

## КАЛЕЙДОСКОП «КВАНТА»

*...доказано, что более легкие, чем жидкость, тела, будучи насильно погружены в эту жидкость, движутся вверх с силой, равной тому весу, на который жидкость, имеющая объем, равный этому телу, будет тяжелее последнего.*

Архимед

*Мы погружены на дно безбрежного моря воздушной стихии, которая, как известно из неоспоримых опытов, имеет вес, причем он наибольший вблизи поверхности Земли...*

Эванджелиста Торричелли

*Сосуд, наполненный водой, является новым принципом механики и новой машиной для увеличения сил в желаемой степени...*

Блез Паскаль

*...Полет на свободном аэростате представляет нечто совершенно исключительное.*

Камиль Фламмарин

*Это и есть уравнение гидростатики. В общем случае оно не имеет решения.*

Ричард Фейнман

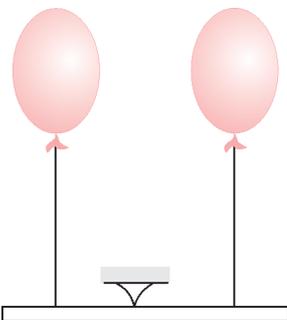
# А так ли хорошо знакома вам гидроаэростатика?

Безбрежное небо и неведомые глубины океана всегда влекли человека, побуждая его подняться как можно выше в воздух и опуститься как можно глубже под воду. Более двух тысяч лет назад был установлен один из самых древних законов, с которым вы знакомитесь одним из самых первых в курсе школьной физики, — закон Архимеда. С тех пор можно отсчитывать начало научного освоения двух стихий и рождение гидроаэростатики.

Мысли выдающихся ученых — как верстовые столбы на пути понимания и применения этого закона. Полеты на огромные высоты и глубоководные погружения совершаются сегодня на аппаратах, оснащенных современным оборудованием, не только ради рекордов. Исследования атмосферы, в том числе последствий глобального потепления, разведка с воздуха, доставка грузов в труднодоступные места, совершенствование надводного и подводного флота, изучение морской фауны и флоры, поиски полезных ископаемых под океанским дном — вот неполный список задач, для решения которых необходимы аэростаты и дирижабли, научные суда и батискафы и... лежащий в основе их работы добрый старый закон Архимеда.

Но и в более простых задачах можно обнаружить неожиданные «подводные камни». Однако, не боясь предупреждения Фейнмана, беритесь за них — решения обязательно найдутся!

### Вопросы и задачи



**1.** Что изображено на приведенном здесь рисунке? А если его перевернуть?

**2.** Два сплошных цилиндра одинаковой массы и равного диаметра, но один алюминиевый, а другой свинцовый, плавают в вертикальном положении в ртути. Какой из них погружен глубже?

**3.** В двух одинаковых сосудах с водой плавают плоская широкая и высокая узкая коробочки. Когда в каждую из них положили по одинаковому тяжелому грузику, они остались на плаву. В каком из сосудов уровень воды при этом поднялся выше?

**4.** Стакан с наклонными стенками, наполненный водой до краев, взвешивают на весах. Затем взвешивают этот же стакан с опущенным в него деревянным бруском, плавающим так, что вода доходит до краев стакана. Отличаются ли показания весов?

**5.** В ведре, наполненном доверху водой, плавает дырявая кастрюля. Выльется ли часть воды из ведра, когда кастрюля утонет?

**6.** Купаясь в речке с илистым дном, можно заметить, что ноги больше вязнут в иле на мелких местах, чем на глубоких. Как это можно объяснить?

**7.** Для погружения на 10 метров подводная лодка набирает в себя 100 тонн воды. А сколько воды ей надо набрать, чтобы погрузиться на 100 метров?

**8.** Стальной шарик плавает в ртути. Увеличится или уменьшится глубина его погружения, если повысить температуру?

**9.** Вес жидкости, налитой в сосуд, равен 3 Н. В жидкость погружают тело. Может ли архимедова сила, действующая на тело, равняться 10 Н?

**10.** В двух одинаковых сосудах на поверхности воды плавают одинаковые пробковые цилиндры, к которым снизу на тонких нитях привязаны одинаковые грузы, причем один груз находится в воде, а другой лежит на дне сосуда. Одинаков ли вес сосудов со всем, что в них находится?

**11.** В сосуде с водой плавает кусок льда, удерживаемый натянутой нитью, прикрепленной к дну сосуда. Как изменится уровень воды в сосуде, когда лед растает?

**12.** Порожнюю закрытую бутылку (с плоским дном) погружают в воду один раз горлышком вниз, а другой раз горлышком вверх на одну и ту же глубину, равную половине высоты бутылки. В каком случае совершается большая работа?

**13.** Вес любого тела на экваторе примерно на полпро-

цента меньше, чем в северных широтах. Изменяются ли осадка судна и его грузоподъемность при переходе из Северного Ледовитого океана в экваториальные воды? Плотность морской воды считайте везде одинаковой.

**14.** Со дна высокого стеклянного сосуда, наполненного водой, поднимается небольшой пузырек воздуха. Как изменяется выталкивающая его сила? Каков характер движения пузырька?

**15.** Из какого материала надо сделать гири, чтобы при точном взвешивании можно было не вводить поправки на уменьшение веса в воздухе?

**16.** Одинаковые по массе оболочки двух шаров сделаны из разных материалов: одна — из эластичной резины, другая — из прорезиненной ткани. Оболочки шаров наполнили водородом одного и того же объема и отпустили в воздухе. Какой из шаров поднимется на большую высоту?

**17.** Как зависит подъемная сила аэростата или дирижабля от температуры, при которой производится полет?

**18.** Чтобы дирижабль мог взлететь, его наполняют газом, более легким, чем воздух. Не лучше ли совсем выкачать из него газ?

**19.** Почему воздушный шар с закрытым выпускным клапаном, поднявшись на большую высоту, может лопнуть?

**20.** На дне сосуда с газом лежит тело, плотность которого немного больше плотности газа. Можно ли, повышая давление газа, заставить тело подняться вверх?

### Микроопыт

В аквариум прямоугольной формы, наполненный водой, поместите любое тело, которое будет в нем плавать. Можно ли определить массу этого тела без взвешивания?

### Любопытно, что...

...хотя Архимед считал себя прежде всего теоретиком, а работу над практическими приложениями относил к деятельности второго сорта, с его именем связывают около 40 изобретений.

...утверждение, получившее в науке имя Паскаля и ставшее одним из основных законов гидростатики, возможно, не в столь явной форме обнаруживается в трудах и Леонардо да Винчи, и Стевина, и Галилея, и Торричелли.

...несмотря на свою историческую важность, закон Архимеда не относится к фундаментальным законам природы. Так, его можно считать прямым следствием закона Паскаля; Стевин довольно просто обосновал его, исходя из принципов равновесия с помощью так называемого метода отвердевания жидкости; закон Архимеда выводится также из закона сохранения энергии.

...чтобы доказать, что пространство над столбиком ртути — в знаменитом опыте с заполненной ею стеклянной трубкой — остается пустым, Торричелли впускал туда воду, которая под действием атмосферного давления врывалась в него «со страшным напором» и целиком его заполняла.

...неосознанно, не пользуясь расчетами, люди издревле опирались на закон Архимеда, когда, например,

необходимо было преодолевать водные преграды. И лишь в 1666 году английский корабль Энтони Дин, к удивлению современников, теоретически определил осадку корабля и прорезал в его бортах отверстия для пушек до его спуска на воду, в то время как раньше это проделывали, когда корабль был уже на плаву.

...к основоположникам аэростатики справедливо причисляют и Роберта Бойля, именем которого назван известный газовый закон. Так, после усовершенствования им насоса для откачки воздуха из резервуаров большого объема тут же возникли проекты по созданию летательных аппаратов, «более легких, чем воздух», причем сразу же предусматривались военные применения таких машин.

...полет людей на воздушном шаре, наполненном горячим дымом, долго не позволял совершить братьям Монгольфье сам французский король, опасаясь за жизнь аэронавтов. Первый полет был осуществлен лишь в 1783 году. И в том же 1783 году (в год своей смерти) великий математик Леонард Эйлер подробно рассчитал подъемную силу аэростата, словно завещал разумно рисковать, опираясь на знания законов физики.

...в 1932 году швейцарский физик Огюст Пикар поднялся на аэростате собственной конструкции в стратосферу на высоту почти 17 километров, а позднее на разработанном им же батискафе погрузился в самую глубокую точку Средиземного моря. В 1960 году его сын Жак на батискафе «Триест» погрузился в Марианскую впадину на рекордную глубину около 11 тысяч метров. Семейную традицию поддержал внук Огюста Пикара — Бертран, совершивший в 1999 году кругосветное путешествие на воздушном шаре «Орбитер» за двадцать дней без промежуточной посадки.

...автор модели расширяющейся Вселенной Александр Фридман занимался еще и метеорологией и в 1925 году принял участие в рекордном по тому времени полете на воздушном шаре до высоты 7400 метров. А Огюст Пикар, научным руководителем которого был автор теории относительности Альберт Эйнштейн, поднимался в небо на аэростате в том числе и для проведения эксперимента, подтвердившего эту теорию.

...на смену людям, совершающим глубоководные погружения в батискафах, приходят роботы, «одетые» в специальную керамическую оболочку, позволяющую выдерживать чудовищное давление. Так, в 2009 году американский робот «Нерей» провел на дне Марианского желоба десять часов, выполняя различные измерения.

### Что читать в «Кванте» о гидроаэростатике

(публикации последних лет)

1. «Как попасть на Таинственный остров» — 2004, №1, с. 25;
2. «Путешествие на воздушном шаре» — 2004, №3, с.31;
3. «Задачи с жидкостями» — 2006, №1, с.40;
4. «Вверх и вниз через атмосферу» — 2007, №1, с.9;
5. «Гидростатика в стакане» — 2008, №3, с.47;
6. «Устоит ли наш корабль?» — 2008, №4, с.42;
7. «Силы сопротивления в задачах динамики» — 2009, №1, с.50;
8. «Подводные камни» силы Архимеда» — 2009, №2, с.46;
9. «О плавании одномерных объектов» — 2010, №4, с.36.

Материал подготовил А.Леоневич

