

## СКОЛЬКО ВЕСИТ ПЕРЕВЁРНУТЫЙ СОСУД С ВОДОЙ

*Вес – это когда повесили...*

*Из ответов на уроке.*

– Где вода столбом стоит? – озадачим вас детской загадкой.

– В колодце, например, – сообразите вы, – в городском фонтане, да мало ли где...

– В фонтане – не стояние, а гидродинамика, – поправим мы и пригласим вас к себе в гости – к демонстрационному столу Театра Занимательной Науки.

На нём нехитрое оборудование. Ведущий начинает знакомство с большого двухлитрового измерительного цилиндра. Он переворачивает его, и все видят, приклеенный к его доньшку железный кружок. Используя магнитный подвес, Ведущий приподнимает цилиндр безменом. Стрелка прибора послушно отклоняется.

– Взвешено, один килограмм!

Затем цилиндр частично заполняют подкрашенной водой. Её уровень доходит до отметки в один литр.

– Какова масса жидкости?

– Ещё один килограмм.

– А в эту кювету, – продолжается знакомство, – мы тоже нальём литр воды – третий килограмм.

Отверстие цилиндра накрывают плотным листком бумаги, прижимают его ладонью, и второй раз за встречу, переворачивают сосуд доньшком вверх. В таком положении цилиндр ставят в кювету с водой и вытаскивают листок. Его край лишь на малую глубину погружён в воду. На фоне белого экрана хорошо видно, как вода стоит столбом и не думает выливаться.

Любуемся красотой, причина которой многим понятна.

Но Ведущего интересует другое: – Сколько весит перевёрнутый цилиндр с водой?

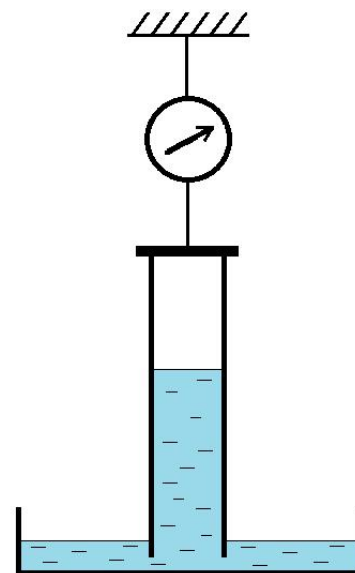
Здесь нам надо сделать дидактическую остановку. Весы (и в частности безмен) непосредственно определяют силу, с которой тело, вследствие своего притяжения к земле, действует на горизонтальную опору (чашу весов) или вертикальный подвес (безмена). Вес – это сила, измеряется в Ньютонах. Но придя в магазин, нелепо требовать от продавца, чтобы он взвесил вам, например, 20Н колбаски. А «взвешивать» в килограммах не позволяет естественнонаучное образование. Не голодать же? Выход есть. Можно прибегнуть к внесистемной единице измерения силы – килограмм-силе. 1кгс (так она обозначается) удобна тем, что её величина равна весу тела массой в 1кг. Вот вам и компромисс – просите взвесить 2кгс колбасы, но заключительное слово «силы» произносите негромко, для себя и весов, градуированных в кг.

– Согласны?

Для затравки Ведущий предлагает варианты ответов: 0кг, 1кг, 2кг, 3кг и прочие значения («с» в единицах измерений не пишется, но подразумевается).

Он цепляет цилиндр к безмену и готовится взвесить (незначительно приподнять, чтобы его край оставался в воде). Но не делает этого.

Рано! Давайте сначала выслушаем возникшие мнения и аргументы. Вам, наверное, тоже есть, что сказать...



Многих смущает тот факт, что вода, которая формально присутствует в перевёрнутом цилиндре, фактически давит на воду в сосуде, а не на взвешиваемый цилиндр.

– Стоит ли учитывать её вес?

Кто-то вспоминает, что на все тела, находящиеся на дне воздушного океана, действует атмосферное давление, которое эквивалентно давлению водяного столба высотой в 10 метров. Тут же «проницательные» зрители обращают внимание на шкалу используемого безмена, с максимальным значением в 10кг.

– Это не случайность! – крепнет подозрение.

Чтобы не гадать на кофейной гуще, мы погружаемся в элементарную физику.

Рассматриваем силы, которые действуют на доньшко цилиндра (ведь именно к нему крепится безмен). Две из них действуют вниз: сила тяжести мензурки ( $F_T$ ) и сила атмосферного давления ( $F_0$ ). И две – вверх: сила упругости безмена ( $F_y$ ), численно равная искомому весу ( $P$ ) и сила давления разреженного воздуха внутри цилиндра ( $F$ ).

Таким образом, показания безмена будут равны:

$$P = F_T + F_0 - F.$$

Или с учётом того, что  $p = p_0 - \rho gh$  – давление разреженного воздуха меньше атмосферного на величину гидростатического давления водяного столба получаем:

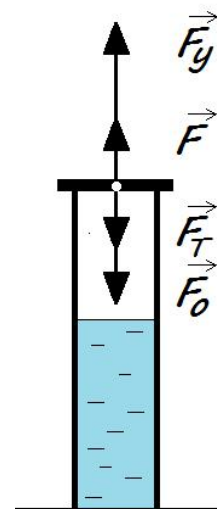
$$P = F_T + S p_0 - S p = F_T + S(p_0 - p) = F_T + S \rho gh,$$

здесь  $S$  – площадь поперечного сечения цилиндра,  $\rho$  – плотность воды,  $g$  – ускорение свободного падения и  $h$  – высота водяного столба.

Если присмотреться ко второму слагаемому, то мы увидим, что это вес воды в цилиндре.

Осталось только проверить теорию экспериментом.

Ведущий берётся за безмен и тянет его вверх...



11.07.16