

А так ли хорошо знакомы вам вес и невесомость?

(«Квант», 2004, № 5, с. 32)

- *Тяжести, уравнивающиеся на равных длинах, будут тоже равны. (Архимед).*
- *Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению. (Галилео Галилей).*
- *...под весом, который указан Галилеем, следует понимать вес самого нижнего воздуха, в котором живут люди и животные... (Эванджелиста Торричелли).*
- *Этот новый механический прибор позволяет понять, почему жидкости имеют вес, соответствующий высоте их стояния. (Блез Паскаль).*
- *Сначала я рассмотрю задачу в предположении, что медные стержни невесома... (Генри Кавендиш).*
- *...веса тел на всякой планете при одинаковых расстояниях от её центра пропорциональны массам этих планет. (Исаак Ньютон).*
- *Книга легко держалась в руках, так как не имела веса; страницы топорщились, и их нужно было придерживать пружинкой или просто пальцами... (Константин Циолковский).*
- *Сколько весит тело – это одно, а насколько трудно его разогнать – совсем другое. (Ричард Фейнман).*

Эти понятия, интуитивно близкие человеку с незапамятных времен – достаточно вспомнить перетаскивание тяжестей или прыжок с высоты, – постепенно обрели статус строго определяемых физических величин. Потребности практики побуждали к изобретению весов и для гигантских грузов, и для крохотных тел; фундаментальные же идеи о неразличимости инертной (весомой) и гравитационной масс легли в основу общей теории относительности.

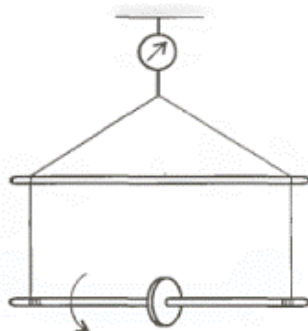
Великие умы, как видно, размышляли и фантазировали о проявлениях веса и невесомости в условиях, порой весьма далеких от земных. Непосредственно проверить хотя бы часть этих предположений удалось не столь давно. Запуск спутников в околоземное пространство повлек за собой множество исследований, связанных с поведением в космосе различных материалов и конструкций. А высадка астронавтов на Луну, постройка орбитальных станций и возможный пилотируемый полёт на Марс форсировали изучение влияния на живые организмы невесомости, искусственной тяжести и тяготения других небесных тел.

Вот почему эта тема, изобилующая открытиями и парадоксами, постоянно притягивает внимание учёных и инженеров, конструкторов и медиков. Надеемся, что она окажется в кругу и ваших интересов, а может быть, и внесёт весомый вклад в копилку ваших знаний.

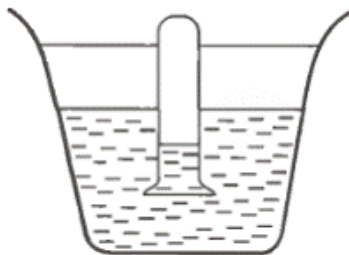
Вопросы и задачи

1. На одной чашке уравновешенных рычажных весов лежит брусок мыла, на другой – $3/4$ такого же бруска и ещё гиря массой $3/4$ кг. Какова масса целого бруска мыла?
2. Два одинаковых ведра наполнены водой до краёв, в одном из них при этом плавает кусок дерева. Какое из вёдер перетянет, если их разместить на рычажных весах?
3. В сосуд, подвешенный к динамометру и доверху наполненный водой, погружают, не касаясь дна, стальную гирю, висящую на нити. Изменится ли показание динамометра?
4. Почему в задачах о движении тел, связанных нитью, как правило, оговаривается, что нить невесома?
5. Можно ли правильно взвесить груз на неверных весах?
6. Одно и то же тело взвешивают на пружинных и рычажных весах сначала на Земле, затем – на Луне. Одинаковы ли показания весов между собой?
7. На внутренней стенке закрытой банки, уравновешенной на чувствительных рычажных весах, сидит муха. Что произойдет с весами, если муха станет летать внутри банки?

8. Изображённый на рисунке маятник Максвелла подвешен к динамометру. Как будут меняться показания прибора при движении маятника?



9. В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением, направленным: а) вверх; б) вниз?
10. В лифте установлены пружинные весы, на которых подвешено тело массой 1 кг. Что покажут весы, если лифт движется вверх с ускорением, равным $a = g/2$ и направленным вниз?
11. Песочные часы уравновешены на рычажных весах. Нарушится ли равновесие во время падения песчинок?
12. Опрокинутая пробирка укреплена над сосудом с водой. Изменится ли уровень воды в пробирке, если вся система начнет свободно падать?



13. Три одинаковых шара, связанных двумя одинаковыми пружинами, подвешены на нити. Какими будут ускорения шаров сразу после пережигания нити?



14. Каким барометром – ртутным или anerоидом – следует пользоваться внутри искусственного спутника, движущегося по орбите вокруг Земли?
15. На все тела на Земле действует сила притяжения Солнца. Ночью эта сила складывается с силой притяжения Земли, днём – из неё вычитается. Следует ли из этого, что ночью все тела должны быть тяжелее, чем днём?
16. Как отразится невесомость на процессе кипячения воды?
17. Как создать искусственную тяжесть на космическом корабле?

Микроопыт

Приведите в горизонтальное положение игрушку Ваньку-Встаньку, держа её в руках, а затем опустите с небольшой высоты (предварительно подстелив на стол что-либо мягкое). Будет ли игрушка поднимать голову во время падения? Почему?

Любопытно, что...

- Весы, как считают историки науки, – наиболее древний измерительный прибор. Они были изобретены более чем за три тысячи лет до новой эры. Позднее их конструкцию совершенствовали такие учёные, как, например, Аристотель, создавший теорию неравноплечих весов с передвижной гирей, или Архимед, добившийся небывало высокой для своего времени точности взвешивания.
- Книга с описанием рычажных весов, появившаяся в 1211 году, называлась «Весы мудрости».
- Задачу под номером одиннадцать без малого 400 лет назад фактически сформулировал Галилей, сконструировавший тогда же гидростатические весы для определения плотности твёрдых тел. Предварительно он поставил эксперимент, в котором роль песка играла вода.
- Хотя знаменитый опыт Кавендиша называют «взвешиванием Земли», в нём учёный только измерил постоянную всемирного тяготения, с помощью которой, действительно, можно вычислить массу нашей планеты.
- Издавна для получения дроби капали расплавленный свинец с большой высоты в бак с водой. Оказавшиеся во время падения практически в невесомости дробинки принимали естественную – шарообразную – форму.
- Путём взвешивания определяется масса тел в очень широком диапазоне – от 10^{-9} до 10^5 килограмма. При сравнении эталонов массы достигается точность в одну миллиардную.
- Нарушения невесомости из-за неоднородности поля тяготения приводят во время свободного полёта тел, например космических кораблей, к их растяжению вдоль радиуса орбиты.
- Разреженная атмосфера Земли и давление Солнца, действующие на околоземные спутники, сильно «портят» невесомость и сносят аппараты с рассчитанных по ньютоновским законам траекторий, заставляя постоянно корректировать их.
- Даже если бы герои фантастического романа Жюль Верна «Из пушки на Луну» смогли построить орудие с длиной ствола 300 метров, то при разгоне в нём они испытали бы чудовищные перегрузки – снаряд должен был бы двигаться с ускорением, в несколько тысяч раз превышающим ускорение свободного падения.
- Древняя мечта о левитации – свободном парении тел в гравитационном поле Земли – была успешно реализована в XX веке благодаря разного рода неконтактным подвесам с помощью электрического и магнитного полей. Так, пятитонную антенну для приёма гравитационных волн удалось «подвесить» без опор, используя сверхпроводники, в так называемом криогенном подвесе.
- Испытательный полёт межпланетного парусника «Cosmos-1», разгоняемого давлением солнечного излучения, постоянно откладывался. Одна из причин – риск, связанный с непредсказуемым поведением сверхтонкого материала паруса большой площади, которое невозможно проверить на Земле.

Что читать в «Кванте» о весе и невесомости (публикации последних лет)

- ✓ Калейдоскоп «Кванта» – 2000, №1, с. 32;
- ✓ «Маятник Максвелла» – 2000, Приложение №3, с. 13;
- ✓ «Под сенью яблони в цвету» – 2001, №3, с. 21;
- ✓ «Рычажные весы» – 2003, №1, с. 34;

- ✓ «Чаша весов колеблется...» – 2003, №3, с. 31;
- ✓ «Упругие силы, деформации и закон Гука» – 2004, №1, с. 35.

Ответы

1. $m = 3$ кг.
2. Весы останутся в равновесии, поскольку плавающее тело весит ровно столько, сколько вытесненная им вода.
3. Показание динамометра не изменится. Сила, действующая со стороны гири на сосуд, равна действующей на гирю архимедовой силе, в свою очередь, равной весу вылившейся из сосуда воды.
4. Если считать нить весомой, то силы натяжения, действующие на связанные тела, станут разными и изменится ускорение системы.
5. Да. Например, так: уравнивают груз насыпаемым на другую чашку песком. Затем вместо груза кладут на первую чашку гири, пока они не уравновесят песок. Значит, вес гири равен весу груза.
6. У рычажных весов – одинаковы, у пружинных – больше на Земле.
7. Если ускорение мухи направлено вверх или вниз, чашка весов с банкой отклонится в противоположную сторону. Равномерный полёт в любом направлении не нарушит равновесия весов.
8. При ускорении движения маятника вверх и вниз натяжение нитей ослабевает, и показания динамометра становятся меньше, чем в неподвижном состоянии.
9. При движении с ускорением вес мяча и вес вытесненной им воды изменяются в одинаковое число раз, поэтому глубина погружения мяча останется прежней.
10. Вес тела, т.е. показания весов, при таком движении должен составлять половину силы тяжести: $P = mg/2 = 4,9$ Н.
11. В самом начале падения песчинок часы давят на чашку весов с силой, меньшей силы тяжести, в конечный момент – с силой, большей силы тяжести. В остальное время импульс системы часы – песчинки не меняется; значит, не меняется и сила давления, и весы остаются в равновесии.
12. Да, изменится. В покое давление воздуха внутри пробирки больше атмосферного. Во время свободного падения воздух будет вытеснять не имеющую веса воду, пока его давление не сравняется с атмосферным.
13. Ускорение верхнего шара равно $3g$, ускорения нижних – нулевые.
14. Следует пользоваться анероидом.
15. Нет, не следует. Сила притяжения Солнца действует не только на тела, находящиеся на Земле, но и на саму Землю, сообщая всем им одно и то же ускорение. Поэтому тяготение Солнца не влияет на показания весов.
16. Из-за отсутствия конвекции нагреется до кипения ряд местных объёмов. Пар, расширяясь, постепенно вытеснит всю воду из сосуда.
17. Например, включить двигатели, сообщающие кораблю ускорение, близкое к g , или привести корабль во вращение вокруг оси симметрии с соответствующей угловой скоростью.

Микроопыт

Нет, не будет. При падении игрушка практически находится в состоянии невесомости – все её части движутся с одинаковыми ускорениями, не действуя друг на друга и не меняя взаимной ориентации.

(Использованы материалы журнала «Квант»)