

Лукьянов А.А.,
Кандидат физико-математических наук, доцент,
Лаборатория по работе с одаренными детьми МФТИ

Гидростатика. Закон Паскаля. Давление в жидкости на разной глубине. Закон Архимеда

В кратком теоретическом введении разобран ряд тонких мест гидростатики, а также ряд задач, которые затем используются при выполнении лабораторной работы по определению плотности пластилина методом «кораблика» (известная задача с Всероссийской олимпиады).

Продолжаем рассказ о работе Олимпиадной школы при МФТИ по курсу «Экспериментальная физика» (сайт http://edu-homelab.ru/).

Автор статьи в течение ряда лет вёл занятия в ней с учащимися 8-го класса. Теме «Гидростатика» было отведено одно или два занятия (в зависимости от уровня подготовки учащихся); плюс ещё одно – сдача (обсуждение) работы. Отказавшись при работе с восьмиклассниками от задач с движущейся жидкостью, мы рассмотрели довольно сложную гидростатическую задачу, которая в своё время давалась на экспериментальном туре Всероссийской олимпиады по физике [1] (см. Часть 2 статьи). Учитывая идейную сложность задачи, проведению собственно эксперимента предшествовала изрядная «теоретическая подготовка» в форме обсуждения вопросов на понимание и решение задач. Не все из перечисленных ниже вопросов обсуждались одинаково подробно; некоторые – на сдаче лабораторной работы. Обязательными была задачи 6 и 7 Части 1. Нумерация формул в различных вопросах и задачах независимая.

Часть 1. Вопросы на понимание и задачи

1. *Почему, говоря о давлении в жидкости или в газе, не указывают направление давления? Давит ли воздух только сверху вниз? Почему правильнее говорить о давлении жидкости не*

на дно сосуда, а о давлении вблизи дна?

Решение. Мы знаем, что сила – величина векторная, т. е. в обязательном порядке характеризуется направлением действия (например, я давлю пальцем **на** стол; вы стоите на полу и давите **на** него). Давление связано с силой. Почему же, когда мы слышим прогноз погоды «В Москве ветер юго-восточный, температура 23 °С, давление 740 мм рт.ст.», мы думаем о направлении ветра, но не задаёмся вопросом, откуда и куда действует давление? Температуре мы тоже не приписываем никакого направления, но с ней – другое дело.

Сначала вспомним *определение давления*. Согласно школьному учебнику, **величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется давлением.**

В таком определении учащихся часто смущает то, что сила далеко не всегда перпендикулярна поверхности. На рис. 1 показан палец, который прижимает монету к поверхности стола и одновременно стремится двигать её по столу.

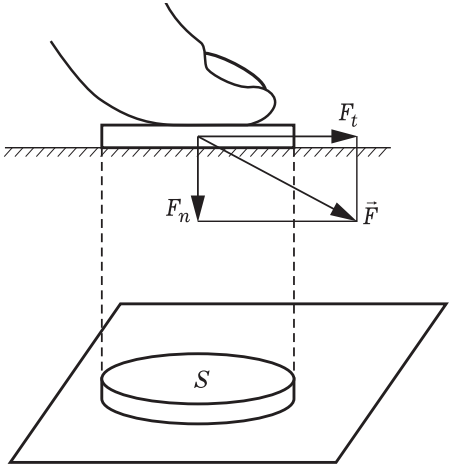


Рис. 1

Сила $\vec{F}$, действующая на стол, имеет *две составляющие* – перпендикулярную поверхности стола F_n (называемую нормальной) и вторую, направленную **вдоль** поверхности, F_t (эту составляющую называют тангенциальной): $\vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_t$. В определение давления входит лишь первая из них:

$$p = \frac{F_n}{S}. \qquad (1)$$

Это не означает, что другой составляющей, F_t, физики вовсе не интересуются. Интересуются, но в определение давления она не входит. Однако она входит в определение других величин.

Так почему же, говоря о давлении в жидкости или в газе, не указывают направление? «Виной тому» **закон Паскаля**, утверждающий, что **давление в любом месте покоящейся жидкости (газа) одинаково по всем направлениям, причём оно одинаково передаётся по всему объёму покоящейся жидкости**.

Что значит «*давление одинаково по всем направлениям*»? В эти слова физики вкладывают следующий смысл. Рассмотрим жидкость в цилиндрическом сосуде под поршнем площадью S, на кото-

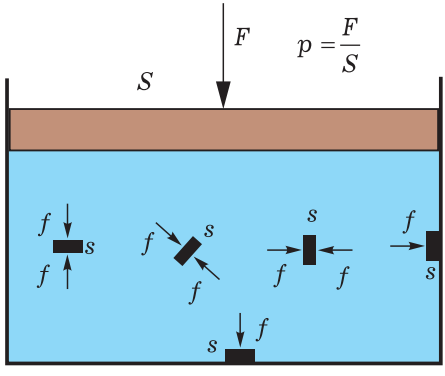


Рис. 2

рый действует сила F. Вблизи поршня сила создаёт давление $p = F / S$ (см. рис. 2). Если внутри жидкости поместить небольшую плоскую пластинку площадью s, то, как бы мы её ни поворачивали, при любой ориентации пластины в жидкости с обеих её сторон (на обе её поверхности) будут действовать одинаковые по модулю силы f. Не обязательно помещать в жидкость пластину: можно рассуждать о силах со стороны одних частей жидкости на другие.

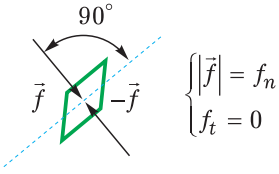


Рис. 3

Существенно, что **в покоящейся жидкости** силы $\vec{f}$ всегда **перпендикулярны поверхности** (см. рис. 3); отсутствуют тангенциальные составляющие силы (действующие по касательной к поверхности). Если бы такие составляющие были отличны от нуля, то вследствие текучести жидкости (газа) они бы вызвали движение одних слоёв жидкости относительно других. **Гидростатика**, однако, рассматривает лишь **неподвижную жидкость**. В зависимости от ориентации поверхности внутри жидкости силы будут действовать вбок, вверх, под любыми углами – не только вниз! Но модули сил будут одинаковыми! В этом и состоит содержание закона Паскаля. Модуль силы f, действующей на плоский участок площадью s, вычисляется при этом по формуле $f = p \cdot s$.

В движущейся жидкости ситуация была бы другой.

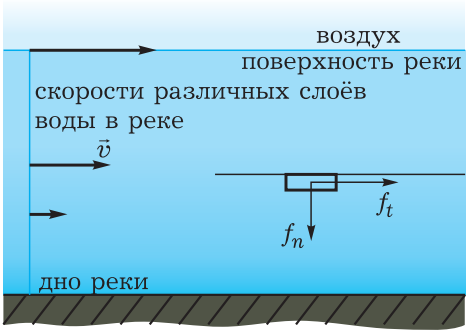


Рис. 4

Представим себе течение реки (см. рис. 4). В ней вода не просто движется, но разные её слои двигаются с разными скоростями (например, нижние слои – медленнее, чем верхние). Это приводит к тому, что верхние слои тянут за собой нижележащие слои (см. правую часть рис. 4), но сами тормозятся этими нижележащими слоями. На рис. 4 показаны силы, действующие на мысленно выбранный участок жидкости со стороны вышележащего слоя. Чтобы не загромождать рисунок, не показаны силы на этот слой со стороны нижележащего слоя. В общем случае в движущейся жидкости её различные слои взаимодействуют друг с другом так, что имеются две не равные нулю составляющие силы: перпендикулярно к поверхности слоя $\vec{f}_n$ и по касательной к ней $\vec{f}_t$.

Далее нами будет рассматриваться лишь покоящаяся жидкость, в которой не будет компонент силы вдоль любых поверхностей.

Надо, впрочем, помнить, что силы в покоящейся жидкости (газе) направлены не только вниз. Например, воздух давит во всех направлениях. Поэтому Гидрометцентр и не уточняет направление давления. И жидкость в стакане действует не только на дно стакана, но и на стен-

ки. В бутылке или в графине эта сила в отдельных местах может иметь компоненту силы, направленную вверх.

2. *Каков принцип действия присосок? Почему присоски крепятся только к очень гладкой поверхности и не крепятся к шероховатой?*

3. *Во всех ли материалах в условиях статики силы перпендикулярны поверхности?*

Решение. Нет, в твёрдых (не текучих!) телах это заведомо не так. Представим себе твёрдый стержень, растягиваемый за два торца двумя равными по модулю силами F (см. рис. 5 а). Мысленно рассечём стержень на две части, плоскостью, не перпендикулярной стержню.

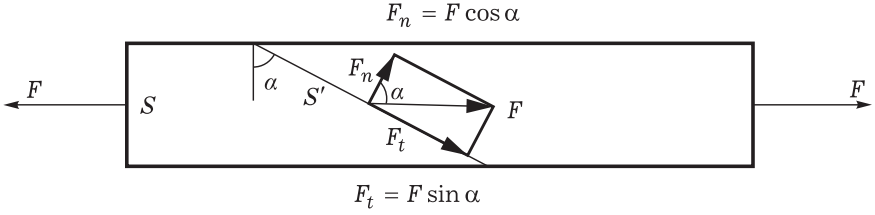


Рис. 5а

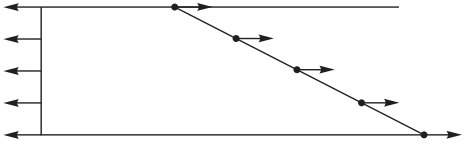


Рис. 5б

Зададимся вопросом, с какой силой правая часть стержня действует на левую? Ответ довольно очевиден. Левая половина стержня находится в равновесии, как и весь стержень: силы, приложенные к стержню, действуют вдоль одной прямой и их векторная сумма равна нулю. Поэтому справа на левую часть стержня действует сила, направленная вправо вдоль стержня и равная по модулю F. Эта сила складывается из многих маленьких сил, действующих на отдельные атомы со стороны атомов правой части стержня (см. рис. 5 б). Каждая из этих сил направлена вдоль стержня. И их равнодействующая F направлена вдоль стержня, т. е. **перпендикулярно поперечному сечению**. Так что в силе взаимодействия частей стержня друг с другом по наклонному сечению S' имеются и нормальная составляющая F_n, и тангенциальная F_t. Больше о твёрдых телах мы говорить не будем.

4. *Чему равно давление в покоящейся жидкости постоянной плотности ρ на глубине h от поверхности?*

Решение. Традиционная ошибка учащихся состоит в том, что давлением в жидкости на глубине h от поверхности считают величину $p = \rho g h$ (где ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения), **забывая**, что *давление в жидкости создаётся не только самой жидкостью, но и атмосферным столбом над ней.* (Про силу, действующую на поршень, как на рис. 2, забывают значительно реже.) Но так

ли мал вклад в давление атмосферного столба над жидкостью? Конечно, он не всегда бывает над ней; иногда воздух над жидкостью специально откачивают.

Правильная формула для давления несжимаемой жидкости на глубине h от поверхности имеет вид

$$p(h) = p(0) + \rho g h = p_{\text{атм}} + \rho g h. \quad (1)$$

Здесь $\rho g h$ – это вклад жидкости в давление, но это – не давление внутри жидкости: в давление входит ещё и слагаемое $p_{\text{атм}}$. Если откачка воздуха над жидкостью не производилась, то на Земле **на уровне моря** вклад $p_{\text{атм}}$ будет колебаться (в зависимости от погодных условий) вокруг некоторого среднего значения, называемого нормальным атмосферным давлением p_0. Величина его равна давлению, которое создаёт слой ртути высотой $h_0 = 760$ мм. (**В Москве** среднее атмосферное давление равно 746 мм рт.ст.) С учётом значения ускорения свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2 и плотности ртути $\rho_{\text{рт}} = 13{,}6 \cdot 10^3$ кг/м^3 получаем

$$p_0 = \rho_{\text{рт}} g h_0 = 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}76 \approx \approx 1{,}01 \cdot 10^5 \text{ Па}. \quad (3)$$

Это – очень не маленькое давление. Вода легче ртути в 13,6 раза, поэтому чтобы создать такое давление с помощью воды, потребовался бы столб воды в 13,6 раза больший, чем 0,76 м, т. е. примерно 10,3 м. Представьте себе 10 кубометров воды массой 1 тонна каждый, поставленные один на другой в виде колонны. Вспоминается наблюдение Остапа Бендера: «*Вы знаете, Адам, новость – на каждого гражданина давит столб воздуха силой в двести четырнадцать кило*!» (И. Ильф, Е. Петров, «Золотой теленок»).

Когда мы имеем дело всего лишь с кружкой воды и толщиной слоя воды примерно 10 см = 0,1 м, то давление, создаваемое таким слоем, будет значительно меньше атмосферного, составляя приблизительно $0{,}01\, p_0$ (1% от давления, производимого атмосферным столбом). Результирующее давление в воде на глубине 10 см будет при этом равно не $1{,}01 \cdot 10^5$ Па, а $1{,}02 \cdot 10^5$ Па.

Так может быть, давлением воды надо пренебрегать, учитывая лишь давление атмосферы? Ни в коем случае! Впрочем, у школьников «с опытом» чаще возникает противоположная иллюзия – что можно не заботиться об атмосферном давлении. Как **неудачно** сформулировал один из учащихся: «*Это только **в теории** надо учитывать давление атмосферы: **на практике** оно не играет роли*». Разумеется, это совершенно не так. Дело в другом: как мы увидим далее, атмосферное давление просто иногда взаимно уничтожается в уравнениях задачи, – и именно поэтому не входит в ответы.

5. *Так ли просто статическое состояние жидкости? Куда закручивается воронка, которая образуется в воде, вытекающей через сливное отверстие в дне ванны?*

Решение. «При чём здесь воронка?», – спросит читатель. Запаситесь терпением.

То, что мы называем статическим состоянием жидкости, часто вовсе таковым не является. И в воде, и в воздухе всегда имеются циркулирующие потоки жидкости (газа), не видимые глазом. Иногда мы их, впрочем, ощущаем (например, сквозняк).

Автору запомнился пример из книги [2]. Есть серьёзная теория,

утверждающая, что в северном полушарии воронка, которая образуется в воде, вытекающей через сливное отверстие в дне ванны, всегда закручивается против часовой стрелки, а в южном – по часовой. Оказалось, однако, что для того чтобы проверить эту теорию, потребовался очень тщательно подготовленный эксперимент [3]. В частности, вода в ванне должна была постоять день-другой (не десять минут!), чтобы в ней затихли все вихри, возникшие, например, при наливании воды. Над водой не должно быть воздушных потоков и температуру в помещении необходимо поддерживать постоянной, так как воздушные потоки и изменения температуры могут создать движения в жидкости, которые будут маскировать действие так называемой кориолисовой силы, играющей центральную роль в упомянутой выше теории. Именно эффект от невидимых циркулирующих потоков в жидкости сильнее всего влияет на то, в какую сторону будет закручиваться воронка.

Проделайте **дома эксперимент**. Наполните ванну водой, откройте сливное отверстие, но перед этим один раз проведите рукой в воде по часовой стрелке. Затем дождитесь, когда образуется воронка. Как одна будет закручена? По часовой стрелке! А теперь повторите эксперимент, но проведите рукой против часовой стрелки. Воронка какого направления образуется в ванне в этот раз? Против часовой стрелки! Направление вращения воронки определяется начальным вихрем, созданным вашей рукой. Кто-то мог не видеть и не знать о том, что вы производили в воде некие движения рукой. По состоянию воды в ванне до образования воронки он мог и не догадаться, что в воде уже существовали вихри. Глазом они были невидимы.

Мораль: кажущаяся покоящейся жидкость почти никогда такой не бывает. В ней всегда существуют некие вихревые движения. Означает ли это, однако, что надо раз и навсегда перестать рассуждать о гидростатике и о её законах? Нет, не означает. Приближённо, но часто с очень хорошей точностью законы гидростатики работают и в этих условиях, – конечно, если потоки жидкости не становятся слишком интенсивными. Например, в стакане чая, который только что помешали ложечкой, законы гидростатики заведомо не будут «работать». К счастью, не двое суток.

В дальнейшем мы будем вовсе отвлекаться от каких-либо движений внутри жидкости, считая её просто покоящейся.

Теперь рассмотрим **задачи, максимально близкие к эксперименту, который предлагается проделать**.

6. *В стакане с водой плавает кусочек льда. Как изменится уровень в стакане, когда лёд растает?*

Решение. Обычно учащиеся дают следующее решение задачи (если дают правильное решение). Пусть $V_{л}$ – объём куска льда, $V_{в,\,обр}$ – объём воды, образовавшейся после таяния льда, $V_{в,\,выт}$ – объём подводной части первоначального куска льда (объем вытесненной воды). Ясно, что надо сравнить два объёма – $V_{в,\,обр}$ и $V_{в,\,выт}$. По закону сохранения масса воды, образовавшейся после таяния льда, равна массе исходного куска льда: $m_{в} = m_{л}$, поэтому имеем равенство

$$\rho_{в} V_{в,\,обр} = \rho_{л} V_{л}, \qquad (1)$$

где $\rho_{в}$ и $\rho_{л}$ – плотности воды и льда.

С другой стороны, условие плавания куска льда в воде есть равенство

силы Архимеда и силы тяжести, действующей на этот кусок,

$$\rho_в V_{в,выт} g = \rho_л V_л g, \qquad (2)$$

где g – ускорение свободного падения. Сравнение (1) и (2) немедленно даёт равенство объёмов: $V_{в,обр} = V_{в,выт}$. То есть образовавшаяся после таяния вода займёт в точности тот (такой же!) объём, который раньше занимала подводная часть льда. Соответственно, никакого повышения или понижения уровня воды в стакане не произойдёт.

Имеется и другое решение этой задачи, которое нам поможет в решении экспериментальной задачи. Вычислим давление воды вблизи дна стакана до и после таяния льда двумя способами. До таяния это давление равно, с одной стороны,

$$p = p_{атм} + \rho_в g h, \qquad (3\,а)$$

где h – высота водяного столба в стакане (часть льда находится над поверхностью воды, но это не имеет никакого значении), а с другой стороны, это давление может быть выражено через массу куска льда и массу m всей воды в стакане

$$p = p_{атм} + \frac{(m + m_л)g}{S}, \qquad (4\,а)$$

где S – площадь дна в стакане.

После таяния имеем аналогичные равенства:

$$p' = p_{атм} + \rho_в g h', \qquad (3\,б)$$

$$p' = p_{атм} + \frac{(m + m_в)g}{S}. \qquad (4\,б)$$

Поскольку суммарная масса воды и льда в стакане остаётся всё время неизменной, остаётся неизменным и давление вблизи дна стакана:

$$p' = p_{атм} + \frac{(m + m_в)g}{S} = p =$$

$$= p_{атм} + \frac{(m + m_л)g}{S}.$$

Тогда в силу (3 а) и (3 б) остаётся неизменным уровень воды в стакане

$$p' = p_{атм} + \rho_в g h' = p = p_{атм} + \rho_в g h, \qquad (5)$$

$$h' = h. \qquad (6)$$

Надеемся, что этот метод решения задачи поможет вам решить задачу, которая кажется значительно более сложной, хотя решается примерно так же легко.

7. *В стакане с водой плавает кусочек льда с вмороженной в него пробкой. Как изменится уровень воды в стакане, когда лёд растает и пробка начнёт плавать?*

Ответ. Не изменится. Докажите это самостоятельно.

Часть 2. Лабораторная работа: гидростатика, давление жидкости на разной глубине

Цель работы: изучение законов гидростатики

Оборудование: кусок пластилина, сосуд цилиндрической формы с водой (мерная кружка 0,5 л), линейка.

Задание. Определите плотность пластилина.

Как всегда, сначала учащимся предлагалось «помучиться» самостоятельно и предложить какой-нибудь свой способ определения плотности пластилина. Лишь затем предлагалось решение.

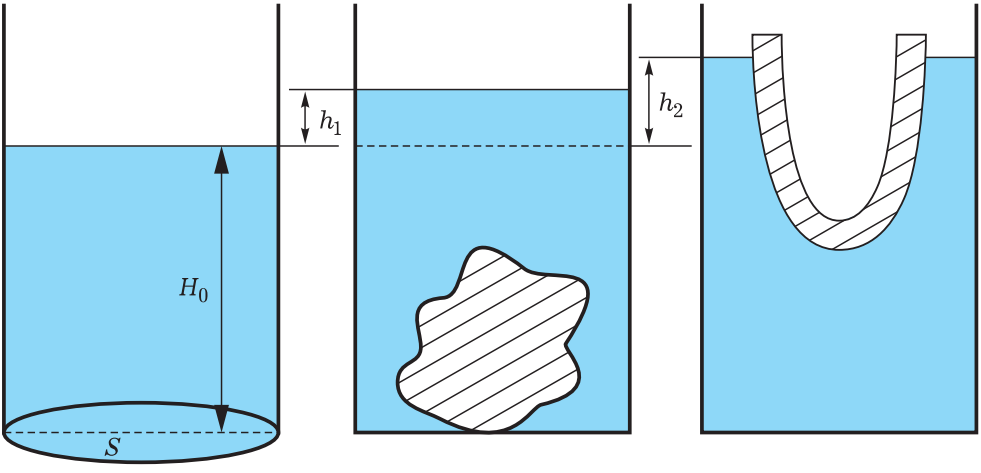
Решение задачи

1-й этап работы. Погружаем в сосуд с водой кусок пластилина и измеряем линейкой *изменение* уровня h_1 воды в сосуде (см. рис. 6, а – б).

2-й этап работы. Изготавливаем из пластилина «лодочку» *произвольной конструкции* и пускаем её плавать в сосуде с водой. Измеряем *изменение уровня* h_2 воды в этом случае (см. рис. 6 в). Плотность пластилина находим по формуле

$$\rho_{пл} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \rho_в , \qquad (*)$$

где $\rho_в = 10^3$ кг/м^3 – плотность воды.



а) *б)* *в)*

Рис. 6

Вывод формулы (*)

Масса куска пластилина связана с плотностью пластилина и высотой h_1 поднятия уровня воды, когда кусок просто бросили в воду (и он потонул (!); см. рис. 6 б)), соотношением

$$m_{пл} = \rho_{пл} \cdot V_{пл} = \rho_{пл} \cdot S \cdot h_1, \qquad (1)$$

где S – внутренняя площадь дна сосуда.

Давление вблизи дна сосуда в случае, когда в нём плавает лодочка (рис. 6 в)), можно вычислить двумя разными способами – либо по формуле:

$$p = p_{атм} + \rho_в \cdot g \cdot (H_0 + h_2) = \\ = p_{атм} + \rho_в \cdot g \cdot H_0 + \rho_в \cdot g \cdot h_2, \qquad (2)$$

где H_0 – высота уровня воды в сосуде в первоначальном состоянии, $\rho_в$ – плотность воды, либо:

$$p = p_{атм} + \frac{(m + m_{пл})g}{S} = \\ = p_{атм} + \frac{m \cdot g}{S} + \frac{m_{пл} g}{S}, \qquad (3)$$

где m – масса воды в сосуде, которая равна

$$m = \rho_в \cdot S \cdot H_0 . \qquad (4)$$

С учётом соотношений (1) и (4) формула (3) даёт

$$p = p_{атм} + \frac{\rho_в \cdot S \cdot H_0 \cdot g}{S} + \frac{\rho_{пл} \cdot S \cdot h_1 \cdot g}{S},$$

или

$$p = p_{атм} + \rho_в \cdot g \cdot H_0 + \rho_{пл} \cdot g \cdot h_1 . \qquad (5)$$

Сравнивая формулы (2) и (5), получаем соотношение между плотностями воды ρ, пластилина $\rho_{пл}$ и высотами поднятия воды h_1 и h_2:

$$\rho_в \cdot h_2 = \rho_{пл} \cdot h_1 ,$$

откуда окончательно получаем

$$\rho_{пл} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \rho_в . \qquad (*)$$

Рекомендации к выполняющим работу

1. Возьмите не слишком маленькое количество пластилина, чтобы были заметны и поддавались лёгкому измерению изменения уровней воды в сосуде h_1 и h_2.

2. Не следует опускать деревянную линейку в воду. Прислоните ее к наружной стенке сосуда.

3. Контролируйте вертикальность линейки (например, с помощью треугольника или другой линейки).

4. Не забудьте, что «нуль» шкалы линейки вряд ли совпадает с краем линейки. Измерьте другой линейкой, на сколько «нуль» отстоит от края линейки.

5. Подумайте: производя измерения высот H_0, $H_0 + h_1$ и $H_0 + h_2$ снаружи сосуда, нужно ли учитывать конечную толщину дна сосуда? Почему она оказывается не важна?

6. При измерении высоты h_1 кусок пластилина должен быть полностью погружён в воду.

7. Подумайте, почему не надо заботиться о конкретной форме «лодочки».

Пример измерений

Измерения линейкой дают: $H_0 \approx 5{,}5$ см; диаметр кружки был порядка 8 см (но эта величина не войдёт в ответ). При измерениях линейкой снаружи сосуда высота H_0 включает в себя и толщину дна сосуда.

$H_0 + h_1 \approx 5{,}8$ см, т. е. $h_1 \approx 0{,}3$ см $= 3$ мм;

$H_0 + h_2 \approx 5{,}9$ см, т. е. $h_2 \approx 0{,}4$ см $= 4$ мм.

Таким образом,

$$\rho_{пл} \approx \frac{4}{3}\rho_в \approx 1{,}3\rho_в = 1{,}3 \text{ г/см}^3 = 1300 \text{ кг/м}^3.$$

Это совпадает с данными из Интернета о плотности пластилина ($1{,}2 - 1{,}3$ г/см^3).

При использовании литрового сосуда, площадь основания которого значительно больше, погрешность измерений больше:

$H_0 = 3{,}2$ см; $H_0 + h_1 = 3{,}3$ см, т. е. $h_1 = 0{,}1$ см $= 1$ мм; $H_0 + h_2 = 3{,}4$ см, т. е. $h_2 = 0{,}2$ см $= 2$ мм. Так что $\rho_{пл} = 2\rho_в =$ $= 2$ г/см^3 $= 2000$ кг/м^3.

При сдаче лабораторной работы обсуждались вопросы

1. Почему «лодочку» в лабораторной работе можно было делать любой формы?

2. Изменится ли уровень воды в стакане, если зачерпнуть немного воды из стакана и перелить в «лодочку» (но так, чтобы она ещё не тонула)?

3. Как зависит точность измерений от площади основания сосуда?

К вопросу о точности измерений имеет прямое отношение следующая задача.

4. Историки рассказывают, что царь Сиракуз Гиерон заказал ювелиру сделать корону из чистого золота, для чего выдал ему 1 кг золота. Ювелир выполнил заказ, изготовив корону массой ровно 1 кг. Однако царь заподозрил ювелира в том, что тот мог подменить часть золота точно таким же по массе количеством серебра. Царь поручил Архимеду (287 до н. э. – 212 до н. э.) разобраться, был ли обман со стороны ювелира или нет. Предположим, что ювелир подменил 100 г золота в короне таким же количеством серебра. Мог ли Архимед решить задачу царя о короне из одних лишь соображений о разных объёмах двух кусков одинакового веса – чистого золота и с примесью серебра, поочерёдно погружая в сосуд с водой корону и кусок чистого

золота (для проведения измерений царь выдал Архимеду ещё один кусок золота массой 1 кг)? Какой будет разность уровней в сосуде в этих двух случаях? Плотность золота – 19,3 г/см^3, плотность серебра – 10,5 г/см^3. Диаметр сосуда принять равным 20 см. Могли бы вы отличить на глаз такую разность уровней?

Ответ. Разность высот будет порядка 0,1 мм, что вряд ли поддаётся измерению на глаз.

5. Как мог помочь Архимеду открытый им закон о выталкивающей силе? Сколько «потеряют в весе» корона и кусок чистого золота (оба массой 1 кг) при поочерёдном погружении их в воду?

Литература

1. Всероссийские олимпиады по физике. 1992 – 2001: Под ред. *С.М. Козела и В.П. Слободянина*. – М.: «Вербум-М», 2002. – 392 с.; см. задачу Экспериментального тура 9.3 на стр. 282.

2. *Уокер Дж.* Физический фейерверк: – 2-е изд. – М.: Мир, 1988, 298 с.; см. задачу 4.67 на стр. 97 и её решение на стр. 215 – 216.

3. *Shapiro A.* «Bathtub Vortex», Nature, **196**, 1080 (1963).

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Российские ученые создали уникальный хранитель информации

В наши дни ежедневно создается огромное количество информации, и самую важную часть этих данных – научные открытия, исторические факты, книги, фильмы и многое другое - человечеству важно сохранить на долгие века. Однако современные электронные накопители информации, среди которых cd-диски и флеш-карты, не в состоянии существовать долгое время.

Срок хранения данных на дисках составляет порядка 10-20 лет, флеш-карты тоже не отличаются долговечностью. Кроме того, такие информационные накопители довольно хрупкие и при любом внешнем воздействии могут легко разрушиться. Однако ученые из России придумали новый, революционный способ сохранения информации на долгие века. Наши специалисты из РХТУ имени Менделеева по заказу Фонда перспективных исследований создали уникальные кварцевые мини-диски, каждый из которых в состоянии хранить около 1 террабайта информации.

Отличительной особенностью таких дисков является то, что информация записывается специальным лазером слоями фактически внутрь самого носителя, а не на его поверхность. Это гарантирует защиту данных и их долгую сохранность. Главным преимуществом кварцевых дисков является то, что они легко переносят внешнее воздействие и остаются невредимыми. Например, такой носитель информации легко переживет пожар или даже воздействие электромагнитного излучения. В итоге, такие диски, по планам ученых, будут храниться более сотни лет. При этом на одном кварцевом микро-диске можно будет записать более 200 тысяч текстовых файлов и архивных документов или более 500 кинолент. Таким образом, это позволит человечеству надежно сохранить все накопленные важные данные для будущих поколений