работать. В невесомости следует использовать пружинные часы, так как маятниковые и песочные не будут работать при нулевом весе.**

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «10 класс»  
Игровой номер 13f160



**2. Как определить какое тело имеет большую массу, находясь на космической станции?**

**Существует несколько способов определения массы тела в невесомости:**

1. Можно аннигилировать (перевести всю массу в энергию) исследуемое тело и измерить выделившуюся энергию - по соотношению Эйнштейна получить ответ. (Годится для очень малых тел - например, так можно узнать массу электрона). Но такого решения не должен предлагать даже плохой теоретик. При аннигиляции одного килограмма массы выделяется  $2 \cdot 10^{17}$  джоулей тепла в виде жесткого гамма излучения
2. С помощью пробного тела измерить силу притяжения, действующую на него со стороны исследуемого объекта и, зная расстояние по соотношению Ньютона, найти массу (аналог опыта Кавендиша). Это сложный эксперимент, требующий тонкой методики и чувствительного оборудования, но в таком измерении (активной) гравитационной массы порядка килограмма и более с вполне приличной точностью сегодня ничего невозможного нет. Просто это серьезный и тонкий опыт, подготовить который вы должны еще до старта вашего корабля. В земных лабораториях закон Ньютона проверен с прекрасной точностью для относительно небольших масс в интервале расстояний от одного сантиметра примерно до 10 метров.
3. Подействовать на тело с какой - либо известной силой (например прицепить к телу динамометр) и измерить его ускорение, а по соотношению  $F = ma$  найти массу тела (Годится для тел промежуточного размера).
4. Можно воспользоваться законом сохранения импульса. Для этого надо иметь одно тело известной массы, и измерять скорости тел до и после взаимодействия.
5. **Лучший способ взвешивания тела** - измерение/сравнение его инертной массы. И именно такой способ очень часто используется в физических измерениях (и не только

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «10 класс»  
Игровой номер 13f160

в невесомости). Как вы, вероятно, помните из личного опыта и из курса физики, грузик, прикрепленный к пружинке, колеблется с вполне определенной частотой:  $w = (k/m)^{1/2}$ , где  $k$  - жесткость пружинки,  $m$  - масса грузика. Таким образом, измеряя частоту колебаний грузика на пружинке, можно с нужной точностью определить его массу. Причем совершенно безразлично, есть невесомость, или ее нет. В невесомости удобно держатель для измеряемой массы закрепить между двумя пружинами, натянутыми в противоположном направлении.

В реальной жизни такие весы используются для определения влажности и концентрации некоторых газов. В качестве пружинки используется пьезоэлектрический кристалл, частота собственных колебаний которого определяется его жесткостью и массой. На кристалл наносится покрытие, селективно поглощающее влагу (или определенные молекулы газа или жидкости). Концентрация молекул, захваченных покрытием, находится в определенном равновесии с концентрацией их в газе. Молекулы, захваченные покрытием, слегка меняют массу кристалла и, соответственно, частоту его собственных колебаний, которая определяется электронной схемой. Такие "весы" очень чувствительны и позволяют определять очень малые концентрации водяного пара или некоторых других газов в воздухе.

**При взаимодействии тел на космической станции, очень хорошо видно, какое тело тяжелее.** Например: отталкиваясь от тяжелого оборудования (не закреплённого), можно увидеть действие второго закона Ньютона и сравнить во сколько раз большее расстояние пройдет более лёгкое тело- человек (а значит имеет большее ускорение, но меньшую массу).

### **3. Чем отличается молоток, используемый на орбитальной космической станции, от обычного молотка?**

В космосе простые и привычные вещи изменяются до неузнаваемости. Обычная пылинка может стать смертельно опасной. Каждый предмет необходимо фиксировать, иначе он «прячется» в самом неожиданном месте. Удар молотком отбрасывает вас назад. А при работе отверткой не вы вращаете винт, а винт вращает вас!

**Обычный Молоток** — небольшой молот, ударный инструмент, применяемый для забивания гвоздей, разбивания предметов и других работ. Молоток — один из древнейших инструментов, используемый человеком.

Основной частью молотка является компактная масса из сплошного материала, обычно металла, которая может использоваться для удара почему-либо и при этом не деформироваться. Для удобства исполнения ударов и для большего размаха ударная часть молотка насаживается на ручку, которая может делаться также из металла, либо из дерева или пластмассы.

**Космический молоток.** В недалеком будущем на прилавках магазинов появятся точно такие же молотки, какими пользуются в полете наши космонавты. Для того же, чтобы убедиться, что молоток «космический», достаточно ударить им по твердой поверхности. В отличие от обычных молотков он не отскакивает после удара. Это сделано специально, потому что в условиях невесомости работать отскакивающим молотком чрезвычайно неудобно.

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «10 класс»  
Игровой номер 13f160

Конструкция молотка проста и в то же время остроумна. Его ударная часть полая, и в нее насыпаны металлические шарики. В момент удара нижние шарики устремляются вверх, а верхние продолжают двигаться вниз. Трение между ними и рассеивает энергию отдачи. Инструменты для космических работ конструируют в Научно-производственном объединении по механизированному строительному инструменту и отделочным машинам. Кроме того, они тщательно отрабатываются и испытываются в условиях, приближенных к космическим. Работа в невесомости - дело непростое. Поэтому инструменты необходимо модифицировать, чтобы ими можно было работать в космосе.

**Молоток астронавтов при ударе не отскакивает, потому что внутри него находятся металлические шарики. Перемещаясь при ударе, они компенсируют энергию отдачи и молоток словно прилипает к поверхности, по которой наносится удар. Ручка у такого молотка эргономична – ее очень удобно держать даже в космической перчатке.**

**4. Чем отличается процесс замерзания воды на Земле и на космической орбите?**

Процесс замерзания чистой воды до полного превращения ее в лед происходит при постоянной температуре, равной 0 С. Растворы же замерзают при изменяющейся температуре. В начале процесса, когда они доведены до точки замерзания, вымораживается только часть растворителя. При замерзании пищевых продуктов, тканевые соки которых являются водными растворами различных органических и минеральных веществ, сначала превращается в лед только некоторая часть воды. На эту часть в растворе остается меньше воды, а количество растворенных веществ прежнее, следовательно, концентрация его увеличивается. Для дальнейшего замораживания температуру понижают. При этом вымерзает еще некоторая доля воды, что снова увеличивает концентрацию раствора. Так, продолжая понижать температуру, вымораживают все больше и больше воды из раствора и он становится концентрированным. Однако это происходит до тех пор, пока концентрация раствора не достигнет некоторой определенной для данного вещества величины, при которой он весь застывает в сплошную твердую массу. Такая масса называется эвтектикой. Температура, при которой происходит ее образование, называется эвтектической температурой, а соответствующая концентрация раствора — эвтектической концентрацией. Эвтектическая температура является самой низкой из всех возможных температур замерзания растворов данного вещества. Но для различных веществ она неодинакова. Так, например, для поваренной соли она равна —21,2 С, а для хлористого кальция —55 С.

Замерзание воды в космосе проходит как обычно: на разрыв связей с соседями молекуле воды необходимо потратить энергию поэтому, когда сбжавшая из капли молекула улетает, она понижает температуру покинутого тела. Испарение может происходить одновременно с активным кипением — это зависит от внешнего давления и температуры капли. В конце концов, оставшиеся молекулы, если останутся (это зависит от размера капли), будут вынуждены перейти из жидкого состояния в твердое. При низких давлениях (ниже тройной точки воды — 610 Па) вода может существовать только твердом или газообразном состоянии. В условиях вакуума лёд будет продолжать испаряться или иначе сублимироваться, продолжая понижать свою температуру. Для того, чтобы исследовать испарения капли воды в вакууме, нет необходимости выходить в космос — достаточно откачать воздух из объема и поместить туда каплю.

Температура кипения жидкостей зависит от внешнего давления. При комнатной температуре вода кипит, если давление снизить примерно до 0.07 атм. То есть, если температура воды

Интернет-проект «Удивительный мир физики» 2012/2013 учебного года  
2 тур, апрель 2013 г.  
возрастная категория «10 класс»  
Игровой номер 13f160

комнатная, то при 0.07 атм вода начинает кипеть. При этом в парообразное состояние переходят молекулы воды с самой высокой энергией. За счёт этого температура воды понижается. Если давление поддерживать постоянным, то в конце концов вода охладится до температуры, когда она перестанет кипеть.

Однако если давление ниже 610 Па (давление тройной точки воды), то вода не может находиться в жидком состоянии – либо лёд, либо пар. **Поэтому при очень низких давлениях большая часть воды испаряется, а оставшееся превращается в лёд.**

Например при давлении 100 Па граница раздела между льдом и паром проходит примерно при 250К. Тут надо смотреть закон распределения молекул по скоростям. Предположим от фонаря, что 5% самых медленных молекул воды имеют среднюю температуру 250К. Значит при давлении 100 Па испарится 95% воды, а 5% превратится в лёд, причём температура этого льда будет 250 К.

**В космосе давление существенно ниже, однако не равно нулю. А кривая раздела льда и пара на фазовой диаграмме при снижении давления идёт в точку ( $T = 0$ ;  $P = 0$ ). То есть при любом сколько угодно малом (но ненулевом) давлении температура сублимации льда ненулевая. Это значит, что подавляющая часть воды испарится, но какая-то микроскопическая её часть превратится в лёд.**

Тут есть ещё один нюанс. Космос пронизан излучением с температурой примерно 3 К. Это значит что охладиться ниже 3 К вода (лёд) не сможет. Поэтому итог процесса зависит от давления сублимации льда при температуре 3 К.