

В.Ф. Шаталов

ФИЗИКА НА ВСЮ ЖИЗНЬ

Москва • 2003

УДК 371. 32
ББК 74. 202. 4
Ш 28

В.Ф. Шаталов. Физика на всю жизнь. — М., ГУП ЦРП «Москва — Санкт-Петербург», 2003, 52 с.

Методические материалы предназначены для учеников, учителей и родителей, а также студентов педагогических вузов.

© В.Ф. Шаталов, 2003

© ГУП ЦРП «Москва — Санкт-Петербург», 2003

Введение

Из всех учебных предметов школьного курса физику следует признавать самым сложным во все годы работы школы, и сложность эта видится уже в одном только перечне разделов, предусмотренных обязательным учебным планом, не говоря о лоскутной разрозненности глав с неохватным объемом задачного материала. А сверх того — сотни практических обобщений, лабораторных работ с зоной переноса на астрономию, математику, химию, биологию и географию с ни с чем не сопоставимой ответственностью давать ответы на тысячи вопросов каждодневной практики.

Первые активные действия в приобщении и учителей, и ребят к обоснованно надежному усвоению физики в масштабе всей страны следует отнести к 1978 — 79 гг., когда вышли из печати опорные сигналы по физике 6 и 7 классов, не получившие, кстати сказать, ни одного негативного отклика со стороны многочисленных недоброжелателей за последующие четверть века, и нет вины сотрудников Донецкой лаборатории проблем интенсивного обучения АПН СССР в том, что не увидели света книги для старших классов.

А жизнь в последующие годы, вопреки чаяниям новоявленных реформаторов, раскручивалась по лихому детективному сюжету, одной из жертв которого стала физика. За резким сокращением количества учебных часов последовало усечение программ и выхолащивание сложности задачного материала до уровня усредненного примитива, после чего физику исключили из числа профилирующих предметов и отстранили от вступительных экзаменов во многих высших учебных заведениях, включая даже технические.

Неумолимое следствие в форме снижения научного потенциала страны придет не вдруг, но оно неизбежно, и это во всей полноте ощущают сейчас те учителя, которые прошли через многотысячные семинары по физике при Донецкой лаборатории, а вместе с ними и их молодые коллеги, которым они еще могут передать свой опыт, сохранив физику в школе и в вузе как основополагающий учебный предмет.

Практика же многочисленных семинаров, проведенных в последние годы в России и в Украине, рельефно раскрыла огромные возможности родителей в работе с ребятами средних и старших клас-

сов при наличии листов с опорными сигналами с развернутыми текстами по этим листам. В прошлых изданиях таких пособий, созданных для участников семинаров, можно было ограничиться одними только дешифровками к элементам сигналов, оставляя единосвязанный рассказ учителю. В новых условиях жизни современной школы резко возросла роль семьи, и действенную помощь школьнику может оказать только тот родитель, который после чтения текста сможет провести доброжелательную и обоснованную коррекцию устного ответа ученика. Это имеет тем большее значение в регионах, осваивающих переход на многобалльную систему оценки знаний, когда за каждой оплошностью, оговоркой или неточностью следует снижение показателя на многоступенчатой террасе в 10 и даже в 12 баллов. Иного пути к познанию достоверности оценок, получаемых школьником, у родителей просто нет, а уровень конфликтов между семьей и школой в этой его составляющей возрос многократно. Более того, по наблюдениям учителей младших, средних и старших классов, сразу после внедрения многобалльных систем происходит девальвация оценок в сознании учащихся и исчезает стремление к высокой результативности учебного труда. 12 баллов становятся практически недостижимыми, а захлестнувшее школы усредненное отношение школьников к своим успехам приобретает черты национальной трагедии.

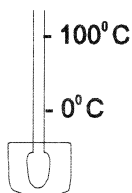
Работа с опорными сигналами создает устойчивую уверенность в глубине и обширности своих знаний, значительно выходящих за пределы школьных программ, исключает случайные оценки, но более всего нацеливает на поисковую и творческую работу на всех возрастных этапах изучения физики. Предпосылки к тому — значительное сокращение времени изучения учебного предмета, возможность начинать работу в любом классе, устойчивая уверенность в знаниях, обоснованная строгой системой контроля, взаимоконтроля и самоконтроля. Профессиональному педагогу представится несколько непривычной компоновка разделов первой брошюры, но 12 листов с опорными сигналами, охватывая разделы 7-го, 8-го и 9-го классов, создают базовую основу для перехода к изучению всего курса физики, что было неопровержимо доказано полувековым опытом работы экспериментальных классов и успехами учеников автора, защитив-

ших более 70 кандидатских и докторских диссертаций, о чем будет обстоятельно рассказано в следующей книге.

Технология учебного процесса, основанного на использовании листов с опорными сигналами, многократно описана в десятках книг, изданных за последние годы, и ни для кого не составит большого труда приобрести эти книги в издательстве «Москва — С.-Петербург».

Стакан ? Г Т Х → Термометры!
Книга

1. Масло 300°C
2. Пар (?) кипящей воды $+100^{\circ}\text{C}$
3. Тающий лед 0°C



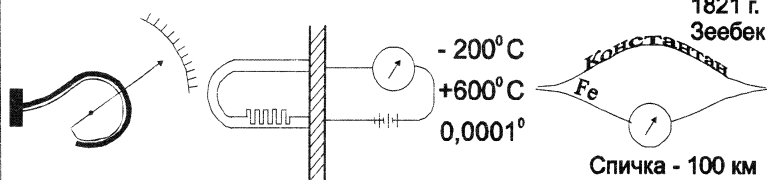
Ртуть

$+357^{\circ}$
 -39°

К
З

$+78^{\circ}$
 -114°

Спирт



Металлический Электрический Термoeлектрический



Не растворяется O_2

Но - анабиоз $+26^{\circ}$

Вдохи 16-4 Пульс - 70-25 Мозг! $5' - 20'$

Смерть!

Узкий капал Мах!

$0,1^{\circ}$

ТЕРМОМЕТРЫ

На безобидно простой вопрос: «Можно ли с помощью наших чувственных ощущений судить о степени нагретости тела?» следует всегда и только однозначный ответ: «Можно!» И тогда к щекам ближайшего ученика прикладываются одновременно стеклянный стакан и книга. «Что холоднее?» «Стакан!» «Но ведь они давно уже находятся в одной и той же комнате, и степень нагретости их должна быть абсолютно одинакова!»

Еще более разителен опыт, когда, подержав некоторое время руки в двух сосудах — с горячей и холодной водой, их одновременно опускают в сосуд с теплой водой. И вот уж воистину — не знаешь, какой руке верить: одной тепло, а другой холодно. Вывод: для измерения степени нагретости тела нужны термометры.

В жидкостных термометрах чаще всего используется ртуть и спирт. Все дело в том, что спирт закипает при $+78^{\circ}$, и для измерения более высоких температур он непригоден, зато замерзает он при -114° , и его можно брать с собой даже в Антарктиду, а у ртути все наоборот. При -39° она становится твердой, а кипеть начинает только при $+357^{\circ}$. Выбор очевиден.

При изготовлении ртутного термометра резервуар погружают сначала в кипящее масло с температурой до 300° и не мешают ртуть, расширившейся до предела, частично вылиться из трубки, после чего трубку запаивают и резервуар помещают в пары кипящей воды. Именно в пары, а не в воду. Вода из-за примесей может иметь температуру кипения более $+100^{\circ}$. Так на шкале появляется штрих $+100^{\circ}$. Нижний штрих 0° — это температура тающего льда. Такую градуировку предложил Цельсий и потому часто пишут 38°C . О градуировках по Кельвину, Реомюру и др. разговор еще предстоит.

Предельно прост металлический термометр, в котором используется биметаллическая пластинка. Один металл при нагревании расширяется больше, другой меньше, и это сразу же регистрируется стрелкой. Вот только точность этого термометра оставляет желать лучшего.

Закрытая кожухом спиралька подключена к батарейке, и при малейших изменениях температуры ток в цепи изменяется. Это электрический термометр. Он может работать в пределах от -200° до

+600° с точностью измерения до 0,0001°. И все же самым чувствительным является термоэлектрический термометр, состоящий из двух металлических пластин, соединенных без помощи третьего металла. При малейшем изменении температуры в одной из точек соединения стрелка прибора отклоняется. Точность его такова, что он может фиксировать пламя спички на расстоянии 100 км. Контакт металлов астрономы помещают в фокус телескопа для определения температуры небесного тела.

Особое внимание медицинскому термометру.

Высшая точка на шкале +42°. При этой температуре кислород уже не растворяется в крови и человек погибает, как при удушье.

Нижний предел +34°. Самопроизвольное падение температуры ниже этой отметки свидетельствует о смерти. При проведении операций иногда понижают температуру до +26°, и организм человека погружается в анабиоз. Жизненные процессы при этом замедляются. Вместо 16 вдохов в минуту человек делает только 4, а пульс падает от 70 до 25 ударов в минуту. Опирируя больного в таком состоянии, хирург может отключать сердце на 20 минут, тогда как в обычном состоянии без поступления кислорода в коре головного мозга через 5 минут начинаются необратимые процессы, и человек после операции, даже оставшись живым, становится психически ненормальным.

В состоянии анабиоза в течение всей зимы находятся медведи, барсуки, змеи и многие другие представители животного мира.

Третьей особенностью медицинского термометра является наличие очень узкого канала между резервуаром и трубкой. Нагреваясь, ртуть расширяется, и силы расширения огромны. Они проталкивают ртуть по каналу. Возвратиться обратно под действием собственного веса ртуть не может, и столбик замирает на предельной температуре. Это максимальный термометр.

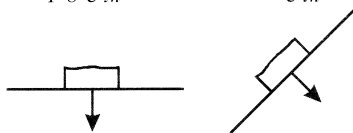
И последнее: каждая десятая доля градуса — свидетельство борьбы организма с болезнью, и она регистрируется медицинским термометром.



Давление

$$P = \frac{600 \frac{H}{C.M^2} + 40 \frac{H}{C.M^2}}{16 C.M^2} = 40 \frac{H}{C.M^2}$$

$$P = \frac{F_{H.D.}}{S}$$



Лыжи

Танк

Фундамент

МГУ

С-Х

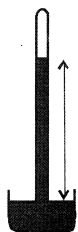
Оса

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\rho g V}{S} = \rho g h$$

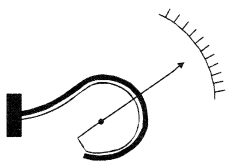
$$1 \frac{H}{M^2} = 1 Па$$

76 см

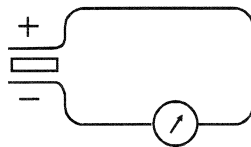
$$1 ат = 9,8 \frac{H}{C.M^2}$$



Жидкостный



металлический пьезо-



Кюри

Шиловский

Ланжевэн

ДАВЛЕНИЕ

Площадь опоры одной ножки стула чаще всего равна 4 см^2 , и если на стуле сидит человек весом в 64 кг , то на каждый квадратный сантиметр приходится 4 кг или 40 Н . Давление — это сила, действующая на каждый квадратный сантиметр площади опоры при условии перпендикулярности к этой площади.

Из формулы следует, что с увеличением площади опоры давление уменьшается. Вот поэтому на лыжах можно ходить по глубокому снегу, а танк при его широких гусеницах производит давление на грунт немногим более, чем человек при ходьбе. Фундаменты зданий, имея большую площадь опоры, предохраняют строения от оседания в грунт. При строительстве МГУ вырыли котлован, из которого было взято такое весовое количество грунта, которое затем компенсировала сила тяжести самого здания. Ободья колес сельскохозяйственных машин такие широкие, что не увязают даже на влажной почве.

Расчет давления жидкостей удобнее проводить по формуле

$p = \rho gh$. Основной единицей давления является $1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$, од-

нако же не менее важна 1 атмосфера — давление, создаваемое столбиком ртути высотой 76 см . $1 \text{ ат} = 101\,325 \text{ Па}$. Можно иначе:


$$1 \text{ ат} = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

Жидкостный манометр прост и точен. Малейшее давление в одном из колен трубки сразу же отразится на изменении уровня жидкости в другом, но он не рассчитан на большие давления и малоудобен в работе. Упругая трубка металлического манометра при повышении давления в ней стремится разогнуться, и это фиксирует чувствительная стрелка.

Явление пьезоэлектричества, когда на кристалле при небольших давлениях появляются электрические заряды, было открыто Ж.Кюри (братом Пьера Кюри).

Русский политический эмигрант Шиловский, проживавший в период первой мировой войны во Франции, предложил французскому военному ведомству использовать это явление для обнаружения немецких подводных лодок, наводивших ужас на флоты Англии и Франции. Конструкцию прибора осуществил Ланжевен.

Демокрит + Левкипп $\xrightarrow{2500}$ Эпикур \rightarrow Лукреций

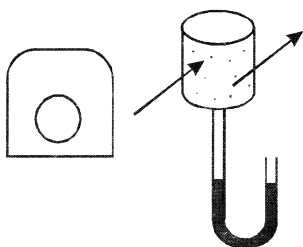
1626  $27 \cdot 10^{18}$ Лошмидт

100 000 000 шт/с - 9 000 лет

МВЛ сахар, дым, листья

1827 Броун (музей) Перрен: хаос!

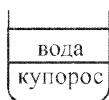
Только МКТ!



Промежутки:

нагревание
спирт + вода
яблоки + пшено

Диффузия:



вода	P_6	20 ⁰
купорос	Au	5лет
		1 мм



$V = 1 \text{ мм}^3$
 $S = 0,5 \text{ м}^2$

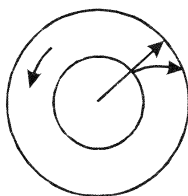
$$h = \frac{V}{S} = \frac{0,001}{5000} = 2 \cdot 10^{-7}$$

$$m = \frac{0,00009}{27 \cdot 10^{18}} = 3,3 \cdot 10^{-24}$$

Притяжение:

резина
ртуть
вода
 P_6

Плитки Иогансона
Семенов



Штерн 1920
 $N = 450 \text{ м/с}$
 $H_2 = 1700 \text{ м/с}$

1) Все тела природы...

2) $\leftarrow F \rightarrow \leftarrow F \rightarrow$

3) $E_{\text{ср}}$ определяет t^0

4) не зависит от агрегатного состоян.

0⁰ вода 100⁰
пар

2500 лет назад два древнегреческих ученых высказали невероятную для того времени мысль о том, что каждое вещество состоит из невидимых мельчайших частиц. Эти взгляды Демокрита и Левкиппа могли бы и не получить широкого научного распространения, если бы их не укрепил и не развил древнеримский ученый Эпикур. Но самая невероятная удача состояла в другом: талантливый поэт Лукреций Кар, проникнувшись идеей о молекулярном строении веществ, написал поэму «О природе вещей» и в поэтической форме изложил содержание новой теории, которая стала достоянием миллионов и распространилась по всему миру. Так-то оно так, да только всполошились церковники. Расчеты показывают, что в 1 см^3 газа при нормальных условиях содержится 27 квинтиллионов молекул, и число это столь огромно, что, извлекая по 100 000 000 молекул в секунду, кубик можно освободить только за 9000 лет, а поскольку молекулы самостоятельны, то и создавать их нужно было поштучно. Никакие даже самые сверхъестественные силы справиться с такой задачей не в состоянии, а потому в 1626 году парижский парламент под страхом смертной казни запретил пропаганду учения о молекулярном строении вещества: разрушались религиозные представления о сотворении мира.

Талантливо и доказательно поддерживал молекулярную теорию М.В.Ломоносов. Его примеры о пылинке сахара, сохраняющей свойства вещества и еще большем дроблении в растворе, оседании на большой площади при выпаривании, о спрессованном дыме, о нераспознаваемом на большом расстоянии движении листьев в лесном массиве — блестящие образцы доказательства существования молекул.

Поучительна и история с английским ботаником Броуном. В поле зрения его микроскопа попала частица твердого вещества и — невероятно! — непрерывно двигалась. Он устранил вибрации, температурные колебания, помехи микроорганизмов, а частица двигалась. Чтобы исключить мысль о наличии в ней жизненных сил, Броун взял в археологическом музее кусочек камня, привезенного из Древнего Египта, и, получив от него пылинку, повторил опыт. Пылинка из давно уже вымершей цивилизации двигалась. Вывод бесспорен: ее приводят в движение миллиарды невидимых, но подвижных молекул. Это произошло в 1827 году. Несколько позже Перрен доказал, что движение это хаотично.

О наличии промежутков между молекулами свидетельствует расширение тел при нагревании. Если бы таких промежутков не было, то осталось бы сделать вывод, что промежутки существуют внутри самих молекул!

Еще более обескураживает факт, что при смешивании спирта и воды объем смеси оказывается меньше суммы объемов взятых жидкостей, это похоже на просыпание зерен пшена в промежутки между яблоками.

Перемещаясь, молекулы одного вещества неизбежно проникают в промежутки между молекулами другого вещества. Это явление называют ДИФФУЗИЕЙ.

За день-два смешиваются раствор медного купороса, налитого на дно, и воды, первоначально располагавшейся над ним. За 5 лет, находясь при температуре 20°, взаимно проникают своими молекулами друг в друга пластики золота и свинца. Глубина проникновения 1 мм.

О наличии сил взаимного притяжения между молекулами можно судить и по резиновому жгуту, и по слиянию двух капелек ртути, и по разрыву воды при отрывании от ее поверхности пластинки стекла. И все же наиболее наглядно притягиваются друг к другу очищенные от окиси свинцовые столбики, к которым ребята присоединяют до 2 кг гири!

Свинец мягок, пластичен, и при сжатии образуется огромное количество контактных точек. У твердых тел таких точек очень мало. Но вот шведский промышленник Иогансон получил патент на пластинки, отшлифованные так, что между ними тоже возникали значительные силы молекулярного сцепления. Сам процесс шлифовки хранился в секрете, а пластинки стали служить инструментами точности. Их продавали на вес золота. Мастер-инструментальщик Семенов раскрыл секрет плиток.

Основные выводы из молекулярно-кинетической теории:

1. Все тела природы состоят из огромного количества атомов и молекул.

2. Между молекулами действуют силы притяжения и силы взаимного отталкивания.

3. Средняя кинетическая энергия молекул определяет температуру тела.

4. $E_x^{\text{ср}}$ не зависит от агрегатного состояния. Она одинакова у воды и у льда при 0° и у воды и у пара при 100°.

Отвергая М-К теорию, лженаука выдвигала свои лжетеории, и в борьбе с ними истину можно было познать только на таких явлениях, которые не могли объяснить эти лжетеории, в то время как М-К теория давала им объяснения.

Вот два из таких явлений.

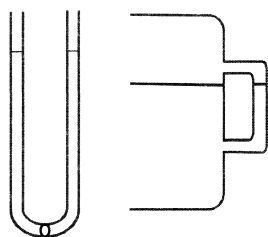
Под колокол воздушного насоса помещается слегка надутый праздничный шарик. По мере выкачивания воздуха из-под колокола шарик увеличивается в объеме. Причина проста: бомбардировка стенок шарика изнутри сохраняется, а снаружи уменьшается. Никакие другие теории объяснить этого не могли.

Пористый глиняный цилиндр соединен с манометром. Стоит только накрыть цилиндр стаканом с водородом, как давление в левой части трубки возрастает, а спустя немного времени, возвращается к исходному. Если же после этого убрать стакан с водородом, то давление в левой части трубки сначала уменьшается, а потом снова таки возвращается к исходному. Для всех иных теорий этот факт являлся необъяснимой загадкой. С точки же зрения М-К теории все просто. В результате диффузии быстрые молекулы водорода (1700 м/с) проникают в поры глиняного сосуда, а медленные молекулы воздуха (500 м/с) выйти не успевают. Происходит временное «перенаселение», и давление возрастает. В отсутствие стакана с водородом молекулы водорода значительно быстрее вылетают из сосуда, а молекулам воздуха требуется время, чтобы заполнить сосуд. Давление падает, а потом выравнивается.

Если на поверхность горячей воды капнуть 1 мм^3 оливкового масла, то оно образует пятно площадью в $0,5 \text{ м}^2$. Но пятно — цилиндр и, зная его объем и площадь основания, можно вычислить высоту: $0,001: 5000 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ (см)}$. Если бы молекулы в цилиндре располагались в один слой, то и тогда можно представить диаметр одной молекулы, на деле же в высоте цилиндра укладывается 20 слоев молекул с диаметром по 10^{-8} мм каждая.

В 1920 г. Штерн провел классический опыт по определению скорости молекул. Раскаленная платиновая проволока располагалась осью внутри двух цилиндров. Сквозь щель внутреннего цилиндра молекулы платины пролетали и оседали на стенке внешнего цилиндра. При вращении цилиндров молекулы оседали чуть правее. По расстоянию между цилиндрами и времени оборота находят скорость молекул платины.

Сообщающиеся сосуды



Водомерное стекло

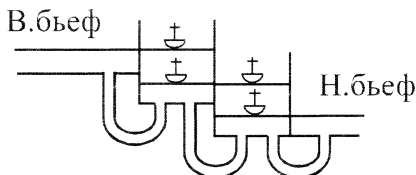
Разливка стали в изложницы

$$P_d = P_n$$

$$\rho g H_d = \rho g H_n$$

$$H_d = H_n$$

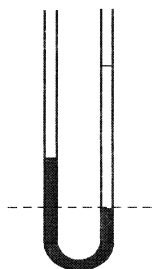
Система в равновесии



Дорого! Долго!

~~Судоподъемник~~

~~Судовоз~~



$$P_{pt} = P_m$$

$$\rho_{рт} g H_{рт} = \rho_m g H_m$$

$$\frac{H_m}{H_{рт}} = \frac{\rho_{рт}}{\rho_m}$$

~~Водонапорные башни~~

~~Принудительная подача воды~~

~~Спарки!~~

~~Артуа...~~

Высоты столбов разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах обратно пропорциональны их плотностям.

СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

Сосуды, имеющие между собой сообщение, заполняющиеся жидкостью. В перевернутом виде трубка не может называться так — сообщение не заполняется жидкостью. Во всех расчетах и задачах ключевым положением является равенство давлений левого и правого столбов жидкостей.

Если жидкость однородная, то без зависимости от диаметров трубок столбики жидкости будут одинаковы. Если же налиты две разные жидкости, то нейтральной полосой отсекается однородная жидкость по ее нижнему уровню и составляется равенство для разнородных жидкостей. Из него следует, что высоты столбов разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах обратно пропорциональны их плотностям. Но если даже в сосуды будут налиты три и более жидкости, то задачи такого рода решаются предельно просто. Составляется равенство сумм давлений жидкостей в разных трубках, которые находятся над нейтральной полосой.

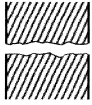
Водомерное стекло — обязательный прибор во всех котельных. Трубка с таким стеклом верхним своим отверстием соединена с паром, нижняя — с жидкостью. На стекле всегда имеется аварийная красная полоса.

Строительство и обеспечение работы шлюзов очень дорого, а само шлюзование в период активной навигации тянется очень долго: у нижнего бьефа скапливаются баржи и теплоходы, а у верхнего бьефа еще и плоты. Вместо шлюзов группа конструкторов Ленинградской области предложила СУДОПОДЪЕМНИК, работающий по принципу лифта. Но сезонное изменение уровней воды в реке требовало наличия шлюзов у верхнего и у нижнего бьефов. Техническая сложность этого процесса была преодолена с помощью СУДОВОЗА, впервые примененного на Красноярской ГЭС.

На металлургических заводах сталь из мартеновских печей сливают в огромные ковши, вмещающие до 200 т стали, из ковшей ее разливают по ИЗЛОЖНИЦАМ, соединенным между собой керамическими трубками. Образуется система сообщающихся сосудов и изложницы заполняются одновременно.

На законе сообщающихся сосудов действуют и артезианские колодцы, впервые появившиеся во Франции в провинции Артуа.

Трибометр



$F_{\text{тяж}}$

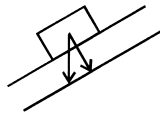
$F_{\text{тр}}$

Материал
Состояние
поверхности
Смазка

Мало зависит от S

Подталкиваем: равномерно

$$F_{\text{тр}} = P_{\text{ст}}$$



$$F_{\text{тр. покоя}} > F_{\text{тр. скольжения}}$$

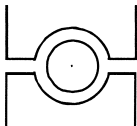
$$F_{\text{тр. качения}} = 1/25 F_{\text{тр. ск.}}$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{F_{\text{н. д.}}}$$

$$\mu = \frac{\alpha}{g}$$



Шарикоподш. $D = 2 \text{ м}$



Подшипник



Москва
Минск

Песок
Бутсы
Шипы



Смазка (под давлением)
Шлифовка
Баббит
Магнитные подвески
800 000 об/с



1851 Николай I, Клейнмихель, городовые

ТРЕНИЕ

Сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого и препятствующая движению, — это трение. Причина возникновения его — шероховатость поверхностей, какими бы глянцевыми-гладкими они ни ощущались.

Измеряют силу трения с помощью ТРИБОМЕТРА. Для этого в чашечку осторожно подсыпают песок и слегка подталкивают брусок, добиваясь равномерности движения. Если не подталкивать, то сила тяжести чашечки с песком преодолет силу трения покоя, а она — больше силы трения скольжения, которую мы измеряем, и потому брусок станет двигаться с нарастающей скоростью.

Опытным путем было установлено, что сила трения зависит от силы тяжести тела, материалов трущихся поверхностей, состояния поверхностей, наличия смазки, при которой становится меньше сцеплений между шероховатостями и — это очень важно — мало зависит от площади соприкосновения поверхностей.

Это и понятно: чем больше площадь, тем меньше давление и силы сцепления.

Если тело движется по наклонной плоскости, вместо силы тяжести берут только ту ее часть, которая действует перпендикулярно наклонной плоскости — силу нормального (перпендикулярного) давления.

Отношение силы трения к силе нормального давления называется коэффициентом трения. Вообще говоря, коэффициент трения — величина табличная, он зависит от столь многих причин, что чаще всего в задачи его вводят в готовом виде. Заменяв в формуле силу тяжести на mg , а силу трения на ma , сократив на m , получим еще одну формулу коэффициента трения.

Сила трения покоя несколько больше силы трения скольжения, сила трения качения в 25 раз меньше силы трения скольжения, в чем легко убедиться по поведению карандаша на наклонной плоскости в двух положениях.

До революции Россия ввозила шарикоподшипники из-за границы, но теперь первый и второй московские и минский шарикоподшипниковые заводы полностью обеспечивают промышленность. Самые

большие шарикоподшипники имеют диаметр до двух метров, а самых маленьких в спичечный коробок входит 5000 штук.

У подшипников шариков нет. У них ось расположена в баббитовых бусах, наполненных маслом.

Роль трения в жизни разнозначна. Песком и солью посыпают дорожки при гололедах. Ботинки альпинистов имеют острые шипы. Просто шипы — на бутсах футболистов.

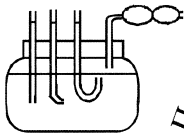
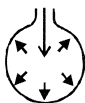
«18 августа 1851 года император Николай I совершал первую поездку из Петербурга в Москву по только что проложенной железной дороге. Императорский поезд был готов к отправлению в 4 часа утра. Начальник строительства генерал Клейнмихель, чтобы подчеркнуть особую торжественность события, приказал первую версту железнодорожного пути покрасить белой масляной краской. Это было красиво и подчеркивало то обстоятельство, что императорский поезд первым пройдет по нетронутой белизне уходящих вдаль рельсов. Однако Клейнмихель забыл о коэффициенте сцепления и смазочном действии масляной краски. Пароход (так тогда называли паровоз) беспомощно буксовал на месте. Жандармы, подобрав полы шинелей, бежали эту версту перед поездом и посыпали песком покрашенные рельсы.» (Наука и человечество. М., 1966 г., с. 362).

«Весьма малое трение в гидростатических подшипниках, в которых трущиеся поверхности разделены слоем смазки, нагнетаемой в зазор под давлением. В быстроходных машинах внедряются опоры, где роль смазки выполняет струя воздуха — трущиеся детали разделены воздушной прослойкой; в этих случаях коэффициент достигает ничтожно малых значений. Магнитные подвесы, применяемые в специальных машинах, позволяют осуществлять движение деталей с угловой скоростью 800 000 об/сек — практически без внешнего трения» (там же, с. 354).

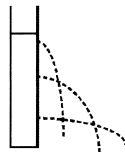
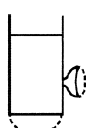
Блез Паскаль

19 → 31+7 лет

“Трагедия Паскаля”

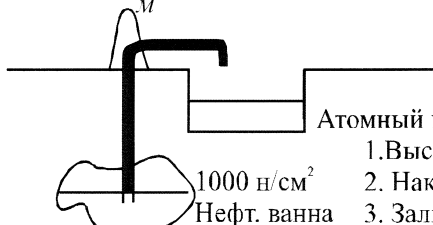


Передающие среды!



$$P = \rho g H = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5 \text{ м} = 50000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$F = pS = 50000 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 3 \text{ м}^2 = 150000 \text{ Н}$$



Атомный взрыв

1. Высосать

2. Накачать воздух

3. Залить водой

1000 н/см²

Нефт. ванна

Скафандры

Мягкий - 100 м

Жесткий - 300 м

Батисфера - 1000 м

Глубокий шар

Батискаф

корабль

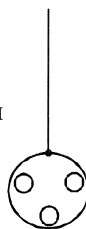
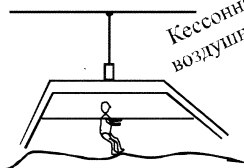
проф. Огюст Пикар “Триест”

Жак- Марианский желоб

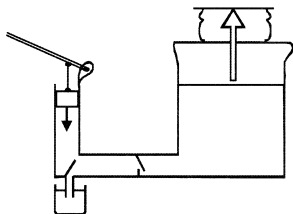
11 км -30'

Кессонная болезнь:
воздушные тромбы в крови

Ж. Кусто



“Трепшер”, “Скорпион”, “Комсомолец”, “Курск”



$$P_1 = P_2 \quad (\text{Закон П.})$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Масло:

- трение

- коррозия

- не сжимается!

ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Струя воздуха раздувает резиновую пленку, и уже одна только форма шара говорит о том, что давление изнутри в любом месте одинаково. Пожарный шланг наполнен водой и струйки воды из любого отверстия шланга вытекают под одним напором. Эту особенность жидкостей и газов впервые подметил Блез Паскаль. Опыт, который давно уже проводят на уроках физики, Паскаль не делал. Если с помощью резиновой груши накачивать воздух в сосуд с водой, то каждая порция воздуха будет поднимать воду в трубках, но уровни воды в них будут одинаковыми, хотя у одной из них отверстие внизу, у другой сбоку, а у третьей сверху. Это значит, что ДАВЛЕНИЕ, ПРОИЗВОДИМОЕ НА ЖИДКОСТЬ ИЛИ ГАЗ, ПЕРЕДАЕТСЯ ИМИ ПО ВСЕМ НАПРАВЛЕНИЯМ БЕЗ ИЗМЕНЕНИЯ.

Отметим, что в законе Паскаля жидкости и газы являются ПЕРЕДАЮЩИМИ средами.

Рос и развивался маленький Блез в высокообразованной семье, которая часто собирала у себя выдающихся ученых того времени. Не случайно поэтому мальчик рано увлекся математикой и уже в 19 лет удивлял окружающих оригинальными мыслями и открытиями. Год за годом росла научная слава Паскаля, но в 31 год он оставил все научные исследования. Причины тому — ранняя смерть сына, трагические случайности, разлад в семье, религиозные неурядицы, враждебное отношение близких и, как результат, — нервная депрессия. Он умер в 38 лет, но последние 7 лет называют в науке ТРАГЕДИЕЙ ПАСКАЛЯ: за эти годы он не создал ничего. Что же относительно закона, то он его продемонстрировал публично. В крепкую винную бочку (такие бочки при брожении вина выдерживают большие давления) вставил пятиметровую трубку небольшого сечения и наполнил ее водой. И эти ничтожные 2-3 литра, действуя на воду в бочке, раздавили ее — из щелей между клепками стали хлестать водные струи! В самом деле: давление 5-метрового столбика воды — $50\,000\text{ Н/м}^2$, а внутренняя поверхность большой бочки никак не меньше 3 м^2 . Вот и получается, что бочку разрывала сила в ПЯТНАДЦАТЬ ТОНН! Какие клепки это выдержат?

Пленка, закрывающая воронку, вставленную в боковое отверстие сосуда с водой, выпячивается: жидкость давит на стенки сосуда и тем сильнее, чем выше столбик воды. На это указывают три струйки.

Воронка с пленкой погружается в жидкость, и манометр показывает, что положение площади пленки не изменяет давления — оно зависит только от глубины погружения.

На больших глубинах в земле находятся огромные нефтяные ванны, в которых нефть закупорена под давлением в сотни килограмм на каждый квадратный сантиметр. По мере выхода нефти на поверхность, давление в ваннах понижается, и тогда остатки нефти можно извлекать прямым отсасыванием, но это очень сложно. Удобнее нагнетать в ванну воздух, повышая в ней давление. Еще экономичнее заполнять сточными водами производства. Нефть, располагаясь на поверхности воды, поступает в скважины, а экологически непригодная вода остается под землей. Для хранения нефти можно создавать под землей большие емкости с помощью локальных ядерных взрывов.

В начале прошлого века для работы под водой использовались КЕССОНЫ — колпаки, под которыми сжатым воздухом дышали водолазы. Кровь насыщалась сжатым кислородом. При быстром подъеме кислород создавал в кровеносных сосудах воздушные тромбы. Это напоминает интенсивное выделение газа при откупоривании бутылок с минеральной водой. Воздушные тромбы в крови приводят к немедленной смерти, и кессонные работы были запрещены.

Сейчас все работы под водой выполняют в скафандрах. В мягких — на глубинах до 100 м, в жестких — до 300 м, а в батисфере можно опуститься на глубину до 1000 м. Глубже нельзя: сила собственного веса оборвет трос.

Первый батискаф (глубокий корабль) сконструировал швейцарский ученый Огюст Пиккар. Его «Триест» был испытан в Марианском желобе на глубине 11 км. Жак Пиккар — сын профессора — вместе с ученым-врачом находились на дне желоба около получаса.

Во время испытаний погиб «Трешер» (акула) — атомная подводная лодка США. На ее борту находилось 129 человек. Среди них 30 научных сотрудников. Позже с экипажем в 99 человек погиб

«Скорпион». И наши исследования не обходились без жертв. Примерами тому могут служить катастрофы с атомными подводными лодками «Комсомолец» и «Курск».

Механика работы гидравлического пресса, создающего силы давления в десятки тонн, предельно проста: масло перекачивается из резервуара в правый цилиндр. Именно масло. Оно смазывает трущиеся поверхности, охраняет детали от коррозии, но главное, как все жидкости, оно почти не сжимается, даже при огромных давлениях.

По закону Паскаля давления в обоих цилиндрах равны, а из этого следует, что силы, действующие на поршни, ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫ площадям поршней.

Атмосферное давление

Аристотель: “Воздух- это великое ничто” - 1900 лет

Галилей



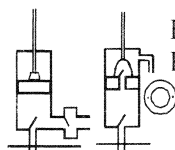
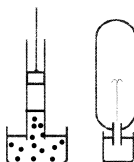
Материя!

$1 \text{ м}^3 \text{ воздуха } 1300 \text{ г}$

$1 \text{ м}^3 \text{ водорода } 90 \text{ г}$



Атмосфера (МВЛ)



Всасывающий
Нагнетающий

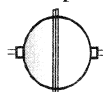
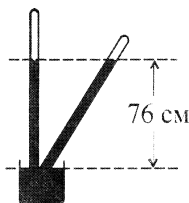
А: “Природа боится пустоты”

1640 Флоренция, герцог Тосканский
Галилей?

1642 Эванджелиста Торричелли

1654 Бургомистр Отто фон Герике

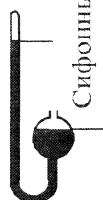
(Регенесбург)



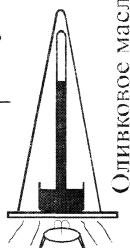
Паскаль: вода - 10,4 м

Чашечный
барометр
(тяжеломер)

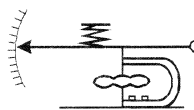
$S_{\text{чаш.}} = 1,5 \text{ м}^2$
 $F = 150000 \text{ Н}$



Сифонный



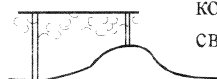
Оливковое масло



Анероид
(безжидкостный)

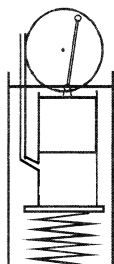
Альтиметр

колокольня
св. Иакова
52 м

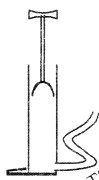


1.Пьюри-де-Дом 515 мм рт.ст.

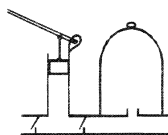
2.Джомолунгма 250



Насос Комовского



Нагнетательный



Разрезающий

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Высказывание Аристотеля о том, что «Воздух — это великое ничто», несмотря на всю его противоречивость, просуществовало в науке 19 столетий и было опровергнуто опытами Галилея. Находившийся в реторте воздух имел вес и обладал всеми свойствами материи.

Слово АТМОСФЕРА ввел в науку Ломоносов. Имея высоту в 1100 км, «пятый океан», как его иногда называют, создает значительное давление. Оно вслед за поршнем поднимает столбик воды в трубке, заставляет фонтанировать воду в сосуд, из которого хотя бы немного удален воздух.

Под действием атмосферного давления поднимается вода за поршнями нагнетательного и всасывающего водяных насосов. Эти насосы работали еще во времена Аристотеля, который объяснял причину подъема воды тем, что «природа боится пустоты». Но вот случился конфуз: во Флоренции в саду у герцога Тосканского вода, как ни старались мастера, выше 10 метров в трубах не поднималась. Предполагают, что герцог со своей бедой обращался к Галилею, но ни времени, ни сил у старого ученого уже не было для размышлений над этой задачей. А через два года в 1642 году ученик Галилея Эванджелиста Торричелли, зная о весе воздуха по работам своего учителя, предложил заменить водяной столб ртутным, у которого плотность была в 13,6 раза больше, а потому и высота его в 13,6 раза меньше. По предложению Торричелли этот опыт проделал другой ученик Галилея Вивиани. Церковникам не удалось физически уничтожить Галилея, но Вивиани за его антирелигиозные высказывания вырвали язык, повесили, труп сожгли и пепел развеяли по ветру. Удивительный по своей наглядности опыт провел бургомистр г. Магдебург Отто фон Герике в 1654 году. Два медных полушария, между которыми был выкачан воздух, не смогли разорвать 16 лошадей, а когда открыли вентиль, полушария распались сами по себе. Этот опыт был проделан на площади города Регенсбург в присутствии представителей сейма, а сейчас в Магдебурге на площади около памятника О. Герике ежегодно при большом стечении жителей города и окрестностей проводится опыт с магдебургскими полушариями. Это всеобщий праздник, и он особенно поучителен для школьников:

творите, Родина не забудет о вашем научном подвиге. А на родине Торричелли в память о его открытии воздвигли 12-метровый мраморный шпиль, рядом с которым трубка с оливковым маслом — грандиозный барометр, у подножия вечный фонтан в память о герцогском фонтане-упрямце, испортившем торжественный вечер хозяину. Чашечный и сифонный барометры (тяжеломеры) очень точные приборы, но ни геологу, ни туристу в рюкзак их не взять — великоваты. А тяжеломеры они и впрямь: при общей поверхности тела взрослого человека в $1,5 \text{ м}^2$ его сжимает сила атмосферного давления в 15 тонн!

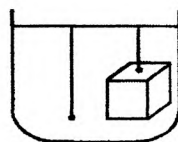
Зато гофрированная коробочка, из которой выкачан воздух, растягивается крепкой пружиной и отлично реагирует на изменения атмосферного давления. Это АНЕРОИД (безжидкостный), ему и в кармане будет просторно.

Узнав об опытах Торричелли и Вивiani, Паскаль предположил, что с подъемом на высоту атмосферное давление будет уменьшаться, и действительно на колокольне св. Иакова высотой в 52 м столбик ртути опустился на 4 мм. Тогда Паскаль написал письмо своему родственнику Перье, жившему в Клермоне, неподалеку от горы Пьюи-де-Дом, с просьбой подняться на эту гору с манометром на высоту 1400 метров. 19 сентября 1648 года Перье сообщил, что столбик ртути понизился до 615 мм и сделал восхищенную приписку: «Ты прав, Паскаль!». На самой высокой горе мира Джомолунгме давление всего 250 мм рт. столба. Без кислородного аппарата дышать на вершине почти невозможно.

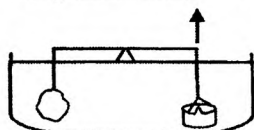
Действие нагнетательного и разрежающего воздушных насосов легко видится на чертежах, но оба они технически малосовершенны. Прекрасным разрежающим насосом является насос Комовского, где все детали погружены в масло, и поршень при движении вниз закрывает отверстие, ведущее под колокол. Дно отжимается, воздух выталкивается, а в образовавшийся вакуум при подъеме поршня снова заходит воздух. Вычерчивая схему, обратите внимание на толщину поршня! Она больше высоты столба воздуха.



Лактометр
Спиртометр
Нефтемер



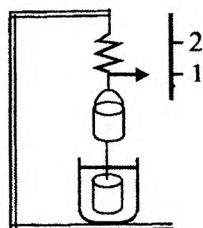
Архимед о.Сицилия - Сиракузы - Александрия



Евклид, Гиерон

Эврика!

Гидростатическое взвешивание

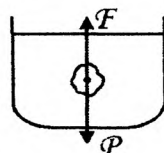


$$F_{\uparrow 2} = \rho_{\downarrow 2,1}$$

$\rho > F$ - тонет

$F > \rho$ - всплывает

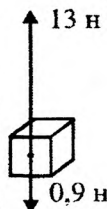
$F = \rho$ - плавает



Взвешенное состояние

Корабль: ватерлиния, водоизмещение (+груз)

ЭПРОН: "Садко", 1916 Кандалакша



$$F_{\text{подъемн.}} = 12,1 \text{ H}$$

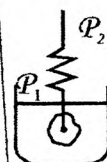
$\text{H}_2 + \text{H}_\text{с}$ Д.И.Менделеев

1731 Крякутный

+ 52 Монголфье

аэростаты

Дирижабли



P_1

1. Выталкивающая $F_0 = P_1 - P_2$

Вес вытесненной жидкости

P_2

2. Объем вытесненной жидкости

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_{\text{ж}}} \rightarrow \text{Объем тела}$$

$\rho_{\text{ж}}$

ρ_T - ?

3. Плотность тела

$$\rho_m = m_m : \frac{m_1 - m_2}{\rho_{\text{ж}}}$$

P_1

1. - // -

P_2

2. Объем тела

$$V = \frac{m_1}{\rho_1} \text{ (V выт. ж.)}$$

$\rho_{\text{ж}}$ - ?

ρ_T

$$3. \rho_{\text{ж}} = (m_1 - m_2) : \frac{m_1}{\rho_T}$$

ЗАКОН АРХИМЕДА

При подъеме ведра из колодца можно чувствовать: пока ведро в воде, вращать рукоятку ворота легко, но значительно труднее, когда оно в воздухе. Стало быть, на ведро в воде действует выталкивающая сила. Эту же силу ощущают мальчишки, затевая игры с бревном в воде. Палочка с грузом на конце плавает вертикально и выталкивается из воды, когда на нее нажимают пальцем. Ареометрами — вертикально плавающими трубками — определяют плотность жидкостей. Лактометрами — жирность молока, спиртометрами — содержание спирта, нефтемерами — плотность нефти.

Причина возникновения выталкивающей силы проста: верхняя и нижняя грани кубика испытывают разные давления, а на боковые грани давления уравновешены. Величину выталкивающей силы впервые установил Архимед.

Мальчиком Архимед рос и воспитывался при дворе сиракузского царя Гиерона на острове Сицилия, а с его сыном Геронимом они были друзьями. Юношей он учился в Александрии у величайшего математика древности Евклида и получил блестящее по тому времени образование. А когда сиракузский царь заказал ювелиру корону, возникло сомнение в честности ювелира — не добавил ли он в золото дешевого серебра? Вес короны был точным, по цвету не определить. Казалось бы, можно опустить корону в мензурку и определить ее объем, но мензурка должна быть очень широкой, и изменение уровня на десятые доли миллиметра заметить трудно. А при диаметре короны в 15 см каждые 0,5 мм уровня воды соответствуют 100 граммам украденного золота. Но дело даже не в злополучных 100 граммах. Что для царя 100 г золота! Беда в том, что чистота золота короны символизировала собой чистоту царской власти, и корона могла стать мерилom позора. Не мог царь носить такую корону и попросил Архимеда проверить честность ювелира. Задача оказалась чрезвычайно сложной, и о том, как она была решена, хорошо известно. Контрольный золотой слиток и корону прикрепили к коромыслу весов и погрузили в воду! При меньшей плотности серебро имеет больший объем, и весы искривились. Плут был наказан.

В школьном кабинете физики имеется ведро Архимеда и груз, равный по объему вместимости ведра. Подвешенные вместе к динамометру, они растягивают пружинку до отметки 1. При погружении груза в воду выталкивающая сила поднимает стрелку до отметки 2, а налитая в ведро вода возвращает стрелку к отметке 1. Стало быть, выталкивающая сила равна весу вытесненной жидкости. В шутливой форме ребята говорят так:

Тело, впёрнутое в воду,
Выпирает на свободу
Сила выпертой воды,
Телом впёрнутым туды.

Тарабарщина, конечно, но физический смысл закона Архимеда в ней есть. Если вес тела больше веса вытесненной жидкости, тело тонет, если меньше — всплывает. При равенстве сил тело плавает. Особый случай, когда равенство наступает при полном погружении. Это **ВЗВЕШЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**. Кстати, чистоту золотых изделий ювелиры и поныне определяют по опыту Архимеда.

Осадка корабля зависит от его загруженности. Вес корабля вместе с грузом — это его водоизмещение. Иначе — это вес вытесненной жидкости, а в числовой форме — объем подводной части или объем вытесненной жидкости. Предел загрузки отмечен на корпусе корабля **ВАТЕРЛИНИЕЙ**.

Подъем затонувших судов проводит ЭПРОН — экспедиция подводных работ особого назначения.

«Это случилось 20 июня 1916 года. Недавно построенный, с иголочки, новенький, ледокол «Садко» шел по Кандалакшскому заливу Белого моря. На мостике, вглядываясь в низкие берега, нес вахту сам капитан. Время от времени он бросал короткие, отрывистые приказания рулевому. Вскоре вдали замигали какие-то огни. Капитан велел поворачивать к берегу. Рулевой повернул штурвал, и тут раздался страшный удар...

На полном ходу «Садко» ударился о подводный камень, прополрол себе днище и вскоре пошел ко дну. Людям удалось спастись на шлюпках.

Целых семнадцать лет пролежал «Садко» на дне холодного Белого моря.

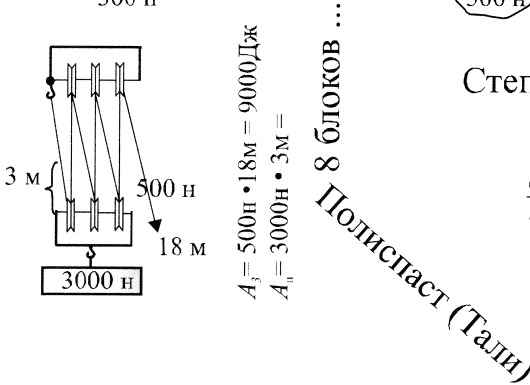
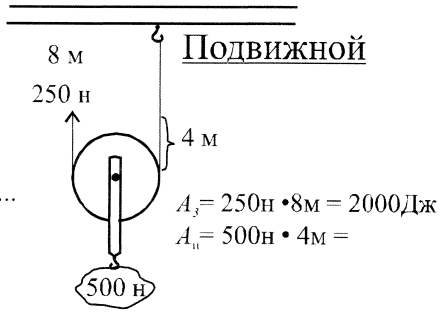
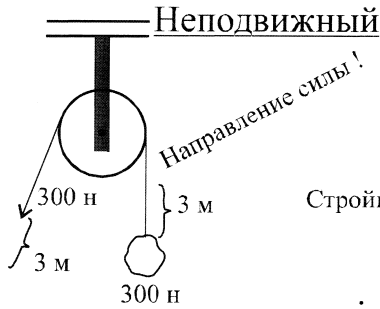
В 1933 году на место гибели ледокола прибыли эпроновцы — отважные завоеватели морских глубин». (Г.И. Пашкевич, «Мастер-невидимка», 1959 г., с.11). При собственном весе в 0,9 Н один кубический метр водорода вытесняет 13 Н воздуха и поэтому может поднять 12,1 Н груза, именно поэтому водородом заполнялись первые летательные аппараты: стратостаты, дирижабли. Но водород взрывоопасен и потому сейчас его смешивают с гелием. Есть предположение, что первый полет на воздушном шаре в 1731 году совершил рязанский подьячий Крякутный. Спустя 52 года полетели братья Монгольфье. С научными целями одним из первых совершил полет на воздушном шаре Д.И. Менделеев. Во время полета шар понесло в сторону грозового облака, а шнур выхлопного клапана запутался в нескольких метрах над головой. И тогда по стропам шара Менделеев добрался до узла и устранил неполадку. Полет завершился благополучно.

Для защиты городов от налетов авиации в воздух поднимали аэростаты воздушного заграждения, и летчики вынуждены были подниматься на большую высоту, с которой прицельное бомбометание затруднительно.

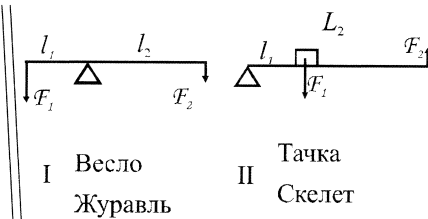
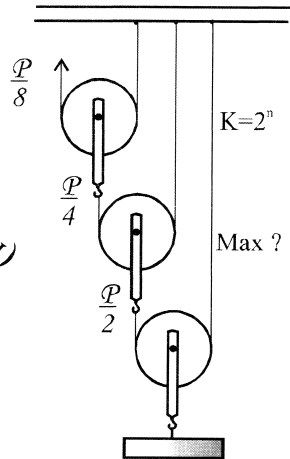
Зная вес тела в воздухе, вес тела в жидкости и плотность жидкости, можно без труда вычислить плотность тела.

Еще проще вычислить плотность жидкости, зная вес тела в воздухе, вес тела в жидкости и плотность тела.

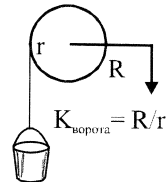
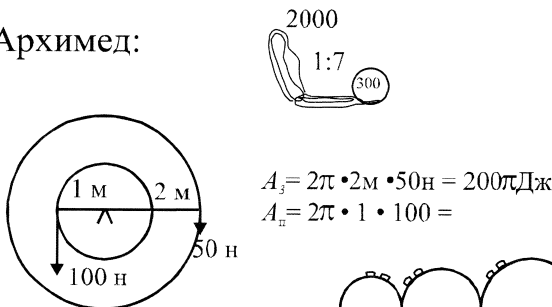
Решение этих задач подробно изложено на листе.



Степенной полиспаст



Архимед:



I-II -?

$K_{\text{сбл.зж}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots$

ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

У неподвижного блока ось не перемещается в пространстве. Сила натяжения веревки с обеих сторон одинакова, концы веревки поднимаются и опускаются на одну и ту же высоту. Выигрыша в работе нет. Блок изменяет направление приложенной силы. Нет необходимости на стройке подниматься вместе с грузом на верхние этажи.

У подвижного блока ось перемещается.

Груз висит на двух веревках, и поэтому прикладываемая сила вдвое меньше груза. Но при подъеме груза на H метров веревка вытаскивается $2H$ м.

В шестиблоковом полиспасте груз висит на шести веревках и потому силу прикладывают в шесть раз меньше. Зато и действовать приходится на пути в шесть раз большем высоты подъема груза.

В технике не применяются полиспасты более чем восьмиблочные. Каждая новая пара блоков увеличивает силу трения, и при 10 блоках полиспаст уже экономически невыгоден.

Выигрыш в силе у степенного полиспаста $2H$, и это пример использования степенной функции.

Рука человека — рычаг. Расстояние от локтевого сустава до точки соединения мышцы бицепса с лучевой костью в семь раз меньше расстояния от сустава до центра ладони. Из этого следует, что при подъеме одной рукой груза в 300 Н (около двух пудов) усилие мышцы составляет около 2000 Н.

Часто выделяют рычаги первого и второго родов. Это нелепость. Ворот тоже рычаг, и в диаметрально противоположных состояниях рукоятки он являет собой или рычаг первого рода, или рычаг второго рода. А это означает, что на пути вращения рукоятки есть точка, где у рычага нет никакого рода.

Блоки можно рассматривать как рычаги.

О крылатом выражении «Дайте мне точку опоры...» Я.И. Перельман давно и доказательно рассказал, что такой глупости Архимед сказать не мог. Как математик, он мог рассчитать длину плеча и понять, что до его конца ему не дойти за всю свою жизнь.

Q - количество теплоты

Q - теплоемкость

C - удельная теплоемкость

$$1 \text{ г} \rightarrow 1^\circ \rightarrow C_{\text{Дж}}$$

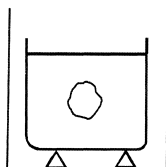
$$m \text{ г} \rightarrow 1^\circ \rightarrow mC_{\text{Дж}}$$

$$m \text{ г} \rightarrow \Delta t^\circ \rightarrow mC\Delta t^\circ$$

$$Q = mC\Delta t$$

$$1 \text{ кал} - 1 \text{ г} - 1^\circ \text{C}$$

$$(1^\circ - 2^\circ) > (31^\circ - 32^\circ)$$



$$\left. \begin{matrix} m_{\text{ж}} & m_{\text{к}} & m_{\text{т}} \\ c_{\text{ж}} & c_{\text{к}} & t_{\text{т}}^\circ \end{matrix} \right\} \theta^\circ$$

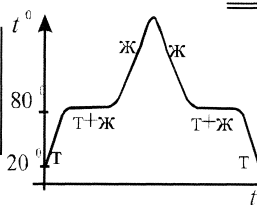
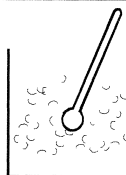
Что получает?

Что отдает?

$$C = \frac{Q}{m\Delta t} \quad \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \quad \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

$$Q_{\text{ж}} + Q_{\text{к}} = Q_{\text{т}}$$

$$m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} (\theta^\circ - t_{\text{ж-к}}^\circ) + m_{\text{к}} C_{\text{к}} (\theta^\circ - t_{\text{ж-к}}^\circ) = m_{\text{т}} C_{\text{т}} (t_{\text{т}}^\circ - \theta^\circ)$$



1. Кристалл. тела плавятся при опред. t°

2. Точки плавления разл. в-в различны

3. При плавлении t° тела не меняется (разрушается решетка)

4. При отвердевании t° тела не меняется (восстанавливается решетка)

5. $t_{\text{пл}}^\circ = t_{\text{отв}}^\circ$

λ - удельная теплота плавления (скрытая)

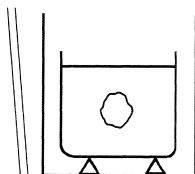
$$1 \text{ г} \rightarrow \lambda \text{ кал}$$

$$m \text{ г} \rightarrow m\lambda \text{ кал}$$

$$Q = m\lambda \quad \lambda = \frac{Q}{m} \quad \frac{\text{кал}}{\text{г}} \quad \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q_{\text{ж}} + Q_{\text{к}} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{л}}$$

Отдают Получают



$$\left. \begin{matrix} m_{\text{ж}} & m_{\text{к}} \\ c_{\text{ж}} & c_{\text{к}} & m_{\text{т,л}} \end{matrix} \right\} \theta^\circ$$

$$m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} (\theta^\circ - t_{\text{ж-к}}^\circ) + m_{\text{к}} C_{\text{к}} (\theta^\circ - t_{\text{ж-к}}^\circ) = m_{\text{т}} \lambda + m_{\text{л}} C_{\text{л}} (\theta^\circ - 0^\circ)$$

Вольфрам...

q - теплота сгорания

дрова - 3000 кал

уголь - 7000 кал

бензин - 11000 кал

$$1 \text{ кг} \rightarrow q \text{ Дж}$$

$$m \text{ кг} \rightarrow mq \text{ Дж}$$

$$Q = mq \quad \frac{\text{кал}}{\text{г}} \quad \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

ТЕПЛОТА

Мерой тепловой энергии является КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ.

У каждого тела есть своя теплоемкость — это то количество теплоты, которое необходимо для нагревания этого тела на 1° .

Удельная теплоемкость — C — это количество теплоты, которое необходимо для нагревания 1 г данного вещества на 1° С.

1 калория повышает температуру 1 г воды на 1° С. 1 килокалория = 1000 кал.

Однако же калория капризна. Оказывается, что при нагревании 1 г воды от 1°С до 2°С требуется немного больше тепловой энергии, чем нагревание той же воды от 31°С до 32°С . Джоуль как единица тепловой энергии удобнее и устойчивее, но калориями и килокалориями пользуются и сейчас.

Чтобы нагреть 1 г вещества на 1°С , нужно C Дж. Для m г в m раз больше, а для нагревания m г на $\Delta t^\circ\text{С}$ нужно в Δt раз больше. Отсюда предельно простая формула: $Q = mC\Delta t^\circ$, где под Δt° подразумевают разность между начальной и конечной температурой.

Из формулы следует, что единицами измерения удельной теплоемкости являются: *кал/г град*, *ккал/кг град* и *Дж/кг град*.

Лабораторным путем удельная теплоемкость вещества определяется следующим образом.

В калориметр с известной массой, удельной теплоемкостью и начальной температурой наливают жидкость с известной массой, удельной теплоемкостью и той же температурой.

В калориметр опускают нагретое тело с известной массой и начальной температурой. Спустя минуту-другую у всех трех взаимодействующих тел устанавливается общая температура θ^0 . ГЛАВНЫЙ ВОПРОС: «Что получает, что отдает?»

Ежику понятно: получают тепло калориметр и жидкость, отдает нагретое тело. Каноническое уравнение: $Q_{\text{кал}} + Q_{\text{ж}} = Q_{\text{т}}$. Остается только подставить в него экспериментальные данные и решить на уровне трудности 5-го класса.

ПЛАВЛЕНИЕ

Сначала опыт. В жароупорный сосуд насыпают немного нафталина, помещают в него конец термометра и начинают медленно нагревать. От комнатной в 20° температура растет до 80° и вдруг рост ее останавливается! В это время на дне сосуда появляется лужица жидкого нафталина, и теперь, пока не расплавится весь нафталин, температура будет оставаться 80° . Причина: нафталин — кристаллическое вещество, и его атомы связаны в узлах пространственной решетки, где они могут совершать колебательные движения. При повышении температуры колебания возрастают, пока решетка начинает распад, на что уходит тепловая энергия. Но вот все атомы в свободном движении, и нарастание их скорости связано с повышением температуры. На графике эти процессы показаны участками **Т, Т+Ж, Ж** — твердое, твердое и жидкое, жидкое. Снимем сосуд с огня. Температура начинает понижаться, но только до 80° . На поверхности жидкого нафталина появляется белый налет кристаллов. Температура не изменяется. Атомы замирают в узлах пространственной решетки, и избыток их энергии выделяется в пространство. Любопытная картина: стоит на столе горячий сосуд, от него пышет теплом, а на шкале термометра неизменные 80° . Но вот весь нафталин снова в кристаллах, и температура начинает понижаться. На графике эти процессы отражены участками **Ж, Ж+Т, Т**.

Из этого опыта вытекают ПЯТЬ свойств плавления нафталина и вообще всех кристаллических веществ.

λ — удельная теплота плавления. Столько нужно тепла, чтобы расплавить 1г вещества БЕЗ УЧЕТА тепла, израсходованного для нагревания до точки плавления. Для m грамм тепла нужно в m раз больше. Отсюда формула: $Q = m \lambda$.

Единицы измерения удельной теплоты плавления : *кал/г, ккал/кг и Дж/кг*.

Лабораторным путем скрытая теплота плавления определяется так. В калориметр с массой m_k , удельной теплоемкостью C_k и начальной температурой $t_{ж-к}^\circ$ опускают кусочек льда, тщательно просушенного промокашкой. В калориметре вода или другая

жидкость. Ее масса $m_{ж}$, удельная теплоемкость $C_{ж}$, а температура такая же, как и у калориметра $t_{ж-к}^0$.

Лед пускают в жидкость. Минуту спустя он растает.

И снова КЛЮЧЕВОЙ вопрос: «Что получает, что отдает?» И снова для Ежика. Отдают жидкость и калориметр. Получает лед для плавления и вода, образовавшаяся из льда. ЧЕТЫРЕ взаимодействующих тела! Каноническое уравнение:

$$Q_{кал} + Q_{ж} = Q_{л} + Q_{в}.$$

Уравнение в развернутом виде для пятиклассника.

$$m_{к} C_{к} (t_{ж-к}^0 - \theta^0) + m_{ж} C_{ж} (t_{ж-к}^0 - \theta^0) = m_{л} \lambda + m_{в} C_{в} (\theta^0 - 0^0)$$

В этом уравнении θ^0 — окончательная температура, а в последней скобке можно убрать 0^0 — температуру таяния льда, и выражение станет проще:

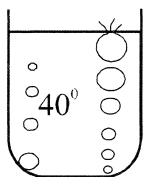
$$m_{к} C_{к} (t_{ж-к}^0 - \theta^0) + m_{ж} C_{ж} (t_{ж-к}^0 - \theta^0) = m_{л} \lambda + m_{в} C_{в} \theta^0$$

Для определения скрытой теплоты плавления тугоплавких веществ калориметры непригодны — они расплавятся раньше, чем, к примеру вольфрам, с его температурой плавления $3\ 800^{\circ}$.

ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ

Один килограмм дров при сгорании выделяет 3000 ккал, угля — 7000 ккал, бензина — 11000 ккал. Это q . При сгорании m кг топлива тепла выделится в m раз больше. Отсюда формула: $Q = mq$. Единицы измерения теплоты сгорания те же, что у скрытой теплоты плавления.

Абсорбция (рыбы)



Лопается! $P_{\text{нас.пара}} = P_{\text{атм.}}$

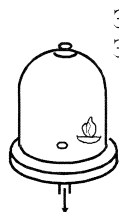
Кипение → парообразование во всей массе жидкости



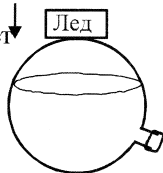
Горы - 80° С

Шахты - 105° С

(чабаны)



Закипит
Замерзнет

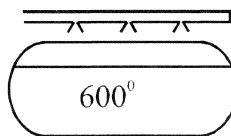


120° С

118° С

115° С

...



50 км

10 ваг.

Бестопочный паровоз

τ - удельная теплота парообразования (скрытая)

1г → τ кал

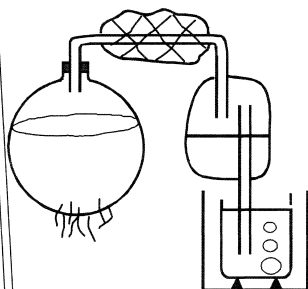
mг → m τ кал

$$Q = m\tau$$

$\frac{\text{кал}}{\text{г}}$

$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$

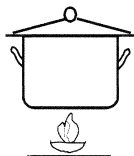
$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$



$$\begin{matrix} m_{\text{к}} & m_{\text{ж}} \\ C_{\text{к}} & C_{\text{ж}} \end{matrix} \quad \begin{matrix} m_{\text{пара}} \\ t_{\text{ж-к}}^0 \end{matrix} \quad \theta^0$$

$$Q_{\text{к}} + Q_{\text{ж}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}}$$

$$m_{\text{к}} C_{\text{к}} (\theta^0 - t_{\text{ж-к}}^0) + m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} (\theta^0 - t_{\text{ж-к}}^0) = m_{\text{п}} \tau + m_{\text{в}} C_{\text{в}} (100^0 - \theta^0)$$



$$\eta = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{з}}} = \frac{m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} \Delta t^0 + m_{\text{с}} C_{\text{с}} \Delta t^0}{mq}$$

ПАРООБРАЗОВАНИЕ

На первый взгляд, это кажется неправдоподобным, но в воде всегда есть растворенный в ней воздух. Это явление называется АБСОРБЦИЕЙ, а доказательство ему — живые рыбы в реках и прудах. Им для дыхания нужен кислород. А теперь проведем наблюдение за поведением воды при нагревании в прозрачном сосуде. 25° , 30° — вода прозрачная. Вблизи 40° в массе воды появляется множество мелких пузырьков. Вода становится «седая» и, как говорят на кухнях, «шипит». Это из воды выходит воздух. Вспомните о воздушных тромбах в крови! Потом вода снова становится прозрачной, но выше 90° в отдельных точках дна образуются маленькие пузырьки. Это происходит там, где имеются пусть даже самые маленькие вмятинки или трещинки. В них вода получает тепла больше и превращается в пар. Внутрь этих пузырьков вода испаряется, пузырьки растут и начинают отрываться от дна, оставляя после себя зародыши. Из них снова образуются пузырьки и струйками из одних и тех же точек устремляются вверх. Но вот что любопытно: при подъеме пузырьки уменьшаются и захлопываются — они попадают в более холодные слои. Это преддверие кипения, теперь уже «шипят» громко и чайники, и кастрюли. Но вода-то продолжает нагреваться, и пузырьки прорываются все выше, а при 100° , даже при подъеме, пузырьки растут и у самой поверхности ЛОПАЮТСЯ! Это значит, что давление внутри пузырька больше атмосферного. Но на сколько? На величину сопротивления водяной оболочки пузырька. Оно небольшое, а в пузырьке НАСЫЩАЮЩИЙ ПАР. Стало быть, кипение начинается в тот момент, когда давление насыщающего пара становится равным атмосферному давлению.

Кипение — это парообразование во всей массе жидкости, в то время как испарение — это парообразование с открытой поверхностью.

Теперь легко догадаться, что с понижением атмосферного давления температура кипения понижается. Это хорошо знают чабаны: высоко в горах мясо сварить невозможно — кипит, шумит, а баранина только что не блеет. Хочешь не хочешь, делай шашлыки. Правда, можно и варить, но в плотно закрытом котелке с большим грузом на крышке. В глубоких шахтах давление повышенное и вода закипа-

ет даже при температуре 105° . Хозяйки хорошо знают о СКОРОВАРКАХ — герметически закрытых кастрюлях, в которых под высоким давлением мясо можно сварить за 15-20 минут.

Под колокол воздушного насоса помещают небольшой сосуд с водой и начинают выкачивать воздух. Ничего удивительного, что при низком давлении вода закипит. Но тут же... замерзает! Кипение приводит к интенсивному испарению, а при испарении температура жидкости понижается.

Колбу с водой нагревают до 120° . Вода кипит при высоком давлении. Если сверху приложить кусочек льда, то вода снова закипит. Она остывает, температура кипения понижается, испарение повышает давление. Кипение прекращается. Температура понижается до 118° . Такое перекипание можно провести несколько раз, и на этом явлении основана работа бестопочного паровоза, котел которого заполняется перегретым до 600° паром, а потом изредка поливается холодной водой. Такой паровоз может после одной заправки проехать 50 км с 10 вагонами. На нефтепромыслах и заводах по изготовлению пороха и боеприпасов бестопочные паровозы безопасны.

Как уже было сказано, в процессе кипения температура жидкости не изменяется. Все тепло идет на образование пара.

ζ — удельная или скрытая теплота парообразования. Это количество теплоты, которое нужно для обращения в пар 1 г жидкости при температуре кипения. Для образования m г пара, тепла нужно в m раз больше. Отсюда формула: $Q = m\zeta$. Единицы измерения удельной теплоты парообразования все те же.

Лабораторная работа по определению скрытой теплоты парообразования.

Из колбы с кипящей водой пар по теплоизолированной трубке поступает в СУХОПАРНИК, из которого СУХОЙ пар уходит в калориметр.

Масса и удельная теплоемкость калориметра известны. Масса и удельная теплоемкость жидкости в калориметре известны, как известна и их первоначальная температура. Масса поступившего пара в калориметр определяется взвешиванием калориметра до и после опыта. Окончательная температура в калориметре θ° . Что получает? Что отдает? Получают калориметр и жидкость в калориметре.

Отдаёт пар при конденсации и вода, образовавшаяся из пара при остывании от 100° до температуры θ^0 . Каноническое уравнение

$Q_{\text{кал}} + Q_{\text{жс}} = Q_n + Q_{\text{в}}$. В развернутом виде:

$$m_{\text{нвл}} C_{\text{нвл}} (\theta^0 - t_{\text{жс-н}}^0) + m_{\text{жс}} C_{\text{жс}} (\theta^0 - t_{\text{жс-н}}^0) = m_{\text{л}} \lambda + m_{\text{н}} C_{\text{е}} (100^0 - \theta^0)$$

Случалось, при проведении лабораторных работ у кого-то из учеников результат выходил далеко за рамки табличных данных, и тогда ему приходилось советовать попробовать воду на вкус. Она оказывалась соленой, а при наличии примесей скрытая теплота парообразования резко изменяется. Шутники потешались, а бедолаге работа засчитывалась даже с нелепым результатом.


КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ

Предельно простая работа. В сосуде на спиртовке нагревается вода. Массы воды, сосуда, их удельные теплоемкости, начальная и конечная температуры известны. Масса выгоревшего спирта определяется по разности масс спиртовки до и после опыта. Остальное — дело простых расчетов.

Аристотель:

2000 лет

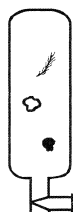
1) 2 листа → 1 скомкаем

2) 

3) 

4)  г.Пиза

5) $R=4$ $r=2$ $\left| \begin{array}{l} P_1 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 64 \\ P_2 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 16 \end{array} \right. = 8$



$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\pi \cdot 16}{\pi \cdot 4} = 4$$

На каждую единицу большого шара приходится меньшая площадь лобового сечения.
 $g = 980,665 \text{ см/с}^2 = 9,8 \text{ м/с}^2$

6)

7) Логически: соединим в полете!

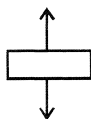
Гсид Красовского

а) $R_n < R_s$

б) $F_{\text{центробежная}}$



$$t_{\text{полета}} = 2t_{\text{подъема}}$$



$$P = F_{\text{сопр}}$$

$$\begin{aligned} V &= V_0 \pm gt \\ h &= V_0 t \pm \frac{gt^2}{2} \\ V^2 - V_0^2 &= \pm 2gh \end{aligned}$$

“Воздушная подушка” ~ 60 м/с

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ

2300 лет назад Аристотель высказал утверждение о том, что тяжелое тело падает во столько раз быстрее, во сколько раз оно тяжелее легкого. Нелепо думать, что, делая такое заявление, великий мыслитель не предварил его никакими опытами, но в том-то и суть парадокса, что поверхностный анализ результатов часто приводит к грубейшим ошибкам. Он-то и увел от мысли великого ученого.

Вот два одинаковых листа бумаги. Бросаем их с одной высоты, и они, планируя, одновременно падают на пол. А вот медная монета и такого же диаметра бумажка. Бросаем их. Монета падает значительно раньше. Мог ли Аристотель провести такие наблюдения? Вполне. А вывод? Именно тот, который и был высказан. Да что там Аристотель, если вслед за ним эту же нелепость повторяли почти 2000 лет миллионы и миллионы людей?! Что это — коллективное затмение разума или гипноз непрекаемого авторитета?

Снова берем те же листы бумаги, и один из них превращаем в комок. Бросаем. Комок падает значительно быстрее. Но вес-то его не изменился! Неужели Аристотель и миллионы учителей после него не делали этого опыта? И как теперь быть с монетой? Положим бумажку НА МОНЕТУ и отпустим их с высоты роста. Бумажка летит вместе с монетой! Если бы бумажку положили ПОД МОНЕТУ, то тогда о чем речь? «Монета падает и толкает бумажку». К такому выводу придет каждый. Но в том-то и дело, что бумажка лежит НА МОНЕТЕ, и ничто не мешает ей вести самостоятельный полет. Не получается... Вывод Аристотеля не выдерживает простейшей опытной проверки.

Первым восстал против ошибочных заключений Аристотеля Галилео Галилей. Детство его проходило в г. Пизе, и можно, не боясь ошибиться, предположить, что вместе с друзьями он не раз и не два бросал различные предметы со знаменитой наклонной башни. Но то было в детстве. В зрелом же возрасте, получив кафедру в Пизе, он обратился к опытам по изучению движения тел на наклонных плоскостях. Бронзовые шарики разного веса при самых разных углах наклона скатывались к основаниям плоскостей ОДНОВРЕМЕННО. Стоп! Но ведь вертикальное положение дощечки — всего только частный случай наклонной плоскости! Отсюда оглушающий

вывод (был ли он оглушающим для Галилея, сказать трудно): тела любого веса должны падать одновременно. Именно этот опыт и проделал Галилей в 1590 г. при огромном стечении жителей г. Пизы на площади около наклонной башни. И было ему тогда 26 лет.

Свинцовые шары бросали с Пизанской башни, а внизу на площади находились и сторонники, и противники Галилея. Подумать только: безвестный юнец восстает против великого Аристотеля, учение которого из поколения в поколение передавали почти две тысячи лет! Исторический факт: один из профессоров университета лег на землю, чтобы как можно более точно зафиксировать моменты падения шаров, и одним из шаров едва не разможило ему голову. А что же шары? Они упали... НЕ ОДНОВРЕМЕННО. Тяжелый шар упал чуть-чуть раньше. Всего на несколько мгновений, но раньше. Что после этого происходило на площади и какие диспуты вспыхивали в последующие годы, передать трудно. «Юнец посрамлен!» — ликовали противники. «Внемлите голосу разума, — возражали им сторонники молодого ученого, — по Аристотелю легкий шар должен был падать в пять раз дольше, а разрыв во времени — всего только несколько мгновений». Казалось бы, против этого факта не может быть возражений, да где там! Упорствующим злопыхателям переубедить невозможно. Не приходится сомневаться, что и сам Галилей, и его сторонники отлично понимали, что виновником неодновременного падения шаров является воздух, но как проявляется его влияние? Сначала отметим невероятное: Аристотель тоже был убежден, что в пустоте тела будут падать на землю с одинаковыми скоростями, но вся трагедия в том, что Аристотель не верил в возможность существования пустоты. Так какова же роль воздуха в опыте Галилея?

Представим себе два шара с радиусами в 4 и 2 единицы. Найдем вес каждого шара.

$$P_1 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 4^3 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 64$$

$$P_2 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 2^3 = \rho g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 8$$

Разделив первый результат на второй, выясняем, что вес первого шара, а вместе с ним и сила протяжения к Земле в ВОСЕМЬ раз больше, чем у второго. Если большой шар испытывает со стороны воздуха лобовое сопротивление тоже в 8 раз большее, то шары должны падать одновременно. Лобовое же сопротивление определяется площадью лобового сечения шаров. Найдем площади этих лобовых сечений.

$$S_1 = \pi R^2 = \pi \cdot 4^2 = 16\pi$$

$$S_2 = \pi R^2 = \pi \cdot 2^2 = 4\pi$$

Делим первый результат на второй и — вот он, тайный враг Галилея! — у большого шара площадь лобового сечения только в 4 раза больше, чем у меньшего шара. Иными словами — *НА КАЖДУЮ ЕДИНИЦУ ВЕСА БОЛЬШОГО ШАРА ПРИХОДИТСЯ МЕНЬШАЯ ПЛОЩАДЬ ЛОБОВОГО СЕЧЕНИЯ*. В четыре раза меньшая. Точно так же, как у листа бумаги и его скомканного двойника.

Казалось бы, все. Спорить больше не о чем. Как бы не так! Скептики стояли насмерть. «Аристотель пришел к своему выводу логически, и поэтому опровергать его имеет право только логика». И Галилей нашел логическое опровержение Аристотелю!

Соединим оба шара в полете. По логике Аристотеля общий вес увеличился и стал больше веса большого шара. Следовательно, и скорость общего тела должна стать больше скорости большого шара.

С другой стороны, в полете к быстро движущемуся телу присоюдинилось медленно движущееся тело, и оно должно тормозить движение быстрого тела.

ПРОТИВОРЕЧИЕ!

Сегодня с помощью так называемой «трубки Ньютона» можно наблюдать падение тел в почти безвоздушном пространстве. Из этой трубки с помощью насоса Комовского выкачивается воздух, и три тела — дробинка, пробка и пушинка — падают одновременно. И вот именно это *ПАДЕНИЕ ТЕЛ В БЕЗВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И НАЗЫВАЕТСЯ СВОБОДНЫМ ПАДЕНИЕМ ТЕЛ. ПОТОМУ-ТО И СВОБОДНЫМ*, что нет сил сопротивления.

Движение это, как показал Галилей, равноускоренное. В одной и той же точке земного шара тела падают с одним и тем же ускорением. По мере приближения к полюсам Земли ускорение растёт. Тому две причины. Как мы уже знаем, земной шар имеет сложную форму, именуемую геоидом Красовского. Он сплюснут у полюсов, полярный радиус меньше экваториального. А чем ближе к центру Земли, тем сила притяжения больше.

Вторая причина — вращение Земли вокруг оси. Находясь на экваторе, тело уменьшает свой вес за счет действия центробежной силы. Наглядно это можно представить, если предположить, что Земля остановится в своем вращении вокруг оси, и все тела улетят по касательным к ее поверхности, удаляясь от центра.

Во всех расчетах, связанных со свободным падением тел, пользуются ускорением на широте Парижа. Оно равно $980,665 \text{ см/с}^2$. Или, округляя, $9,8 \text{ м/с}^2$.

Выведенные ранее формулы равнопеременного движения в одинаковой мере применимы и для задач, связанных со свободным падением тел.

$$V = V_0 \pm gt$$

$$h = V_0 t \pm \frac{gt^2}{2}$$

$$V^2 - V_0^2 = \pm 2gh$$

Как и на наклонной плоскости, движения вниз и вверх симметричны. Поэтому время полета тела от начала подъема до падения вдвое больше времени подъема или падения.

Реальное движение в воздухе по приведенным выше формулам рассчитываться не может. Так, к примеру, при падении парашютиста скорость его растет, а вместе с ней растет и сила сопротивления до тех пор, пока парашютист ляжет на так называемую «воздушную подушку». Это происходит при скорости около 60 м/с . После этого начинается равномерное движение.

И последнее. Буква *g* в латинской транскрипции читается «же», однако ее лучше произносить «гэ», т.к. это первая буква слова *gravitas* (тяжесть), которое придется читать «жравитас», а вместе с ним «жравитационная постоянная» и т.д. Решающего значения это не имеет, просто необходимо привести произношение этих слов в разумное соответствие.

ВОПРОСЫ ГРУППОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Жидкости в термометрах.
2. Виды термометров.
3. Особенности медицинского термометра.
4. Давление.
5. Формулы давления.
6. Единицы давления.
7. Манометры.
8. Развитие взглядов о строении вещества.
9. Число Лошмидта.
10. Ломоносов о строении вещества.
11. Броуновское движение.
12. Промежутки между молекулами.
13. Диффузия.
14. Опыты, утверждающие молекулярно-кинетическую теорию.
15. Измерение диаметра и массы молекул.
16. Притяжение молекул.
17. Опыт Штерна.
18. Общие выводы из молекулярно-кинетической теории.
19. Сообщающиеся сосуды.
20. Свойство сообщающихся сосудов для однородной жидкости.
21. Свойство сообщающихся сосудов для разнородных жидкостей.
22. Шлюзы.
23. Измерение силы трения.
24. От чего зависит сила трения?
25. Коэффициент трения.
26. Виды трения.
27. Закон Паскаля.
28. Добыча нефти.
29. Скафандры, батисфера, батискаф.
30. Гидравлический пресс.
31. Причина атмосферного давления.
32. Нагнетательный водяной насос.
33. Всасывающий водяной насос.
34. Величина атмосферного давления.
35. Барометры.
36. Анероид.
37. Нагнетательный и разрежающий воздушные насосы.
38. Насос Комовского.

39. Архимедова сила.
40. Условия плавания тел.
41. Водоизмещение судна.
42. Подъемная сила газа.
43. Определение плотности жидких тел на основании закона Архимеда.
44. Определение плотности твердых тел на основании закона Архимеда.
45. неподвижный блок.
46. Подвижной блок.
47. Полиспаst.
48. Степенной полиспаst.
49. Рычаг. Условие равновесия рычага.
50. Ворот. Лебедка.
51. Удельная теплоемкость.
52. Теплоемкость.
53. Количество теплоты, необходимое для нагревания тела.
54. Опытное определение удельной теплоемкости.
55. Теплота сгорания.
56. Количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива.
57. КПД нагревателя.
58. Плавление.
59. График плавления нафталина.
60. Свойства плавления.
61. Удельная теплота плавления.
62. Вычисление количества теплоты, необходимой для плавления тела.
63. Определение удельной теплоты плавления опытным путем.
64. Кипение.
65. Зависимость температуры кипения от давления.
66. Бестопочный паровоз.
67. Удельная теплота парообразования.
68. Определение удельной теплоты парообразования опытным путем.
69. Опровержение Аристотеля.
70. Открытие Галилея.
71. Свободное падение тел.
72. Причина разновременного падения шаров.
73. Ускорение свободного падения.
74. Формулы свободного падения.
75. «Воздушная подушка».

ПРАКТИКУМЫ

1. Шар Гравизанда.
2. Расширение воздуха при нагревании.
3. Изменение силы трения.
4. Сцепление свинцовых цилиндров.
5. Давление жидкости на дно и стенки сосуда.
6. Сообщающиеся сосуды.
7. Водяные насосы.
8. Правило рычага.
9. Полиспаст.
10. Неподвижный блок.
11. Подвижной блок.
12. Анероид.

[illegible]

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕРМОМЕТРЫ	7
ДАВЛЕНИЕ	10
СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ	16
ТРЕНИЕ	18
ЗАКОН ПАСКАЛЯ	21
АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ	25
ЗАКОН АРХИМЕДА	28
ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ	32
ТЕПЛОТА	34
ПЛАВЛЕНИЕ	35
ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ	36
ПАРООБРАЗОВАНИЕ	38
КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ	40
СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ	42
ВОПРОСЫ ГРУППОВОГО КОНТРОЛЯ	46
ПРАКТИКУМЫ	48
ДЛЯ ЗАМЕТОК	49

В.Ф. Шаталов
Физика на всю жизнь

Компьютерная верстка, макет — В.П. Давыдов

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре
ГУП ЦРП «Москва — Санкт-Петербург»,
107078, г. Москва, Рязанский пер., 3, тел./факс: (095) 265-82-49
Подписано в печать 30.09.2003 г.
Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 040888 от 14.04.1998 г.
П. л. — 3,25. Тираж — 500 экз.