

Почему я не тоню в бассейне, лежа на спине, а в вертикальном положении — тоню?

Актуальность

Я пловец. Наш тренер учит нас различным упражнениям на воде. Одно из них — «звездочка»: нужно лежать на воде, широко раздвинув руки и ноги. Мне стало интересно, почему в горизонтальном положении можно держаться на воде, а в вертикальном — нет.

Получается, можно не уметь плавать и при этом не утонуть? Этот вопрос очень важен, так как в наше время происходит много несчастных случаев на воде, когда тонут и взрослые, и дети.

Формулировка проблемного вопроса

Значит, есть какая-то разница в положении человека, лежащего на воде, и человека, который в ней находится в вертикальном положении. Тогда **проблемный вопрос** может быть следующим: **в чем заключается разница с точки зрения плавучести предметов между вертикальным и горизонтальным положением тела человека на воде?**

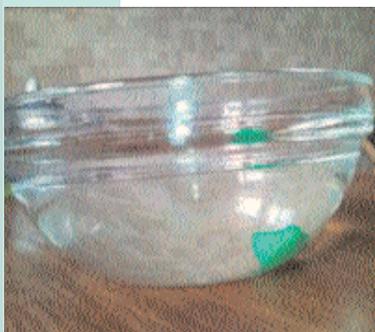


Рис. 1. Комок пластилина тонет в воде



Рис. 2. Лодочка из того же куска пластилина не тонет!

Формулирование цели и задач проекта, выдвижение гипотезы

Формулировка проблемного вопроса выводит на **цель проекта: выяснить разницу с точки зрения плавучести предметов между вертикальным и горизонтальным положением тела человека на воде.**

Чтобы достичь этой цели, скорее всего, следует узнать, от каких физических параметров зависит плавучесть. Следовательно, гипотеза: *возможно, плавучесть зависит от силы выталкивания тела из воды. А сила эта зависит от количества выталкиваемой воды, которое, в свою очередь, зависит от объема этого предмета.*

Чтобы доказать правильность, следует ознакомиться с теорией плавучести. И тогда **задачи проекта** будут такими:

1. Узнать с помощью опытов, как влияет форма предметов на способность плавать или тонуть.
2. Выяснить, при каких условиях предметы плавают.
3. Изучить, как влияют свойства воды на плавучесть предметов.
4. Разобраться, как зависит от положения тело человека в воде.
5. Сделать выводы.

Опыты по выяснению влияния формы предметов на способность плавать или тонуть

Продеваем такой опыт. Возьмем кусок пластилина $5 \times 4 \times 1$ см и опустим его в воду. Он утонет (рис. 1).

Потом из этого же куска пластилина сделаем лодочку. Она будет плавать (рис. 2).

Почему же кусок пластилина тонет, а лодка нет? Другой пример. Железный гвоздь утонет в воде, а ог-

ромный железный катер — нет. Как можно это объяснить?

Я выяснил, что древнегреческий ученый Архимед открыл закон, согласно которому **на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной им жидкости.**

Или **тело, погруженное в жидкость, теряет в своем весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость.**

Следовательно, нужно понять, от каких параметров зависит плавучесть? Как это показывает опыт с пластилином, от объема, веса и... чего еще?

Понятие плотности

Предметы одинакового объема, но сделанные из разного вещества не одинаково ведут себя в воде. К примеру, одинаковые брусочки из пластилина и железа или дерева и чугуна будут иметь разный вес. Значит, кроме объема на вес предмета влияет еще другая величина. Ее назвали **плотность вещества.**

Возьмем, к примеру, 1 кг пуха и 1 кг железа. Плотность пуха, конечно, меньше плотности железа. Он будет занимать гораздо больше места — больший объем.

Плотность вещества зависит от массы атомов, из которых оно состоит, и от плотности упаковки атомов в молекуле вещества. В твердом теле молекулы расположены очень близко друг к другу, между ними существуют очень тесные связи, в жидкостях — силы межмолекулярного взаимодействия слабее, а в газах силы притяжения молекул совсем невелики.

Проведем следующий опыт. Возьмем пробку и опустим в воду. Она будет плавать на поверхности.



Рис. 3. Пробка имеет малую плотность, поэтому в воде она не тонет

Затем облепим пробку пластилином и снова опустим в воду. Она будет плавать. Начнем добавлять стеклянные шарики, вставляя их в пластилин, пока пробка не опустится под воду и не станет плавать под водой.

В начале эксперимента плотность пробки была меньше плотности воды, а в конце они сравнялись, поэтому пробка не тонет, но и не всплывает на поверхность.

Наблюдая за рыбами, плавающими в толще воды, мы понимаем, что их плотность почти не отличается от плотности воды. Чтобы всплыть на поверхность или опуститься на дно, им надо уметь менять свою плотность. Как они это делают? Я вспоминаю, как мама потрошила свежую рыбу. У нее внутри есть, как мне сказали, плавательный пузырь. Это действительно пузырь, потому что в нем есть воздух. И это-то внутри тела рыбы! Кстати, интересно, как газ забира-



Рис. 4. Стеклянные шарики — утяжелители пробки



Рис. 5. Пробка с пластилином и шариком становится тяжелее

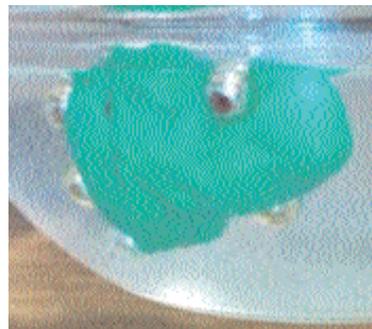


Рис. 6. Пробка с пластилином плавает в толще воды. Значит, его плотность равна 1 — плотности воды



Рис. 7. Пробка с шариками в пластилине утонула — ее плотность больше плотности воды

ется в этот пузырь? Скорее всего, выделяется из крови, потому что на его поверхности есть кровеносные сосуды. А нам объясняли, что из крови кислород попадает в клетки тела, а из них в кровь собирается ненужный телу углекислый газ. Значит, газ может выделяться из крови. В плавательный пузырь газа может выделиться больше или меньше. При этом объем тела рыбы может стать больше или меньше. Значит, и плотность тела рыбы меняется. Получается, что рыба с помощью плавательного пузыря может менять свою плотность!

Вернемся к нашему опыту с лодочкой.

Итак, чтобы кусок пластилина не тонул, мы можем придать ему форму плоски, а еще лучше лодочки с килем для большей устойчивости (об устойчивости подробнее поговорим после). Таким образом, мы, меняя форму, изменяем плавучесть предмета.

Мы также можем брать разный материал, из которого сделана лодка. Разный материал имеет разную плотность, прочность и т.д. Конечно, хорошо бы, чтобы плотность материала была поменьше, а прочность — побольше. Но чаще в природе так случается, что чем плотнее материал, тем он прочнее. Например, плотность железа в несколько раз выше, чем плотность дерева (от 0,5 до 0,9 кг/см³). Но и прочность, как все знают, намного выше, чем у дерева.

Оказывается, чтобы тело плавало, мы можем изменить плотность воды. Проведем такой опыт. Возьмем яйцо и опустим его в стакан с водой.

Если яйцо свежее, оно опустится на дно (рис. 9).

Теперь добавим в воду три полных чайных ложки соли. Яйцо всплывет, так как его плотность окажется меньше плотности воды.

Когда я был в Израиле, то купался в Мертвом море. Вода там очень плотная и похожа на кисель. На дне лежат крупные куски соли. Оно удивительно тем, что там можно находиться в вертикальном положении и не тонуть. Голова и шея будут плавать над поверхностью.

Возьмем апельсин и положим его в свободную посуду, чтобы он мог плавать (рис. 11).

Нальем газированную воду и увидим, как апельсин начнет вращаться. Пузырьки, скапливающиеся под апельсином, облегчают его нижнюю часть, и он переворачивается. Затем пузырьки улетучиваются, и эта часть снова становится тяжелее нижней, и апельсин вновь переворачивается.



Рис. 8. Лодка из пластилина не тонет, потому что у нее больший объем по сравнению с объемом куска пластилина



Рис. 9. Сырое яйцо в воде тонет, его плотность больше плотности воды



Рис. 10. В соленой воде, у которой плотность больше 1 г/см^3 , яйцо плавает

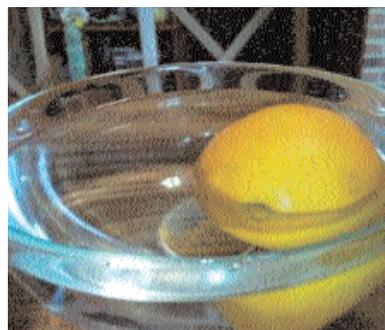


Рис. 11. Апельсин плавает в воде, так как шкурка у него толстая, рыхлая



Рис. 12. Так я попытался узнать вес собственной головы



Рис. 13. Я узнаю свой вес

Чем отличается с точки зрения плавучести вертикальная и горизонтальная позы плавающего человека?

Возвращаемся к нашему главному вопросу: почему же человек в вертикальном положении тонет, а в положении «звездочка» нет.

Когда человек лежит на воде, раскинув руки-ноги, его голова наполовину тоже находится в воде. Напомню, что, по данным биологов, голова взрослого человека весит $1/8$ массы всего тела, т.е. это очень тяжелая часть организма. Я решил проверить, похоже ли это на правду и взвесил свою голову на электронных настольных весах. Конечно, эти данные приблизительные, эксперимент нельзя считать чистым, ведь голова (к счастью!) не лежала отдельно от тела. Часть ее веса удерживала шея.

На этих же настольных весах я узнал свой вес. При общем весе $34,6 \text{ кг}$ масса моей головы равна $3,4 \text{ кг}$, т.е. практически $1/10$ часть или даже больше. Итак, распластавшись на поверхности воды, человек не тонет, потому что на него действует выталкивающая сила по всей площади тела и головы, которая тоже погружена в воду. **В положении лежа на спине объем тела больше, значит, уменьшается плотность тела из-за объема погруженного тела.**

Но почему тело, погруженное под воду вертикально, несмотря на выталкивающую силу, все равно тонет?

Если представить себе положение человека в вертикальном и горизонтальном положениях, сразу видна разница.

Во-первых, при горизонтальном положении объем вытесненной воды больше за счет погружения головы в воду. В этом положении вес вытолкнутой воды оказывается больше веса человека. Он плавает. Во-вторых, при вертикальном положении голова полностью над водой. Объем вытолкнутой воды меньше. А голова-то тяжелая. Приходится работать ногами, чтобы не утонуть.

Как я уже упоминал, по закону Архимеда на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная объему вытесненной жидкости. Разница выталкивающей силы при горизонтальном и вертикальном положении соответствует разнице объемов вытесненной воды. За счет разницы объема головы.

Когда тело находится в вертикальном положении, то над водой остается вся голова, которая под воздействием силы притяжения опускается под воду. Чтобы не утонуть, нужно начинать работать руками и ногами, так как выталкивающей силы воды при пассивном положении тела недостаточно. Следовательно, человек, не умеющий плавать, чтобы не утонуть, должен лечь на воду и держаться на плаву.

Приблизительные расчеты разницы объемов вытесненной воды в разных положениях тела человека

Попробуем подсчитать (приблизительно) объем вытесненной воды в обоих случаях. Представим, что тело человека имеет форму цилиндра. При этом возь-

мом длину окружности на талии, а ноги с руками, скорее всего, можно представить как продолжение цилиндра. Так же представим голову в виде цилиндра.

Наши измерения: окружность головы ($2\pi r_1$) = 54 см, $r = 8,6$ см; высота головы (от подбородка до темени) $h_1 = 21$ см; окружность талии ($2\pi r_2$) = 55 см, $r_2 = 8,8$ см; высота тела до подбородка $h_2 = 123$ см.

Тогда объем головы приблизительно равен

$$\pi r_1^2 \times h_1 = 232,3 \times 21 = 4875 \text{ см}^3.$$

А объем туловища — $\pi r_2^2 \times h_2 = 29570 \text{ см}^3.$

Общий объем тела равен сумме

$$4875 + 29570 = 34\ 445 \text{ см}^3.$$

Выталкивающая сила дистиллированной воды такого объема будет равна **34 кг 445 г.**

Это меньше моего веса. Но, во-первых, расчеты объема моего тела приблизительные, а во-вторых, вода в бассейне не дистиллированная, а хлорированная, значит, ее плотность немногим больше единицы. И этого достаточно, чтобы скомпенсировать разницу веса и выталкивающей силы: $34600 - 34445 = 165$ г. Значит, выталкивающая сила воды в лежачем положении равна или чуть больше веса тела! **Вот почему я не тону, лежа на воде в бассейне!**

Знание свойств плавучести предметов может быть полезным в различных областях: от правил поведения на воде до возможных подъемов затонувших судов. Я расскажу историю, произошедшую в конце прошлого века в связи с утонувшей тогда подводной лодкой. Оказывается, одним энтузиастом был подготовлен проект, по которому лодку предполагалось оснастить емкостями со специально разработанным замороженным газом, который таким образом уменьшал плотность лодки так, что она сама отрывалась от грунта. Разработка подобной технологии позволила бы отказаться от сложнейшей и дорогостоящей системы подъемников, используемой до сих пор.

Вывод

Это ответ на проблемный вопрос, **в чем заключается разница с точки зрения плавучести предметов между вертикальным и горизонтальным положением тела человека на воде?**

Проведенные опыты, теоретические выкладки и приблизительные расчеты помогли мне понять, что разница с точки зрения плавучести заключается в том, что в разных положениях тело человека выталкивает разное количество воды. А по закону Архимеда тело, погруженное в жидкость, теряет в весе столько, сколько весит вытесненная вода.

В вертикальном положении голова находится над водой. Следовательно, и объем вытесненной воды в этом положении меньше на объем, занимаемый головой. Отсюда меньше выталкивающая сила, мое тело тонет.



Рис. 14. Измерение окружности головы портновским сантиметром

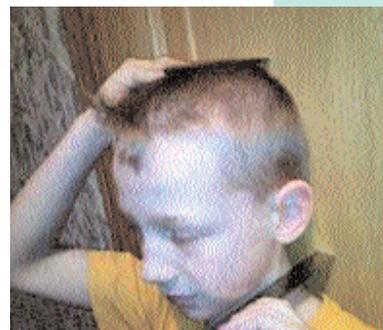


Рис. 15. Измерение высоты головы



Рис. 16. Измерение «окружности» тела (талии)



Рис. 17. Измерение высоты туловища

В горизонтальном положении мое тело выталкивает такой объем воды, что выталкивающая сила почти равна моему весу. Потому я и плаваю, лежа на спине.

Заключение

Когда я работал над проектом, мне еще раз пришлось провести разные опыты по исследованию плавучести предметов из разных материалов, имеющих разную форму. Я познакомился с некоторыми физическими понятиями, такими, как плотность, объем, сила и др.

Еще пришлось узнавать, как нужно и можно вычислять объем. Правда, это были приблизительные данные. Потому что тело человека имеет очень сложную форму. Самое смешное, легче всего узнать объем тела можно было бы по способу Архимеда: окунуть то, что нужно, измерить в воду и посмотреть, сколько воды было вытолкнуто. Но мы решили обойтись приблизительными расчетами.

Мне пришлось почитать литературу по физике, где говорилось о законе Архимеда. Заодно я узнал, каким замечательным ученым был Архимед и какие еще открытия и изобретения он сделал.

Я научился выделять цели и задачи исследования, оформлять работу.

Я узнал, что, с одной стороны, плавучесть предмета зависит от его объема, формы и плотности, а с другой — мне стало известно, что на плавучесть влияет плотность среды, в которой он находится.

Я проделал опыты, показывающие разные свойства плавучести предметов.