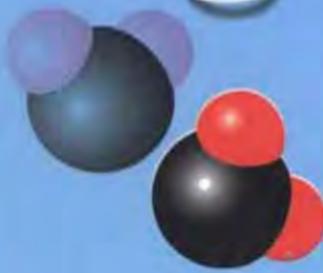


**Учение с
Увлечением**

Fegm



ФИЗИКА

**Развивающее
обучение**

7 КЛАСС

$$S = vt$$



Учение с увлечением

А.Л. Камин

ФИЗИКА

РАЗВИВАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ

**Книга для учителей
7-й класс**

РОСТОВ-на-ДОНЕ



2003

ББК 22.3я 7

К 18

Проект Лаборатории образовательных
технологий «Универсальный решатель»

Рецензент *Т. Б. Солдатова*

Под редакцией *Anatolia Gina*

Камин А. Л.

К 18 Физика. Развивающее обучение. Книга для учителей. 7-й класс. — Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2003. — 352 с.

Учебное пособие предназначено для учителей, работающих в классах, где физика изучается первый год и содержит большое количество творческих заданий. Работа с этой книгой позволит не только освоить материал на высоком уровне, но и развить способность к творческому мышлению и ученикам, и учителям.

Книга отличается от других тем, что позволяет построить преподавание в исследовательском ключе: ученики осваивают основные физические понятия в ходе самостоятельного исследования.

Пособие ориентировано на систему развивающего обучения, но может оказаться полезным учителям (и ученикам) обычной школы, поскольку формирует творческий подход к предмету.

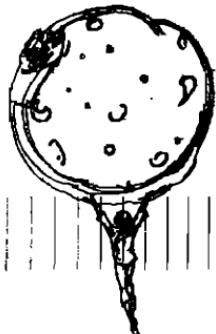
Книга может быть с успехом использована для подготовки к предметному тестированию, олимпиадам, детским научным конференциям, творческим конкурсам в области физики и связанных с ней областях науки и техники.

ББК 22.3я 7

ISBN 5-222-03030-X

© Камин А.Л., 2003

© Оформление, изд-во «Феникс», 2003



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	7
О чем идет речь в этой книге (аннотация для учителя)	9
Предисловие для учителя	11
Формула отличия	11
Скелет книги	12
Режим работы	13
Лирическое отступление	14
Слово — знатокам!	15

Часть I

ПРЕЛЮДИЯ, ИЛИ КАК ИГРАТЬ С ПРИРОДОЙ

1. Математический лабиринт	18
2. Иллюзии	24
2.1. Вождь всегда прав	24
2.2. То в жар, то в холод	25
2.3. Обезьяна в клетке	26
2.4. «Иллюзион»	27
3. Что поддается измерению?	28
3.1. Репортаж из-под койки	28
3.2. Не думай о мгновеньях свысока	28
3.3. Клуб кинопутешествий	29
3.4. Высший пилотаж	30
3.5. Интервью с директором Пробирной Палатки	30
3.6. Остров Невезения	35

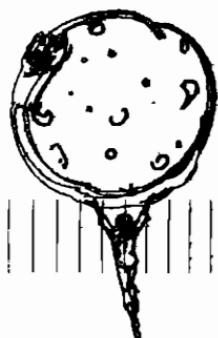
4. Измерение недоступного	39
4.1. Великолепная семерка	39
4.2. Попугай под градусом	41
5. Гулливеры и лилипуты	45
5.1. Маленький принц	45
5.2. До самой далекой планеты.....	47
5.3. Дело мастера боится	54
6. Раньше были времена, а теперь — мгновенья	61
6.1. Времена	62
6.2. Мгновенья	65
7. Таблицы, графики, формулы	68
7.1. Йо-хо-хо и бутылка рома	68
8. Физика как игра человека с природой	72
9. Это же элементарно, Ватсон!..	77
9.1. Книга Волшебника	77
10. Физика и всё-всё-всё.....	85
10.1. Физика и география.....	85
10.2. Физика и геология.....	86
10.3. Сапер ошибается один раз	87
10.4. Физики против жуликов	87
10.5. Физика и биология (задачи «на вырост»)	89
11. Задачи полезнее правил	92
11.1. Мир без задач	92
11.2. Как решать задачу	94
11.3. Как не надо решать задачу	97
12. Дополнительные задачи	100
12.1. Задачи к главе 3	101
12.2. Задачи к главе 6	103
12.3. Задачи к главам 7—9	103
12.4. Просто задачи	104
13. Серьезные задачи (итоговый тест).....	107
14. Контрольные вопросы к Прелюдии	109

Часть II

ФИЗИКА СОБСТВЕННОЙ ПЕРСОНОЙ

Предисловие ко второй части для учителя	112
Слово — знатокам!	116
1. Покой нам только снится!	119
1.1. Тайна покоренного пространства	119
1.2. Движенья нет.....	124
1.3. По течению и против ветра	130
1.4. Встречи и расставания	133
1.5. Задачи к 1-й главе	136
2. Как оседлать Тянитолка?	143
2.1. Соберемся с силами	143
2.2. Сила есть!	145
2.3. Как измерить силу богатырскую?	147
2.4. Силы в упряжке, или Танцы на льду	150
2.5. Золотое правило	156
2.6. Ох, нелегкая эта работа!	158
2.7. Золотая лихорадка.....	163
2.8. Задачи ко 2-й главе	166
3. Вначале было вещество	168
3.1. От пуха до свинца — и дальше без конца!	168
3.2. Из чего сделан мир?	179
3.3. Не давите — и вас не раздавят	188
3.4. Задачи к 3-й главе	194
4. Две стихии	197
4.1. На все четыре стороны	197
4.2. Тайна всех океанов	203
4.3. Таинственные сосуды	207
4.4. Плавать по морю необходимо!	210
4.5. Причуды пятого океана	219
4.6. Воздухоплавание	227
4.7. Задачи к 4-й главе	229
5. Задачи на любой вкус	233
5.1. Задачи для покорителей пространства	233

5.2. Задачи для сильных и мощных	235
5.3. Задачи для строителей новых миров .	235
5.4. Задачи для знаменитых капитанов ...	236
5.5. Винегрет из задач	238
Решения задач к первой части	256
Решения задач ко второй части	274
Толковый словарь к первой части	336
Приложение 1	339
«Правила игры» развивающего обучения	339
Приложение 2	341
Организация групповой работы	341
Таблицы величин	343
Размеры. Расстояния. Высоты	343
Скорости	345
Таблицы плотностей	346
Массы.....	348



ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Человеческое ли дело физика?

Этот странный вопрос знаменитый физик Виктор Вайсконф задал на Международной конференции по проблемам физического образования (Эдинбург, 1978 г.).

Обсуждалась одна проблема: почему падает интерес молодежи к физике и как этот интерес возродить?

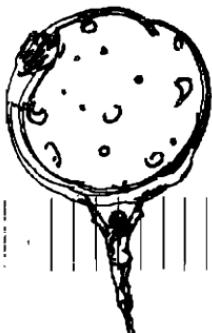
Итоги конференции в телеграфном изложении: интерес к физике теряется, потому что физика воспринимается ребятами не как человеческая деятельность, а как «занятие для небожителей». Для «небожителей» же написаны и все существующие учебники. А чтобы возродить интерес, нужно показать, есть ли смысл заниматься физикой «простому смертному».

Мы (авторы книги) предлагаем подборку задач, сближающих физику с обыденной жизнью. Многие из них — новые. Решение каждой задачи кажется простым — после того, как оно получено.

Почти наверняка каждую задачу можно решить и другими способами, но ответы будут достаточно близкими к нашему результату. Невооруженным глазом заметно, что предложенные решения ориентировочные и допускают углубление и уточнение.

Мы сами воспринимаем предложенные решения как первый шаг в понимании задачи.

«Житейскими» задачами не пренебрегали и прославленные физики — достаточно вспомнить Осборна Рейнольдса, сделавшего научный доклад о следах на мокром песке. Но мы предлагаем эти задачи не с целью подражания великим, а только по одной причине — они «затягивают» наших учеников в физику. Откроем секрет: многие из этих задач и придумали сами ребята.



О ЧЕМ ИДЕТ РЕЧЬ В ЭТОЙ КНИГЕ (АННОТАЦИЯ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ)



Книга «Физика. 7-й класс. Развивающее обучение» отличается от других тем, что помогает учителям вводить физические понятия в ходе решения цепочки ключевых задач.

Ключевые задачи возникают на занятиях в деятельности самих учеников (в том числе в игре). Решение ключевой задачи проводится с помощью простейших моделей — вещественных или мысленных. Итог решения — «открытие» физического закона, который затем испытывается на природе и в технике.

Ход решения задачи носит исследовательский характер и содержит основные этапы, присущие любому исследованию (постановка задачи — гипотеза — следствия из гипотезы — проверка).

Кроме «закрытых» задач с четко заданными условиями и однозначными ответами, предлагаются и открытые задачи, не имеющие однозначного ответа. Это задачи-проекты, задачи-оценки, задачи-демонстрации, задачи-прогнозы, задачи-открытия, наконец, задачи с не полностью заданными условиями.

Поскольку пособие ориентировано на принципы развивающего обучения, в тексте использованы приемы развития творческого воображения, разрабо-

танные в теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Книга состоит из двух частей.

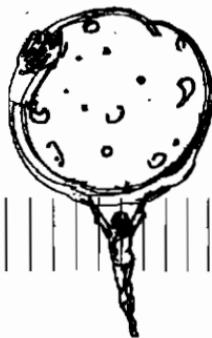
В первой — «Прелюдия, и Как играть с Природой» — обсуждаются способы действия физиков. Показано в ней и то, чем физика похожа на другие человеческие занятия, а чем от них отличается.

Вторая часть — «Физика собственной персоной».

Выбраны такие области («Движение», «Силы», «Строение вещества и его характеристики», «Гидроаэростатика»), которые позволяют:

- получать общие физические законы с помощью простых моделей;
- показать разнообразное и интересное проявление этих законов в природе и технике.

Можно считать, что цель обучения будет достигнута, если ученики сумеют пользоваться системой основных понятий, объединенных в физические законы. Это означает, что ученики смогут ставить и решать задачи, выдвигая предположения и проверяя их с помощью рассуждений, расчетов и опытов.



ПРЕДИСЛОВИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ



Формула отличия

Предостережение

*Века стоит земная твердь,
На ней всего важнее разум —
Мозгов ты можешь не иметь,
А физику учить обязан.*

*Она — Царица Всех Наук,
Но (это строго между нами)
Чтоб вам не оторвало рук —
Не трожьте физику руками!*

Эта книга предназначена главным образом для учителей. Она содержит материал, который ученики должны освоить в первый год обучения физике. Пособие исполнено в форме популярной книги по физике, но

Из школьного фольклора имеет и важное отличие: читатель, скажем, «Занимательной физики» Я. Перельмана должен по идеи знать основные физические законы — читателей данной книги авторы надеются подвести к «открытию» этих законов через решение цепочки задач.

Авторы не стремились любой ценой представить на страницах книги Последнее Слово Науки — самые строгие определения, самые точные выводы, самые лаконичные схемы и т. д.

Цель была иная — научить ребят произносить «первые слова»:

- чувствовать, что «здесь есть проблема»;
- переходить от смутных догадок к постановке задачи;

- привлекать для решения личный опыт и подручные средства;
- брать «из воздуха» недостающую информацию.

*Оставим изящество
портных и сапожников.*

Людвиг Больцман

Для того, чтобы перед учениками предстала драма идей, физика подана как способ выживания. Все «высокие материи» — познание окружающего мира, гармония Вселенной, красота и скрытая простота самой физики — считались подчиненными этой задаче.

Стремясь понятно подать материал, авторы применяли около 20 различных приемов возбуждения интереса. При этом они руководствовались пушкинским правилом: «Свое беру везде». Это значит, что многие (но не все) примеры, задачи, подходы заимствовались у физиков и лириков всех времен и народов. Все заимствованное (и все «доморощенное») мы старались подчинить ведущей идее — к открытию и применению законов природы ребята могут прийти самостоятельно. Насколько эту «генеральную линию» удалось выдержать, судить вам.



Скелет книги

Книга разбита на разделы, и каждый из них, в свою очередь состоит из нескольких историй. Все разделы имеют одинаковую структуру:

- проблемная ситуация и вопросы для обсуждения;
- постановка и решение ключевой задачи;
- подведение итогов («сухой остаток»);
- обучающие задачи.

■ Режим работы

Каждый раздел — это литературно оформленная и сокращенная запись решения задачи в классе (об организации групповой работы в классе см. приложение).

К примеру, историю 7.1 об исчезновении рома из кружки ученики могут читать дома после того, как проведут в классе опыт по испарению воды из мензурки, запишут его результаты и попробуют предсказать, когда из мензурки испарится новая порция воды. Возможен и вариант, когда учитель расскажет эту историю в классе, а ребята будут проводить опыты, чтобы разобраться и «помочь» герою истории.

Авторы предполагают, что учитель еще до первой встречи с учениками проработает книгу, выполнит все действия, указанные в тексте, и решит все задачи, какие сможет. Подавляющее большинство задач имеет простое решение. Бывает, что ребята находят эти решения быстрее, чем учитель. Многие задачи допускают несколько решений.

Это режим работы в системе развивающего обучения («правила игры» развивающего обучения см. в приложении 1). Авторы считают этот режим предпочтительным.

Может показаться, что некоторые задачи «Прелюдии...» не имеют отношения к физике. Цель обращения к таким задачам — отработать типичные для физика «ходы мысли» на материале жизненного опыта ребят. У авторов был достойный образец для подражания: известно, что Энрико Ферми, принимая но-

Попугай Эренфеста
Известный физик Пауль Эренфест обучил своего попугая произносить фразу: «Но, господа, ведь это же не физика!»
Этого попугая он предлагал в качестве председателя научных дискуссий.

вого сотрудника, давал ему задачи типа «Сколько в Чикаго настройщиков роялей?».

С книгой можно работать и в таком режиме: учитель разбирает «сухой остаток», в котором сжато изложен базовый материал. Затем он подбирает из пособия задачи по своему усмотрению, дополняя их материалом, взятым из других книг. Еще одна возможность — работа с учебником как с научно-популярной книгой: ученик читает то, что ему покажется интересным, и решает задачи по своему выбору, обращаясь за помощью к учителю.

■ Лирическое отступление

*Я не позволяю, чтобы
хождение в школу мешало
моему образованию.*

Гекльберри Финн.

Мы не так давно узнали, что всякий автор воображает себе Идеального Читателя, для которого и пишет. Для нас

Идеальный Учитель — это скорее Викниксор из «Республики ШКИД», чем Беликов из чеховского «Человека в футляре». Идеальный же Ученик нам казался больше похожим на Тома Сойера, чем на его благоразумного братца Сида. Хотя... хотя для каждого уважающего себя Буратино любой учитель, как и мы, грешные, — всего лишь Говорящий Сверчок...

Читатель, понятно, тоже воображает себе Идеального Автора, который должен наконец написать Идеальный Учебник... Реальные авторы просят помнить надпись в салунах на Диком Западе: «Не стреляйте в пианиста — играет, как может!»



СЛОВО — ЗНАТОКАМ!

До каких пор несчастные молодые люди должны будут целый день слушать или заучивать услышанное? Когда у них будет время обдумывать всю эту кучу получаемых ими сведений? Изуродованные теории, перегруженные бесполезными рассуждениями, изучаются со всей тщательностью, а самые блестящие и наиболее простые результаты опускаются.

Э. Галуа «О преподавании наук» (1831 г.)

В сущности почти чудо, что современные методы обучения еще не совсем удущили святую любознательность, ибо это нежное растение требует наряда с поощрением прежде всего свободы — без нее оно неизбежно погибает.

Большая ошибка думать, что чувство долга и принуждение помогут находить радость в том, чтобы смотреть искать. Мне кажется, что даже здоровое хищное животное потеряло бы жадность к еде, если бы удалось с помощью бича заставить его непрерывно есть, даже когда оно не голодно, и особенно, если принудительно предлагаемая еда не им выбрана.

А. Эйнштейн (1949 г.)

Временами преподавание может приближаться к поэзии, а иногда — к цинизму. Пусть ничто не будет слишком хоро-

шим или слишком плохим, слишком поэтичным или слишком низменным для того, чтобы прояснить абстрактное построение.

Если чутъе подсказывает вам, что уместно представать перед классом нѣмнаго поэтом или чутъ-чутъ циником, не отказывайтесь от этого из ложно понимаемой сдержанности.

Д. Пойа (1972 г.)

Истинный вкус состоит не в отвержении какого-либо слова, а в чувстве сообразности и соразмерности.

Кажется, А.С. Пушкин.

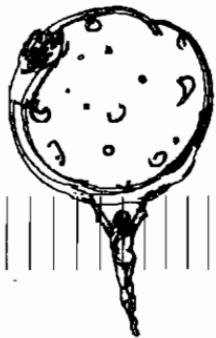
Только очень глупые люди не понимают шуток...

П.Л. Капица (1975 г.)



ЧАСТЬ I

**ПРЕЛЮДИЯ,
ИЛИ
КАК ИГРАТЬ С ПРИРОДОЙ**



1. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЛАБИРИНТ



1. Расстояние от Солнца до Марса 1,524 астрономических единицы; от Солнца до Венеры 0,723 а.ед. Какое расстояние от Марса до Венеры, если:

- а) Венера находится между Солнцем и Марсом;
- б) Солнце находится между Венерой и Марсом?

2. Расположите в порядке возрастания числа 0,5; 0,13; 0,9; 0,11; 0,7.

3. От лагеря вольных стрелков в Шервудском лесу до города Ноттингема 19,7 миль. 0,63 от этого расстояния Робин Гуд прошел пешком, а остальной путь проскакал на лошади, которую позаимствовал у рыцаря Гая Гисборна. Сколько миль проскакал на лошади Робин Гуд?

4. Масса мышки 67 г, а масса кошки 2,68 кг. Во сколько раз кошка тяжелее мышки?



5. Рост Вовки Великанова аж 0,00148 км. Выразите его рост в сантиметрах.

6. Пират Джон Сильвер живет в прямоугольной каюте площадью 5,32 м². Длина каюты — 3,8 м. Джон делает зарядку, стоя лицом к короткой стене каюты. Сможет ли он выполнить движение «руки в стороны», если размах его рук 1 м и 60 см?



7. Объём комнаты братьев Акробатьевых 55,8 м³. Комната имеет длину 5 м, ширину 3,6 м и такую высоту, что младший брат, стоя на голове у старшего, упирается макушкой в потолок. Рост старшего брата 164 см. Найдите рост младшего.

8. Робинзон Крузо высадился на круглый необитаемый остров диаметром 7 миль. Найдите площадь этого острова в квадратных милях.

9. От дорожного камня отходят три прямых дороги. Угол между первой и второй дорогами 75°, между второй и третьей 125°. Какой угол между третьей и первой дорогами?

10. Вольные стрелки отняли у шерифа кошелек золота. Одну четвертую от всего золота взял Робин Гуд, одну шестую — маленький Джон. Остальное золото решили отдать беднякам. Какую часть шерифского кошелька раздадут беднякам?

11. Мама испекла пирог. $\frac{2}{5}$ пирога съели за обедом. К началу ужина осталась $\frac{1}{3}$ пирога. Какую часть пирога съели неизвестные злоумышленники между обедом и ужином?



12. Пираты нашли сундук с сокровищами. Капитан Флинт взял $\frac{3}{7}$ того, что было в сундуке, Джон Сильвер — $\frac{5}{9}$ того, что осталось, а остальные сокровища забрал юнга Джим. Какая часть сокровищ досталась Джиму?

13. Опять про это. Первого апреля правительство Непокармании подняло цены на продукты на 300%. Второго апреля правительство свергли, а третьего апреля цены стали такими, как до повышения. На сколько процентов понизились цены в Непокармании третьего апреля?

14. Радиус Юпитера 71000 км. Найдите длину экватора этой планеты.

15. Джон Сильвер проиграл капитану Флинту в кости слиток золота, объем которого равен объему игральных костей. Длина ребра игральной кости 2 см. Сколько см³ золота проиграл Сильвер? Для игры используется 5 костей.



16. В стране Лилипутии все живые существа в одно и то же число раз меньше по размерам таких же существ в нашем мире. Какую длину имеет выловленный у берегов Лилипутии синий кит, если длина обычного синего кита 33 м, рост Гулливера (среднего англичанина) 1,74 м, а рост короля Лилипутии (среднего лилипута) 14,5 см.

17. Игрок в кости в первой игре выиграл 17 талеров, во второй проиграл в 3 раза больше, а в третьей выиграл 30 талеров. В выигрыше или в проигрыше остался игрок? Найдите сумму этого выигрыша или проигрыша. Не забывайте, что числа бывают положительные и отрицательные.

18. За 10 дней пират Ерема способен выпить бочку рома, а у пирата у Емели уйдет на это две недели. За сколько дней прикончат ром пираты, действуя вдвоем?



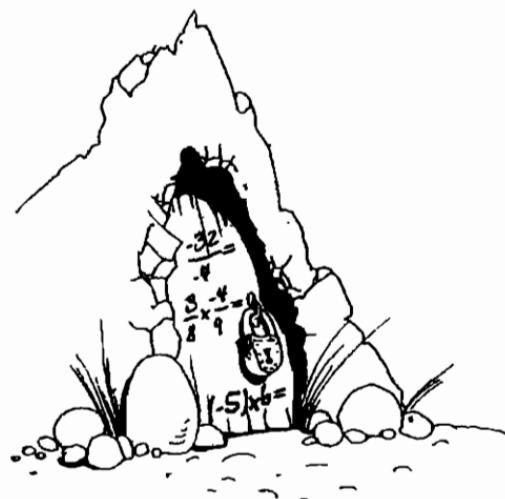


19. Закоренелый преступник мистер Икс спрятался в уравнение

$$-5(x - 7) = 30 - (2x - 1).$$

Найдите мистера Икса и узнайте, чему он равен.

20. На двери в пещеру написано:



Чтобы дверь открылась, нужно найти ответы. Естественно, правильные.



21. У трех драконов 32 головы. У первого дракона на две головы меньше, чем у второго, а у третьего — вдвое меньше, чем у первого. Сколько голов у каждого дракона?

22. На грот-мачте фрегата 8 парусов, на фок-мачте — 6, а на бизань-мачте — n . Сколько всего парусов у фрегата, если:

- а) $n = 7$;
- б) $n = 3$?

23. Учителя говорят, что время, которое ученик должен тратить на выполнение домашних заданий, должно вычисляться по формуле

$$t = 1 + \frac{1}{4}k,$$

где t — время (в часах), k — класс, в котором школьник учится. Семиклассник Костя никогда не делает уроки дольше, чем 33 мин. Во сколько раз дольше Кости готовит уроки его одноклассница Маша, которая во всем слушается учителей?



24. В кубический ящик до верху насыпали картошку. За первую неделю мыши съели верхний слой. На сколько им хватит остальной картошки? (В ящике было 1000 картофелин.)

25. В первом сражении д'Артаньян проткнул шпагой шесть гвардейцев кардинала, во втором — 11, а в третьем — 10. Найдите среднее количество гвардейцев, поверженных за одно сражение.





2. Иллюзии

2.1.

Вождь всегда прав

Индийский вождь Соколиный Глаз утверждает, что зрение никогда его не обманывает. Коварный шаман Змеиный Язык уверен, что ни в чем вождю не уступает.



Однажды утром шаман показал вождю загадочную картину:

— Посмотри, Соколиный Глаз, что я придумал. Духи предков подсказали мне, что можно сделать двустороннее копье и двустороннюю рогатину. То и другое составлено из

древка и двух наконечников. Обычным оружием удобно поражать врага, только если он впереди от тебя, а двусторонним хорошо отбиваться от нападения сзади.

А теперь скажи мне, вождь, если ты такой зоркий, какое древко на моем рисунке длиннее — у копья или у рогатины? Не ответишь — племя будет звать тебя не Соколиный Глаз, а Слепой Крот!

- Попытайтесь и вы ответить на вопрос коварного шамана: определите на глаз, какое дерево длиннее.
- Можно ли проверить ваши слова? Что для этого нужно сделать?



2.2.

То в жар, то в холод



Иван-дурак прыгнул из чана с кипятком в бассейн с Золотой Рыбкой.

Туда же прыгнул Глупый Царь из чана с ледяной водой.

Сидя в бассейне, Иван-дурак кричит, что Золотая Рыбка обледенеет, а Глупый Царь — что сварится.

- Что сказала бы по этому поводу сама Золотая Рыбка?
- Проведите простой опыт с участием двух пальцев и трех стаканов — вам будет легче ответить на вопрос.
- Как могла бы Золотая Рыбка убедить Ивана-дурака и Глупого Царя, что опасность ей не грозит?



Все знают, что у обезьяны размах рук равен росту.

- Посмотрите на обезьяну в клетке. Сможет ли она развести руки в стороны?
- Что больше — высота клетки или ее ширина? Как это проверить?
- Не приходилось ли вам сталкиваться с обманом чувств в быту, в кино, в театре или цирке?
- Что больше — Солнце или Луна? Солнце или звезды?
- Всегда ли наши чувства говорят нам правду? Можно ли их проверить?
- Можно ли выяснить, насколько велика в каждом случае ошибка чувств?
- У всех ли людей бывают такие ошибки? Нельзя ли их исправить?

Чувства могут обманывать нас — не очень сильно.

Когда мы не хотим с этим мириться, можно проверить наши ощущения при помощи измерений.

Иногда обманы чувств могут быть полезны (фокусы, живопись, кино).



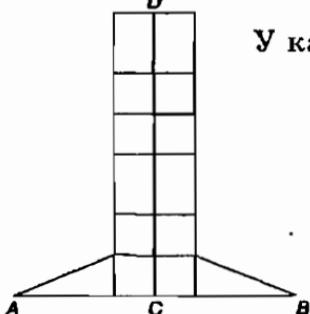
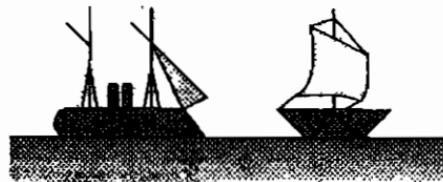
■ Перед вами задача: разобраться, какие картинки создают иллюзии, а какие — нет.



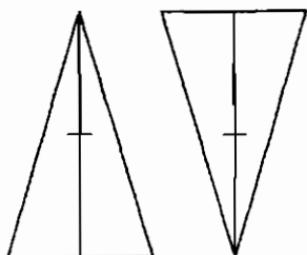
Кто выше?



Какой квадрат больше: белый на черном фоне или черный на белом?



Что больше:
AB или CD?

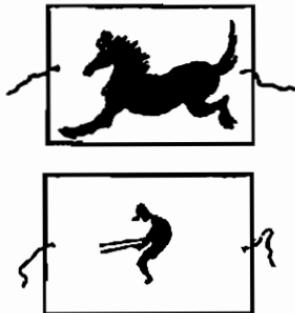


Какая часть высоты
треугольника короче?

У какого корабля палуба короче?



Какие черточки длиннее?



Сделайте карточку на за-
кручивающейся нитке. За-
крутите ее. Отпустите нитку.
Что происходит?



3. ЧТО ПОДДАЕТСЯ ИЗМЕРЕНИЮ?

3.1.

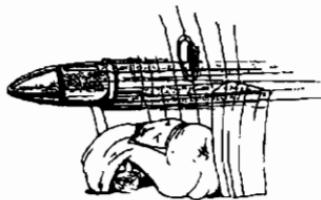
Репортаж из-под койки

Матрос Фукс после перестрелки с пиратами рассказывал, что видел из-под койки, как через каюту пролетела пуля.

Старший помощник Лом настаивает, что матрос Фукс, мягко говоря, преувеличивает.

Капитан Врунгель собрал команду, вынул из кармана пистолет, поставил на стол старенький сверхточный хронометр и сказал:

— Давайте разберемся!



- Что они стали делать дальше?
- Может ли славная команда выяснить, сколько времени летит пуля через комнату?

3.2.

Не думай о мгновеньях свысока

Мюллер вызвал Штирлица в канцелярию и шепотом спросил:

— Штирлиц, скажите мне по секрету, что такое «мгновение»?

Штирлиц встал, отдал честь и, не моргнув глазом, отчеканил:

— Мгновение — это промежуток времени, за который шпион может хоть что-нибудь заметить!

Мюллер достал свои хваленые швейцарские часы и произнес:

— Интересно, сколько длится мгновение у русского шпиона?

■ Удовлетворит ли Мюллер свое профессиональное любопытство?

Меряют ли животные?

Пчелы передают друг другу информацию о направлении полета к источнику пищи, о расстоянии до него, а также о количестве пищи в нем. Информация передается с помощью танцев. Если пища близка, пчела исполняет круговой танец, если дальше 85 м, пчела пользуется «вихляющим» танцем в виде восьмерки.

(Карл фон Фриш — Нобелевская премия 1973 г. по физиологии и медицине)

3.3.

Клуб кинопутешествий

Однажды знаменитый путешественник и врач Юрий Сенкевич решил измерить температуру вулкана.

Перед извержением он вставил в кратер медицинский термометр и удалился.

■ К вечеру Сенкевич вернулся за термометром. Какую он (термометр) покажет температуру?



Как-то раз иностранные журналисты спросили Генерального Конструктора, во сколько раз крыло самолета превосходит по размерам крыло комара.

Генеральный тут же поймал подходящего комара, достал из кармана линейку, с которой никогда не расставался, и зашагал к самолету своего имени.

■ *Домой он вернулся в неважном расположении духа. Почему?*

3.5. Интервью с директором Пробирной Палатки

Никто не обнимет необъятного...
Козьма Прутков

— Ваше Превосходительство, расскажите, чем занимается ваше заведение.

— Будто вы не знаете? Измеряет!

— А зачем?

— Как «зачем»? Чтобы все было без обману!

— Ваше превосходительство! Неужели можно измерить все?

У великого физика Галилея был *неплохо подвешен язык*. Физики чаще всего вспоминают две его фразы. Первая: «Число дураков бесконечно». Вторая: «Надо измерять все, что поддается измерению, и делать измеримым все, что измерению пока не поддается».

— А вы как думали? Нам за это, милостивый государь, жалованье платят.

— Взгляните, Ваше Превосходительство, на улице туман. Могут у вас в Палатке измерить, скажем, густоту тумана? А как насчет дождика?

— Это для нас, господин хороший, плевое дело. Вот вы в газетах можете накропать «переменная облачность». А нам эту самую облачность отмерить надо. Точно, как в аптеке. Эка невидаль, облачность! Нам что сквозняк, что буря морская, что извержение вулкана — отмеряем так, что будь здоров!

— Ваше Превосходительство, а нельзя ли поступить в ваше учреждение на службу?

— Почему нельзя? Очень даже можно! Завтра приходите пораньше, измерим ловкость, силу, здоровье — у нас, знаете, без этого пропадешь. Потом, как водится, определим усидчивость, да и терпеливость должна быть такая, что только держись. Болтливости и драчливости, понятно, поменьше — чай, не в гусары поступаете! За большой уровень нахальности начальство, известно, тоже не пожалует... А все остальное должно быть в пределах нормы.

— А как Вы узнаете эти пределы, Ваше Превосходительство?

— А у нас в Палатке есть прибор, именуемый «Бог-знает-чего-метр». На нем все пределы обозначены: и пределы нормы, и пределы измерения. И измеряет он «Бог-знает-чего» тютелька в тютельку.

Блестящий физик Аркадий Мигдал шутки ради изобрел «дуракометр». На официальные приемы он являлся в пиджаке, из нагрудного кармана пиджака торчала короткая, но хорошо заметная нитка. Мигдал подходил в этом пиджаке к разным людям, и почти все хотели убрать нитку с пиджака. Доброжелатель тянул нитку к себе до тех пор, пока не убеждался, что снять нитку невозможно — она сматывалась с катушки, которую Мигдал держал в кармане. Длина нитки, которую успевал вытащить доброжелатель, прежде чем соображал, в чем дело, считалась мерой глупости доброжелателя.



— А если большая тютелька на маленькую не попадает — тогда как?

— Если стрелочка не попадает на черточку, тогда между маленькими черточками нарисуем совсем мелкие.

— А если и на мелкую не попадает?

— У нас такого не случалось. А когда случится, извинимся: «Погрешность, мол, вышла, с кем не бывает». И возьмем другой прибор.

■ *Что из перечисленного Директором Пробирной Палатки действительно поддается измерению?*

В жизни бывают ситуации, которые хотелось бы поточнее контролировать. «Невооруженного глаза» (уха, носа) для этого бывает недостаточно. Тогда и помогают измерения.

Если вам захотелось что-то измерить (длину, температуру, силу, ловкость) — нужно разыграть трехходовку:

1. Выбрать единицу измерения.

2. Придумать способ сравнения измеряемой величины с выбранной единицей.

3. При этом нужно сконструировать (или взять готовый) прибор, который поможет это сделать.

Сейчас умеют измерять густоту тумана, уровень осадков, степень облачности. Приборы эти просты, вы сами можете додуматься, как их сделать. Вы легко назовете приборы, измеряющие здоровье человека и его физические качества. За измерение качества ума и характера физика пока не берется.

Парад приборов

Постарайтесь вспомнить как можно больше известных вам приборов и заполните таблицу.

Прибор	Величина	Мера	Пределы измерения	Цена деления	Погрешность
Линейка	длина	мм, см	1мм - 30 см	1 мм	0,5 мм
Мензаурка					
Часы					
Термометр					
Компас					
...					

■ Что бы вы теперь посоветовали Врунгелю и остальным героям этой главы?

Кто без греха?

Козьма Прутков утверждает, что в Пробирной Палатке собраны приборы, которые не имеют погрешностей. Можно ли ему верить?

Неполная мера

Как заставить прибор (к примеру, весы) соврать?
Как обнаружить, что прибор врет?

Лабораторные работы Измерение ловкости

1. «Ассистент» прижимает вертикально расположенный деревянный метр к стене так, чтобы его середина находилась на уровне метки на стене.

2. Неожиданно для «испытуемого» «ассистент» отпускает метр в свободное падение. (Смешные испытания)

3. «Испытуемый» должен остановить падение метра, прижимая его к стене. Мерой ловкости будет...

4. Опыт повторяется с другими участниками, при желании можно провести чемпионат класса.

■ Какие погрешности могут возникнуть при измерении ловкости? Как их устранить?

110 или 220?

Профессор работал в лаборатории с одним из своих студентов. Возник вопрос: под каким напряжением — 110 или 220 в — находились клеммы, которым нужно было подключить аппаратуру? Студент собрался сбегать за вольтметром, но профессор посоветовал ему определить напряжение на ощупь.

— Но ведь меня просто дергает, и все, — возразил студент.

— Да, но если тут 110 в, то вы отскочите и выкрикнете: «О, черт!», а если 220 — то выражение будет покрепче. Когда об этой истории профессор рассказал остальным студентам, кто-то из них заметил: «Сегодня утром я встретил одного малого, так он, наверное, как раз перед этим подключился к напряжению 440!»

Вредный совет

Если, скажем, ты заметил, что какой-нибудь прибор невредим и цел и даже может что-то показать — смело бей его об стенку, и лупи его ногами, и роняй его (случайно) прямо на пол со стола.

Сквознякометр

1. Возьмите полоску газовой ткани или папиросной бумаги длиной около 10 см. Подклейте ее к карандашу или линейке.

А когда приборов в классе не останется совсем, то представь, как будут рады

сразу все ученики, потому что ваш учитель жить не может без приборов, и тогда придется в школе все уроки отменить!

Из школьного фольклора

- Поднесите эту конструкцию к краю окна, двери, холодильнику или другому подозрительно-му месту.
 - Найдите с помощью «сквознякометра» самые сильные струйки воздуха.
- *Можно ли сделанное устройство назвать физическим прибором? Измерительным прибором?*
- *Как бы вы предложили усовершенствовать «сквознякометр»?*

3.6.

Остров Невезения

Было это тогда, когда люди еще железо не ковали, на колесах не ездили, но считали уже не «раздва-много», а могли сказать, и сколько зерен в колосе, и сколько людей в племени, и сколько листьев на дереве. Правда, сколько капель в море, сосчитать еще не умели.

Жили на острове два племени: долгоруки и быстроноги. И те, и другие уже умели измерять и взвешивать, но делали это по-разному.

Мерой длины у быстроно-гов был фут. В главной пещере племени хранился кусок застывшей глины с отпечатком Левой Ноги легендарного вождя Быстроноги Первого — с этим отпечатком длину и сравнивали.

Массу быстроноги измеря-





ли в раковинах, а время — в упадах (столько времени остается жить пленнику, сброшенному с высоты 50 футов).

У долгоруков длину измеряли в локтях. В тайнике у старейшины хранилась стрела длиной точно с руку Первого Долгорука — от пальцев до локтя.

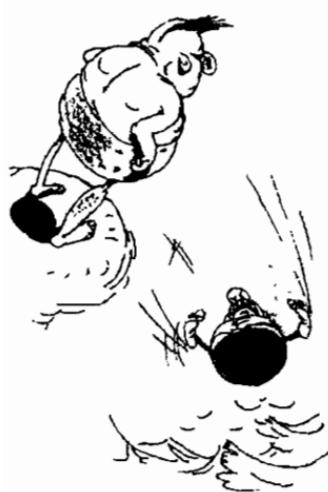
Каменный наконечник этой стрелы служил мерой массы. А мерой времени считалось время, за которое сгорает сухая лиана в 10 локтей. Так эта мера и называлась — лиана.

Однажды встретились двое мальчишек: быстроног и долгорук. И, как всякие мальчишки, начали хвастаться.

— А мой пapa — самый сильный в нашем племени! — говорит долгорук.

— А мой пapa — в нашем, — отвечает быстроног.

— А какая у него сила?



— Он одной рукой валун в две тысячи раковин поднимает.

— Что еще за раковины такие? Пять ваших раковин на захудалый наконечник не тянут!

— Какой еще наконечник? Сейчас как врежу — отлетишь на 12 футов!

— 12 чего?

— Футов. Ты что, не видел отпечатка Левой Ноги нашего вождя?

— Нужна мне эта нога, как мамонту третий бивень...

Чем, по-вашему, закончился этот спор? Правильно — дракой. Затем за сыновей вступились папы — первые силачи острова. А раз уж такое дело, то и остальные в стороне стоять не будут... В конце концов осталось на острове пять человек. Сели они на бревно и уплыли с острова — жить на нем уже было нельзя.

Как нужно было поступить быстроногам и долгорукам, чтобы они поняли друг друга?

Вместо того чтобы воевать, вожди должны были собраться вместе и выбрать общие меры. Вычислить, сколько в новой мере футов и локтей... Ну и так далее.

До конца XVIII века в мире царила такая же неразбериха с мерами, как у быстроногов и долгоруков. Не только каждая страна, но даже каждая провинция (графство, княжество, губерния) имела свои меры. Только в измерении времени все народы пользовались часами, минутами и секундами. Английский фунт заметно отличался от русского, а длину каждый мастер мерял в буквальном смысле на свой аршин.

Откуда идет любая мода? Из Франции — там и была придумана новая система мер. Сейчас этой системой пользуется весь мир. Французы сделали драгоценную линейку — метр, драгоценную гирю — килограмм и все это поместили за семью запорами. Все другие метры равняются на французский МЕТР, все



Образцовый метр



Образцовый килограмм

другие килограммы — на образцовый же французский КИЛОГРАММ. А кто остался со старыми мерами (например, англичане) — возятся с громоздкими таблицами:

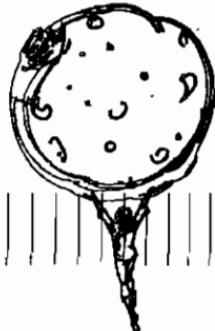
1 дюйм = 0,0254 м;

1 галлон = 0,004546 м³.

Так меры и рождались: сначала Племенные, потом Государственные, затем Международные...

- *Как вы думаете, что будет дальше?*
- *В середине века у арабов эталоном длины была толщина волоса с морды осла; у монголов — дневной конский переход. Можете ли вы найти соотношение между ними?*
- *Можно ли, не зная больше ничего об арабах и монголах, сравнить уровень их культуры в средние века?*

Английский физик лорд Кельвин любил повторять: «Английская система мер была бы самой бесполковой в мире, если бы не было английской денежной системы».

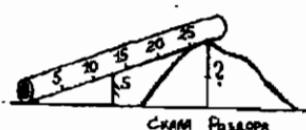
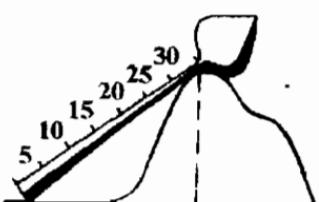
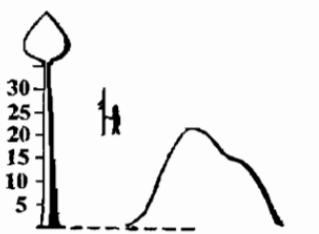


4. Измерение недоступного



4.1.

Великолепная семерка



Вождь племени Ну-Ну решил наградить самых смелых воинов. Совет старейшин после трехдневной перебранки постановил:

Первым храбрецом считать того, кто может прыгнуть вниз с самой большой высоты.

Первую семерку храбрецов наградить, результаты увековечить: их имена высечь на Скале Совета.

Победитель получает Главный приз — Долгомерное копье высотой 10 локтей.

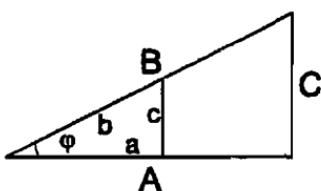
С восходом солнца все претенденты должны были влезть на Священную Секвойю, мечтавшую зарубками через локоть до самой вершины.

Ночью случилась гроза, и Священная Секвойя рухнула на Скалу Совета.

Представьте, что вы — Главный Советник Вождя. Ответьте, если сможете:

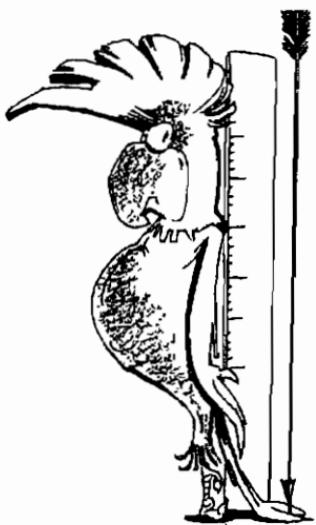
1. *Можно ли выполнить указ Старейшины?*
2. *Можно ли найти на упавшей Секвойе хоть одну точку, высота которой известна? Не поможет ли в этом Главный Приз?*
3. *Можно ли теперь найти точку, высота которой вдвое больше известной? Втрое больше известной?*
4. *Шаман племени Ну-Ну давно хотел узнать высоту Скалы Совета, но не мог. Помогите ему.*
5. *Заполните таблицу результатов «великолепной семерки».*
6. *Пигмеи соседнего племени Ну-Ну нарочно уронили свое священное дерево на Скалу Раздора, которая, конечно, ниже, чем Скала Совета. Насколько? (Покоренные пигмеи используют те же меры, что и племя Ну-Ну. За пользование другими мерами — съедение нарушителя на месте.)*

Можно ли найти размер предмета, если предмет недоступен прямому измерению?



Можно найти размер предмета В, недоступного прямому измерению, если известно расстояние до него А и угол φ, под которым он виден (см. рисунок):

$$\frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} \Rightarrow A = \frac{a}{c} C ;$$
$$A = \frac{a}{b} B ; B = \frac{b}{c} C .$$



У вождя племени Ням-Ням жил в хижине попугай, который в руки никому не давался — а вдруг съедят!

У вождя племени Плям-Плям тоже был ручной попугай, который не боялся ничего на свете.

Как-то раз пришел вождь Плям-Плям к вождю Ням-Ням в гости. Выпили вожди Огненной Воды, закурили Трубку Мира, тут Плям-Плям и говорит:

— Знаешь ли ты, благородный Вождь, что мой попугай — самый большой во всей округе? У него от носа до хвоста как раз стрела укладывается, правда, без оперения.

— Прости, но ты ошибаешься, благородный Вождь, — ответил Ням-Ням.

— Мой попугай немножко больше, чем твой уважаемый попугай. У моего попугая от носа до хвоста укладывается как раз стрела с оперением.

— Ну, неси сюда своего уважаемого попугая, благородный Вождь, — сказал Плям-Плям после трех Трубок Мира и порции Огненной Воды. — Стрела у меня с собой, померяем.

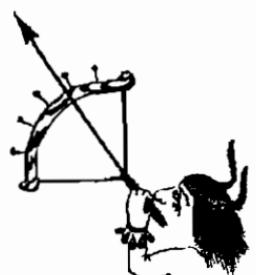
— Да вон он, проклятый,





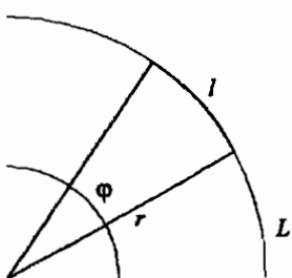
на скале сидит, — ответил Ням-Ням после трех порций Огненной Воды. — А до той скалы как раз два полета стрелы. Но ты не думай, благородный Вождь, что я вру. Мой шаман умеет чертить такое заклинание, что духи племени подсказывают ему длину любой дичи — лишь бы он ее видел.

Послали за шаманом. Шаман выпил порцию Огненной Воды, выкурил Трубку Мира и достал что-то вроде лука с закрепленной стрелой:



— Посмотрите, мудрые Вожди, вот сюда. Весь лук разбит на девяносто больших частей, бледнолицые называют их «градусы». Это очень странно, потому что в градусах бледнолицые обычно измеряют крепость Огненной Воды. Каждая большая часть разбита на 60 маленьких частей, бледнолицые называют их «минуты». Это тоже очень странно, потому что в минутах бледнолицые обычно измеряют время. Теперь смотрите, мудрые Вожди, одним глазом вдоль стрелы сначала

на нос попугая, а потом поверните стрелу и смотрите на хвост. Только не толкайтесь, по очереди. Сколько минут отмерила стрела? Сколько пальцев на двух руках. Теперь я могу вам сказать размер попугая, что сидит на скале Бизоний Рог. Только сначала нарисую заклинание.



Заклинание шамана

- Можете ли вы найти размер попугая, зная расстояние до скалы и угол ϕ ?
- Шаман изобразил попугая как часть окружности. Зачем?
- Во сколько раз длина окружности L больше попугая l ?
- Во сколько раз 360° больше угла ϕ ?
- Какой размер попугая, если два полета стрелы составляют $r = 200$ м, а угол $\phi = 10^\circ$?

Можно ли найти размер удаленного предмета l , если известно расстояние до него r и угол ϕ , под которым виден этот предмет?

Это можно сделать, если подметить, что удаленный предмет можно считать дугой окружности радиуса r . Длина этой окружности $L = 2\pi r$.

Тогда $l/L = \phi/360^\circ$, значит, $l = \phi 2\pi r / 360^\circ$.

Если, наоборот, известен размер предмета, измеряя угол ϕ , можно найти расстояние до этого предмета.

26. Уголок с ноготок

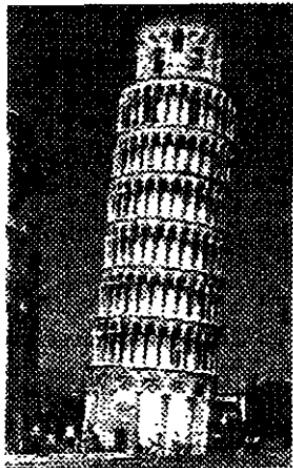
Под каким углом виден ноготь на вашем мизинце?

27. Падающая башня

Можете ли вы по фотографии определить размеры башни?

28. Великая Стена

Известно, что высота Великой Китайской Стены 5 м. Попробуйте определить длину участка на фотографии. С какой высоты велась съемка?



29. Про кита

*Кто-то глянул с самолета на кита и
сказал, махнув рукою: «Мелкота!»*

Г. Сапгир



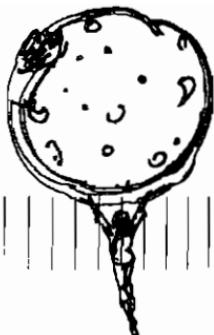
На какой высоте летел самолет,
если кит в море выглядел, как киль-
ка на ладони?

30. Директор на ладони

На каком расстоянии была ди-
ректор в момент съемки?

31. Двуглазый пират

Торговый барк проходит мимо стоящей на якоре шхуны. В момент наибольшего сближения боцман шхуны вытягивает руку вперед и, глядя только правым глазом, заслоняет большим пальцем вытянутой руки нос барка. Открыв левый глаз и закрыв правый, он видит, что теперь его палец закрывает коршу барка. После этого боцман мгновенно и довольно точно называет расстояние L до торгового барка. Попробуйте и вы это сделать, если известно, что длина барка $a = 100$ м, длина руки боцмана $l = 60$ см, расстояние между зрачками $b = 65$ мм.



5. ГУЛЛИВЕРЫ И ЛИЛИПУТЫ

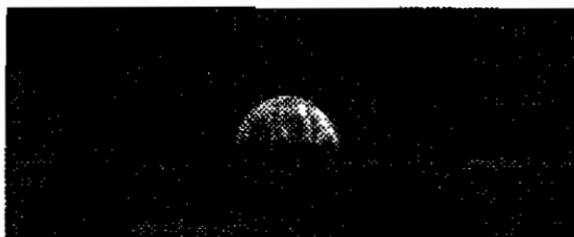
5.1.

Маленький принц

В недавние времена на Планете размером с баобаб жил-был Маленький Принц. Случилось ему побывать на Земле, планете очень большой и не очень понятной.

Вернувшись домой, Принц захотел отыскать Землю в небе своей Планеты — и понял, что сделать это не так-то легко.

«Очень может быть, — подумал Принц, — что я вместе с Земли смотрю на какую-нибудь Планету-Гигант, которая больше Земли во столько раз, во сколько Земля больше моей Планеты.



Светило Земля

*Полз по арбузу муравей
и думал: «Ой-ёй-ёй!
Как необъятен и велик
огромный шар земной».*

Роман Сеф



Где водятся тигры, могут водиться и слоны, а кого больше — непонятно. Так и в небе — на всякого Гиганта может найтись Сверхгигант. А может, моя Планета — тоже Сверхгигант для какого-нибудь мелкого существа? Если есть в мире планет такие сверхгиганты и мини-карлики — как их измерить? Есть ли какой-нибудь Всем Размерам Размер, больше которого уже не бывает? Найдется ли самый крохотный размерчик, чтобы меньшего и представить было невозможно?

Между ударами человеческого сердца проходит секунда. У птицы колибри, которая размечом с бабочку, тоже бьется сердце. Чаше или реже?

Человек может дожить до ста лет; гигантская секвойя, говорят, живет тысячелетия, а сколько времени продержится все живое на Земле? Сколько отпущено самой Земле? И с чем сравнивать эти сверхпланеты и микропланетки? На Земле какой-то сумасбродный Король добился, чтобы все размеры сравнивали с его царственной стопой. Может, и мне поступить так же? А с какой планеты начать? Не иначе, как с той, которая есть под рукой, вернее, под ногой!»

■ *Может ли Маленький Принц определить размер собственной Планеты?*

Как измерить размеры своей планеты?

Один из способов — кругосветное путешествие.

Если в результате такого путешествия длина экватора L найдена, то $L = 2\pi R \Rightarrow R = L/2\pi$.

Можно измерить не весь экватор, а известную его часть. Если, к примеру, измерена четверть экватора l , то $L = 4l$.

5.2.

До самой далекой планеты...

Однажды Маленький Принц в который раз поссорился со своей Розой и, как водится, отправился смотреть на закат.

Ему было так грустно, что захотелось приблизиться к Солнцу — будь что будет!

«Интересно знать, далеко ли Солнце от моей Планеты, — раздумывал Маленький Принц. — Сейчас я вижу Солнце величиной с тарелку.

Если бы моя Роза жила на Солнце, тогда она видела бы мою Планету размером с monetу.

Однажды в пустыне мой друг летчик показал мне, как следить за звездами. Он пользовался помесью циркуля и транспортира и называл эту помесь «секстант».

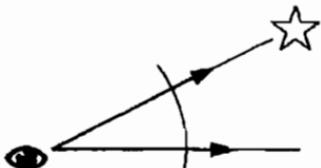
Если бы я сидел на Солнце рядом с Розой и имел при



себе такую штуковину, я бы сумел найти расстояние от Солнца до моей Планеты.

Правда, я пока еще не на Солнце, но мне кажется, если хорошо повернуть в руках этот самый секстант, то на Солнце для этого сидеть не обязательно!»

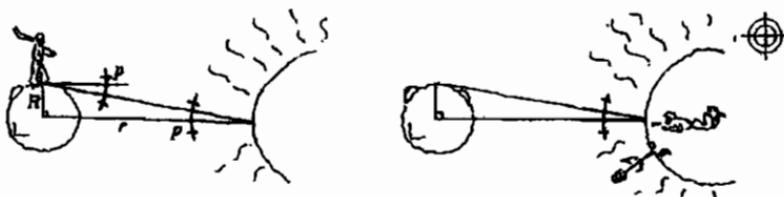
- Не может ли Принц найти расстояние до Солнца, не покидая своей Планеты? Как это сделать?



Как узнать расстояние до какого-нибудь светила (Солнца, Луны, планеты), если уже известен радиус своей планеты (к примеру, Земли)?

Нужно измерить угол, под которым с этого светила виден радиус Земли (это можно узнать, не покидая Земли):

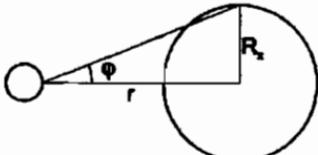
$$\frac{R}{2\pi r} = \frac{\rho}{360^\circ} \Rightarrow r = ?$$



- Может ли Принц после этого определить размер Солнца?

Как измерить размер светила, если расстояние до него уже найдено?

Нужно найти угол, под которым видно светило с Земли:

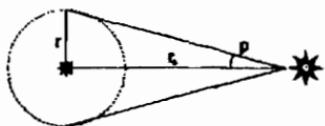


$$\frac{R_s}{2\pi r} = \frac{\Phi}{360^\circ} \Rightarrow R_s = ?$$

■ Когда Маленький Принц попробовал измерить расстояние до звезд, оказалось, что угол слишком мал — его нельзя измерить. Что бы вы предложили?

Как измерить расстояние от планеты до звезды (угол, под которым Земля видна со звезды также слишком мал)?

Если расстояние до светила (радиус орбиты) уже измерено, можно измерить угол p , под которым будет виден радиус орбиты r , а потом вычислить r :



$$\frac{r}{2\pi r} = \frac{p}{360^\circ} \Rightarrow r = ?$$

■ Попробуйте найти, во сколько раз высота Эвереста (8848 м) меньше расстояния до Луны (384 000 000 м).

■ Во сколько раз расстояние до Луны меньше радиуса Солнца (700 000 000 м)?

$$\frac{384\,000\,000}{8\,848} = ?$$

$$\frac{700\,000\,000}{384\,000\,000} = ?$$

Удобно ли вам записывать эдакие цифры? Не надоело рисовать нули? С нулями гораздо легче управляться, если записать число по-другому:

высота Эвереста:

$$8848 \text{ м} = 8,848 \cdot 10^3 \text{ м};$$

расстояние до Луны:

$$384000000 \text{ м} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ м};$$

радиус Солнца:

$$700000000 \text{ м} = 7 \cdot 10^8 \text{ м}.$$

Попробуйте теперь найти те же отношения. Обратите внимание, как легко «жонглировать» нулями:

$$\frac{384\ 000\ 000}{8\ 848} = ?$$

$$\frac{700\ 000\ 000}{384\ 000\ 000} = ?$$

Как видите, Маленький Принц с помощью «стопы» нашел радиус планеты, с помощью радиуса планеты — радиус орбиты, с помощью радиуса орбиты — расстояние до звезды. Получилась своеобразная «лестница расстояний»... Если ее продолжить, получится таблица (см. с. 51).

32. Влезет ли Солнце внутрь лунной орбиты?

33. Близко ли ближайшая звезда?

Определить расстояние до ближайшей звезды, если радиус земной орбиты с этой звезды виден под углом 0,75" (угловых секунд*).

34. Закатное Солнце

Солнце на закате выглядит намного больше, чем в зените. Не означает ли это, что Солнце к вечеру приближается к Земле? Или это просто иллюзия? Как это проверить?

35. Квадранты-гиганты

Почему знаменитые астрономы Тихо Браге и Улугбек делали угломерные приборы размером во всю стену (рис. 1)?



Рис. 1

* Угловая секунда в 60 раз меньше угловой минуты.

Что измерялось	Результаты измерений	Результаты, м	Кто первым измерил
Ваш рост			
Рост самого высокого человека	2 м 42 см	2,42	
Высота Эвереста	8,848 км	$8,8 \cdot 10^3$	Хиллари, Тенсианг
Длина Китайской стены			
Радиус Луны	1740 км	$1,74 \cdot 10^6$	
Радиус Земли	6370 км	$6,3 \cdot 10^6$	Эратосфен
Расстояние Земля—Луна	384000 км	$3,8 \cdot 10^5$	
Радиус Солнца	700000 км	$7 \cdot 10^6$	
Радиус земной орбиты	149597900 км	$1,5 \cdot 10^{11}$	Коперник (?)
Расстояние Солнце—Плутон	6000000000 км	$6 \cdot 10^{12}$	Лоузли (?)
Световой год (расстояние, которое свет проходит за год)	9460000000000 км	$9,46 \cdot 10^{15}$	
Расстояние до ближайшей звезды (Альфа Центавра)	42000000000000 км	$4,2 \cdot 10^{16}$	Струве
Радиус Галактики	942000000000000000 км	$9,4 \cdot 10^{20}$	
Наибольшее расстояние, доступное приборам (радиус изученной области Вселенной)		10^{26}	Хаббл (?)

36. Кляксы на Юпитере?

На фотографии Юпитера недалеко от Большого Красного Пятна вы видите «Малое Черное Пятно» (рис. 2).

1. Определите размеры обоих пятен.
2. Как вы думаете, что может представлять собой «Малое Черное Пятно»?

37.

Определите размеры выброса-протуберанца на Солнце (рис. 3).

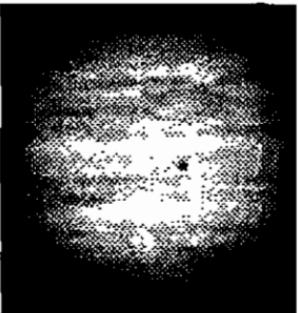


Рис. 2



Рис. 3

38.

Определите размеры пятен на Солнце (рис. 4).

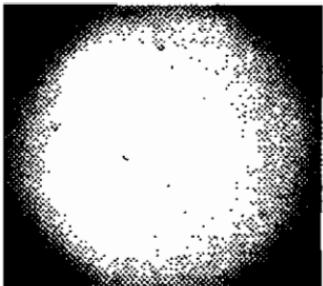


Рис. 4

39.

Найдите:

1. Размеры кольца Сатурна (рис. 5).

2. Ширину самой большой щели в кольце.

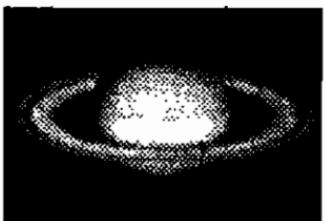


Рис. 5

40. Что, если и там почкование?

На фотографии рядом с Юпитером вы видите маленький кружок (рис. 6).

1. Определите его натуральные размеры.

2. Что это может быть?

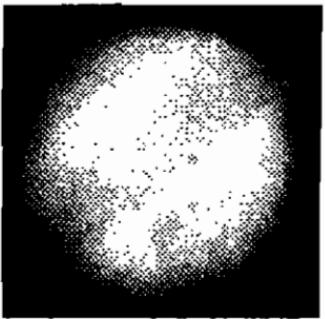


Рис. 6

Лабораторная работа Создайте Солнечную систему

Перед вами таблица расстояний от планет до Солнца, а также размеров планет и Солнца.

Планета		Расстояние от Солнца		Диаметр	
Имя	Знак	В натуре, км	На модели	в натуре, км	на модели
Меркурий	☿	$57,9 \cdot 10^3$		4 840	
Венера	♀	$108,1 \cdot 10^3$		12 100	
Земля	⊕	$149,5 \cdot 10^3$		12 740	
Марс	♂	$225,8 \cdot 10^3$		6 794	
Юпитер	♃	$777,8 \cdot 10^3$		139 800	
Сатурн	♄	$1\,426 \cdot 10^4$		116 000	
Уран	♅	$2\,868 \cdot 10^4$		50 800	
Нептун	♆	$4\,494 \cdot 10^4$		48 600	
Плутон	♇	$5\,908 \cdot 10^4$		2 280	
Солнце	☉			1 390 000	

Выберете масштаб так, чтобы Плутон оказался в пределах комнаты (класса), но все же так, чтобы Солнце не выглядело просто точкой.

- Какие трудности возникают при выборе такого масштаба?
- Удобен ли масштаб 1 см — 5 млн км?
- Каких размеров комната вам понадобится?



Задание 1.

Заполните таблицу.

- Какие подробности строения Солнечной системы кажутся вам интересными?

- Если в этом же масштабе показать расстояние до ближайшей звезды, каких размеров комната вам бы понадобилась?

Задание 2.

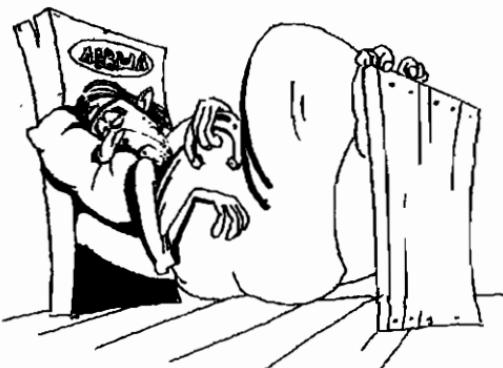
Изобразите все планеты и Солнце так, чтобы их размеры можно было сравнить невооруженным глазом.

- Как вы предлагаете это сделать?
- Какой масштаб нужно выбрать?

5.3.

Дело мастера боится

Знаменитый мастер Косой Левша, подковав очередную блоху, по русскому обычаю крепко выпил и уснул. Во сне явился ему Мастер всех Мастеров и сказал:



— Послушай, Левша, такого умельца, как ты, под Луной не сыщешь.

Поэтому я исполню любые твои три желания. На размышление даю столько времени, сколько надо

блохе, чтоб трижды прыгнуть, — мастеров много, а я-то один!



Левша не долго думая в ответ:

— Во-первых, дай мне, Великий Мастер, такой инструмент, чтобы можно было снимать мерку с блошиной ножки — замаялся я блох за ноги держать: блоха не лошадь, и ног у нее шесть.

Во-вторых, сделай так, чтобы я, когда захочу, сам мог стать ростом с блоху: скоро я всех блох перекую и возьмусь за живность что помельче.

А в-третьих, пошли мне помощника, а то одному несподручно — куешь-куешь, а получаешь гроши!

Мастер всех Мастеров почесал сияющий затылок и промолвил:

— В помощники тебе, Косой Левша, даю кроткую девицу Алису из Страны Чудес — она тебя и научит становиться ниже травы — да так, что небо с овчинку покажется.

А инструмент вы с ней сделаете сами — на это всего и надо, что Болт с Хитрой Резьбой и Солнечный Зайчик.

Проснулся Косой Левша — рядом на аглицком вертлявом стуле сидит девица Алиса из Страны Чудес и смотрится в небольшое зеркальце. Пригляделся Левша и видит — не простой это стул, а Болт с Хитрой Резьбой. И спрашивает кроткая девица Алиса у Косого Левши:



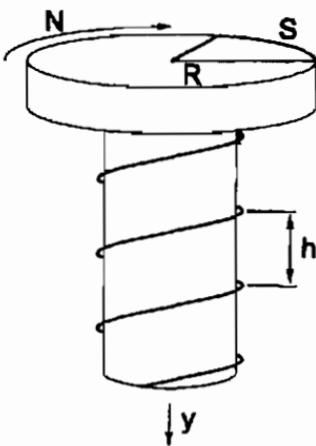
— Ну, Мастер, и что мы со всем этим будем делать?

Взял Левша кроткую девицу Алису за белые руки и крутанул разок — девица дважды кругом вместе со стулом обернулась и вроде как повыше стала. Крутанул ее Левша в другую сторону — девица опять же вместе со стулом повернулась трижды, но теперь уже стала пониже...

. К утру Левша понял, как из Болта с Хитрой Резьбой нужный инструмент сделать.

Если вам тоже хочется это понять, ответьте на вопросы:

1. Насколько смещается винт, если головку повернуть на 1 оборот? на пол оборота? на четверть оборота? Как бы вы назвали первое смещение? Сможете ли вы определить это смещение, не врача винт?
2. Как надо повернуть головку винта, чтобы винт сместился на заданное расстояние?
3. Винт сместился на заданное расстояние. Как отмерить это расстояние?
4. Как нужно выбрать винт, чтобы смещение можно было сделать маленьким?
5. Как отметить эти смещения, чтобы они, оставаясь малыми, были хорошо различимы?



6. Какие наименьшие расстояния можно измерить таким способом?

7. Разберитесь в устройстве и принципе действия микрометра.

Принцип действия микрометра

Если головку винта повернуть на полный оборот, сам винт сместится на расстояние h , которое называется шагом резьбы.

Выбрав винт с малым шагом и большим радиусом головки, легко отметить смещение винта на малые расстояния:

$$\begin{array}{ll} N = 1; & N = 2; \\ S = 2\pi R; & S = 2 \cdot 2\pi R. \end{array}$$

$$\begin{aligned} N \\ S = N \cdot 2\pi R; \quad \frac{y}{h} = \frac{S}{2\pi R}; \\ y = N \cdot h. \end{aligned}$$

Такой винт — главная часть микрометра — прибора, измеряющего расстояние с точностью до 0,01 мм (до 0,00001 м).

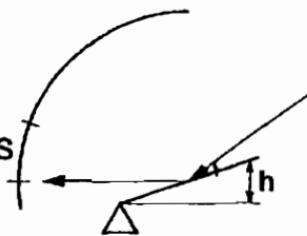
Поутру стал Левша думать и гадать: «С Хитрым Болтом, пожалуй, разобрались, а причем здесь солнечный зайчик?» Думал-думал — и заснул. А проснулся оттого, что прямо в глаза ему стало светить солнце. Продрав глаза, Левша понял, в чем дело: Алиса слегка покачивала зеркальце, и ослепительный солнечный зайчик скакал то на Левшу, то на потолок.

Левша спросо-



нья изумился: как получается, что Алиса еле пальчиком пошевелит — а зайчик ухитряется преизрядные прыжки делать. А потом понял — это вроде как грабли: наступишь на них — и зубцы сдвигаются на дюйм, а ручка — на сажень, да как даст по башке! Тут у него в голове сверкнуло — вот тебе, Левша, другой инструмент!

Приладил он маленько зеркальце на крышку шкатулки и поставил ее на стол так, что зайчик на стене оказался. Подсунул Левша под крышку гвоздь — зайчик перепрыгнул на пядь ближе к S потолку. Сунул ноготь — зайчик прыгнул на пару дюймов.



- Что Левша делал дальше — придумай сам.
- Может ли он разобраться, какая булавка толще: русская или английская? Какая сабля острее?
- Что делать, если на улице дождик, а работа не ждет?
- Как надо пользоваться «инструментом», чтобы врал как можно меньше?

Можно ли измерить малое расстояние с помощью светового луча?

Один из способов — «зайчиковый»: при смещении зеркала на малое расстояние h луч смещается на большое расстояние S (см. рис. выше). Таким способом можно измерять расстояния с точностью до 0,01 мм.

Когда Левша вдоволь натешился новым «инструментами», он снова загрустил: «Ну, снял я мер-

ку с лезвия ножа и с игольно-го ушка, а дальше — кишкаТонка. Не мастер я, видать, а подмастерье».

Кроткая девица Алиса уви-
дела, что Левша малость не в
себе, да и говорит:

— Посмотрите, милорд, на
эту трубу. Труба не простая, а
со стеклышком и видно через
нее всякую малость.

Левша даже подскочил от
возмущения:

— Да это мелкоскоп — я
его видал, когда у аглицкого
мастера гостил. Видеть через
него блоху можно, а вот мер-
ку-то как снять? Чтобы мер-
ку снимать, надо метки поста-
вить, а каждая метка пошире
блохи будет.

А кроткая девица Алиса из
Страны Чудес ему и говорит:

— А вы, милорд, нацарапайте метки прямо на
стекле, через которое на живность глядите. Есть у
меня алмазное острие — тоньше него, может, и на
свете нет — вот и сделаете дело.

Тут Левша вконец
возмутился:

— Да как мне раз-
глядеть твое хвале-
ное острие, если оно
тоньше блошиной
ножки будет?

— А вы, милорд,

Блох больших кусают блошки.
Блошечек тех — малютки-крошки.
Нет конца тем паразитам,
Как говорят, *ad infinitum*.

Блоха большая в свой черед
Кусает ту, на ком живет.
Те — блох потолще, шире в талии,
И нет конца им, и так далее...

Август де Морган, английский
математик



через мелкоскоп на острие смотрите и, через него глядя, ставьте метки на его же стекле. Вот и сможете с блошиной ножки мерку снять. Правда, есть у меня в Англии знакомый джентльмен, так он говорит, что имеется живность и помельче. Но когда дойдет до дела, мы с вами, милорд, еще чего-нибудь придумаем.



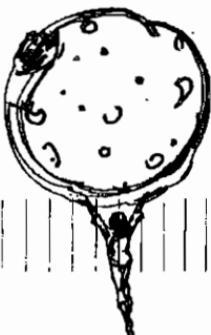
a



b

- Познакомьтесь с устройством и работой измерительного микроскопа.
- Можете ли вы определить толщину волоса с помощью первой линейки *a*?
- Сколько, по-вашему, таких волосков поместится между двумя ближайшими делениями?
- Можно ли это сделать с помощью другой линейки *b*?

Если вы сможете определить толщину проволоки (от толстой до самой тонкой); толщину листа бумаги; толщину волоса; толщину паутины; толщину пленки воздушного шарика (надутого и лопнувшего); мыльного пузыря и соберете результаты в таблицу, то сделаете несколько шагов по «лестнице малых расстояний» в новый и непривычный мир.



6. РАНЬШЕ БЫЛИ ВРЕМЕНА, А ТЕПЕРЬ — МГНОВЕНЬЯ

Вообразим себе, что бабочки-поденки, у которых жизнь длится всего-то один день, — разумные существа. Представим себе, что среди людей нашелся мудрец, который об этом догадался. Он пообещал бабочкам ровно через два года приготовить для них магический эликсир, и тогда они станут жить не день, а месяц. Бабочки пообещали мудрецу к назначенному сроку приготовить зелье, которое сделает людей невкусными для всех жалящих и кровососущих.

- Если условиться, что все сказанное — истинная правда, сможет ли состояться назначенная встреча?
- Что может помешать встрече?
- Сколько поколений бабочек сменится?
- Как бабочки смогут отмечать ход времени?
- Какой промежуток времени люди воспринимали бы так, как бабочки воспринимают два года?
- Как могли бы люди проследить за таким отрезком времени?
- Самый короткий разговор между людьми продолжается около минуты. Сколько может продолжаться такой разговор между бабочками?
- Что означает «ровно через 2 года» для человека? Для бабочки?

Вообразите, что Земля — живое разумное существо.

- Что бы она хотела сообщить людям?
- Сколько времени у Земли заняло бы самое короткое сообщение для людей?

6.1.

Времена

- Можете ли вы отмерить несколько часов? Суток? Лет? Веков? Тысячелетий? Миллионов лет? Миллиардов лет?



Посмотрите на эту полосатую свечку. Как вы думаете, для чего ее покрасили? Каждый отрезок свечки отмерял промежуток времени. Так времена и измеряют — отслеживают повторяющиеся события. От секунды до нескольких лет — обычные часы и календарь. Ход веков и тысячелетий можно проследить по записям о событиях, которые известны многим — либо потому, что повлияли на ход истории, либо потому, что удивили мир.

Рождение Бога, Смерть Героя, явления комет и солнечные затмения оставили в древних текстах следы, которые до сих пор не изгладились. Но текстов старше 5100 лет пока никто не находил.

Десятки тысяч лет отсчитывают по останкам городов*.

По срезу дерева можно узнать его возраст: сколько кольцевых слоев, столько лет дереву. Так же по

* Городов старше 5000 лет не существует, но некоторые из них стоят на месте более древних поселений.

ископаемым слоям в городе можно примерно определить возраст древних поселений.

Ископаемые пласти бывших растений и животных — к примеру, уголь, известняки, кораллы — помогают проследить за отрезками в миллионы и десятки миллионов лет.

События, происходившие с планетой Земля как небесным телом, оставили следы в слоях горных пород и помогают отмерять миллиарды лет.

Что может быть старше, чем Земля? Другие небесные тела во Вселенной. События, происходившие с ними, помогают отсчитывать десятки миллиардов лет. За большими отрезками времени пока никто следить не научился.

Попробуем теперь все промежутки времени, о которых шла речь, свести в «Книгу Времен». А чтобы легче было сравнивать времена между собой, выразим их в секундах.

■ *Определите с помощью таблицы, сколько поколений сменилось на Земле.*

Событие	Время, с
Образование Солнечной системы	$1,5 \cdot 10^{17}$
Появление жизни на Земле	$7,5 \cdot 10^{16}$
Появление млекопитающих	$5 \cdot 10^{15}$
Появления человека	10^4
Появление письменности	$1,5 \cdot 10^{11}$

■ *Перед вами — солнечные часы. Как они работали?*

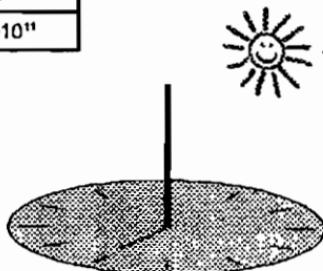
■ *Могут ли быть огненные часы?*

— Вовочка, назови возраст Вселенной.

— Пятнадцать миллиардов лет, Мария Ивановна, и одна неделя.

— Вовочка, ну откуда эта неделя?

— Вы же сами неделю назад говорили, что возраст Вселенной — 15 миллиардов лет.



Лабораторная работа

Книга времен

Выберете книгу потолще. Пусть полное число страниц представляет возраст Вселенной ($1,5 \cdot 10^{10}$ лет). Вложите в книгу закладки, отмечающие важные события, о которых идет речь в таблице.



Можете ли вы отметить в этой книге:

- *Появление первых орудий труда (500 000 лет до н.э.);*
- *Покорение огня (100 000 лет до н.э.);*
- *Появление лука и стрел (12 000 лет до н.э.);*
- *Глиняной посуды (7 000 лет до н. э.);*
- *Солнечных часов (3 000 лет до н.э.);*
- *Колеса (2 000 лет до н.э.);*
- *Начало нашей эры;*
- *День рождения Петра I;*
- *Екатерины II;*
- *Ваш собственный?*

Может быть, именно вам и вашим сверстникам удастся сделать так, чтобы человек в этой книге не поставил последнюю точку.

Если бы вам захотелось уследить за ударом молотка, за полетом пули, за вспышкой молнии, за взрывом атомной бомбы, как бы вы поступили?

- *Как измерить продолжительность таких процессов?*
- *Нельзя ли их как-нибудь искусственно замедлить?*

Один способ вам хорошо известен — кино! Снимите движение молотка на кинопленку — а потом смотрите каждый кадр отдельно. Если камера снимала 24 кадра в секунду, на каждом кадре будут видны события, которые происходили за $1/24$ с.

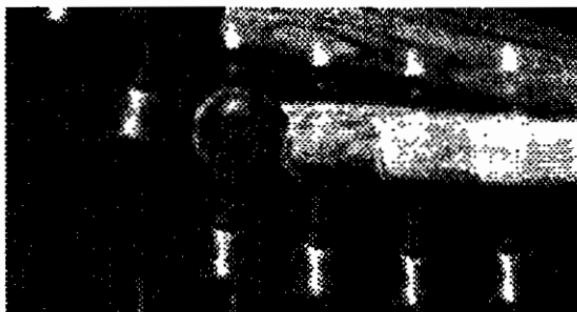
- *Что делать, если хочется отмерять еще меньшие промежутки времени?*



Пуля пробивает лампочку. Съемка длилась одну миллионную долю секунды



Колибри садится на цветок. Съемка длилась $1/300000$ с



Молоток бьет по гвоздю

Добейтесь, чтобы кадры менялись чаще — 100 раз в секунду, 1000 раз в секунду...

Чтобы отмерять малые промежутки времени, нужно отслеживать часто повторяющиеся события.

Посмотрим, что происходит с линейкой, прижатой к столу: мы отклоняем ее конец, и она начинает колебаться, движения ее повторяются.

То же происходит со струной, только время одного колебания меньше. Теперь заполним таблицу:

Событие	Время, с
Промежуток между двумя ударами сердца	1
Пуля пролетает футбольное поле (90 м)	0,1
Один оборот лопасти вентилятора	0,01
Муха делает взмах крыльышками	$1/10^3$
Взрыв осветительной ракеты	$1/10^5$
Пуля пролетает расстояние, равное ширине буквы	$1/10^6$
Луч в телевизионной трубке проходит расстояние от источника до экрана	$1/10^7$
Свет пересекает комнату	$1/10^8$
Взрыв атомной бомбы	$1/10^9$
Атом излучает свет	$1/10^{10}$
Свет проходит сквозь оконное стекло	$1/10^{11}$

■ Есть ли явления, протекающие еще быстрее?

■ Меры для времени (год, месяц, неделя и т. д.) — привычные, но неудобные. Разработайте проект десятичной системы для счета времени. Как вы думаете, почему все цивилизованные люди не перешли на такую систему?

Чтобы измерять промежутки времени, их надо сравнивать с повторяющимися процессами.

Большие времена измеряются сравнением с планетарными или космическими процессами, малые — сравнением с процессами, протекающими в микроскопических масштабах.

Лабораторные работы Пуля пробивает шарик

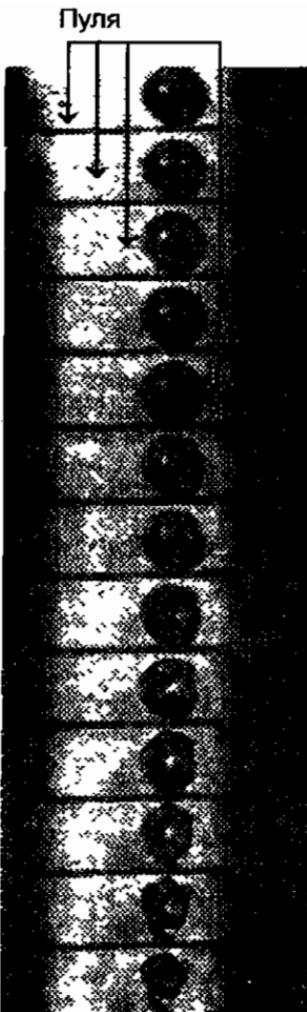
На пленку снято попадание пули в воздушный шарик.

Время между первым и последним кадром составляет 3 миллисекунды.

- Сколько времени пуля пробивает шарик?
- Через какое время после попадания пули шарик лопается?

Метроном

Попробуйте выяснить, почему и как меняются промежутки времени, отмеряемые механическим метрономом.





7. ТАБЛИЦЫ, ГРАФИКИ, ФОРМУЛЫ



7.1.

Йо-хо-хо и бутылка рома

Одноглазый капитан Флинт к началу своей вахты поставил кружку рома, налитую на четыре пальца, со стороны слепого глаза, и забыл о ней. К концу вахты (через 8 склянок) ром из кружки почему-то исчез.



■ Капитан Флинт утверждает, что ром потихоньку вылакал юнга Джим, и обещает выбить Джиму оба глаза, если тот не докажет свою невиновность. Как Джиму оправдаться?

1. Налить немного рома в кружку капитана Флинта... но не пить, а посмотреть, что происходит.
2. Задать себе вместо вопроса «Почему ром исчез из кружки?» вопрос «Как сделать, чтобы ром исчез из кружки?». Придумать несколько правдоподобных ответов и попытаться их проверить.

3. После того, как причина установлена, нужно нанести на кружку деления или хотя бы приложить к ней пальцы. Нужно выяснить, сколько «пальцев» рома убывает за одну склянку.

4. Есть смысл проверить, исчезнет ли за вторую склянку столько же рома.

5. Результаты нужно записать, притом так, чтобы капитан Флинт как можно быстрее разобрался в записях.

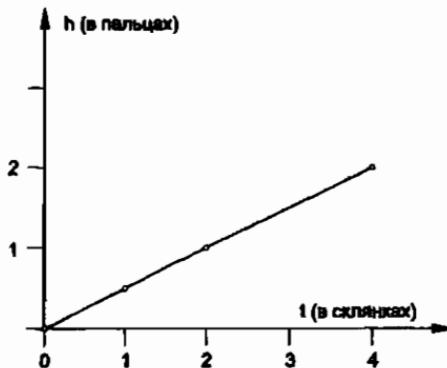
Можно предложить капитану Флинту три варианта записи:



Таблица:

Время (в склянках)	0	1	2	...
Убыль рома (в пальцах)	0	0,5	1	...

График:



Формула:

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{1}{0,5}; \quad \frac{h_2}{t_2} = \frac{2}{1}; \quad \frac{h_3}{t_3} = \frac{4}{2}; \quad \frac{h}{t} = \frac{2}{1}.$$

6. Предсказать, сколько рома исчезнет из кружки через 8 склянок.

7. Показать результаты капитану Флинту (лучше трезвому).

Если капитан Флинт не убежден (и если ему не жалко рома) — проделать все действия при нем.

Вы провели исследование, открыли что-то важное. Как сообщить об этом другим, чтобы они поняли главное? Как сохранить результаты?

Слова и жесты для такого дела не всегда годятся, поэтому пришлось придумать сжатый язык таблиц, графиков и формул. Этому языку стоит обучиться. Самый быстрый способ обучения — по-тренироваться в переходе от таблицы к графику, от графика к формуле и т. д.

Лабораторные работы

Поле чудес

*Числа, как чуткие звери,
сидят и нюхают воздух.*

Чтобы определить среднюю массу m золотой монеты, Бу-

В. Хлебников ратино измеряет массу M некоторого числа монет n .

1. Проделайте эту работу на одинаковых монетах (не обязательно золотых). Составьте таблицу. Постройте график.

2. Доктор кукольных наук Карабас-Барабас утверждает, что с помощью этого графика сможет обнаружить фальшивую монету. Как?



Заколдованный круг

Пан философ Хома Брут, спасаясь от нечистой силы, рисует мелом круг. Все образованные люди знают, что в такой круг нечистой силе «въезд запрещен».

Нарисуйте на бумаге в клеточку круги разного радиуса R . Измерьте их площади S , начертите таблицу, постройте график.

Можете ли вы найти площади начертенных кругов, измерив только их радиусы? Запишите найденные площади в таблицу, постройте график.

Сравните графики.

■ Каким должен быть радиус круга, чтобы в него поместился один человек? 2 человека? 4? 10? 100?





8. ФИЗИКА КАК ИГРА ЧЕЛОВЕКА С ПРИРОДОЙ

Благочестивый патриарх Ной проснулся в мокрой постели и понял, что начался Всемирный Потоп.

Вода прибывала на глазах, потому Ной с криком: «Полундра! Спасайся, кто может!» побежал на вершину холма, где стоял почти готовый Ковчег длиною в триста локтей. Две мысли не давали пра-веднику покоя: во-первых, успеют ли плотники за-кончить ковчег (работы оставалось на день), во-вто-рых — скоро ли вода покроет самую высокую гору на Земле.

- *Как должен был бы действовать Ной, чтобы ответить на эти вопросы?*
 1. Нанести на стену деления через один локоть.
 2. Измерить высоту холма и высоту самой высо-кой горы.
 3. Выяснить, насколько вода поднимается за один час.
 4. Предположив, что вода каждый час поднимает-ся одинаково, вычислить время затопления холма и горы.
 5. Проверить, обоснованно ли это предположение.



Как видите, чтобы ответить на эти жизненно важные вопросы, Ной должен был предусмотреть ход драматических событий.

Вот что ему пришлось сделать:



1. Понять, что из всех событий, какие происходят в природе, сейчас самое важное — подъем воды.
2. Обратить внимание на «главных героев» — Воду, Холм, Гору. Ввести числа, которые помогут уследить за событиями (высоту уровня воды, высоту холма и горы, время подъема воды).
3. Сделать (или применить готовое) устройство, позволяющее измерить эти числа (линейка для измерения высот, Солнце для измерения времени).
4. Найти, как связаны между собой измеренные числа: увидеть, что если за 2 ч вода поднимается на один локоть, то за 8 ч — на 4 локтя.
5. Получить те числа, которые дают ответ на вопросы, поставленные в самом начале работы.

Согласитесь ли вы, что людям приходится играть с природой и цель в этой игре — выживание?

Так вот, те пять действий, которые пришлось сделать патриарху Ною, — это пять ходов в игре с природой; их приходится делать всякий раз, когда природа загадывает загадки или преподносит сюрприз.



Люди, способные делать эти ходы, называются физиками.

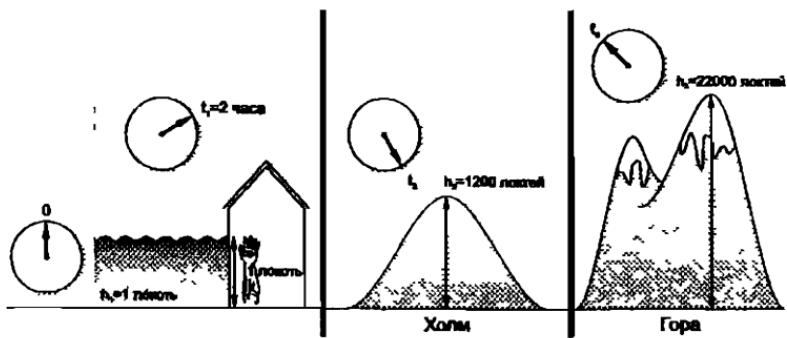
Чтобы устоять в игре с природой, нужно:

1. Выделить интересующие вас события — физические явления.
2. Указать главных участников этих событий — физические тела.
3. Ввести числа, помогающие следить за явлениями и телами, — физические величины.
4. Придумать (или использовать готовые) устройства для наблюдения и измерения — физические приборы.
5. Установить связи (соотношения) между физическими величинами — физические законы.
6. Получить с помощью физических законов ответы на те вопросы, ради которых делались предыдущие действия.

Если все это проделать, возникнет упрощенная картина событий — физическая модель.

Для Потопа физическая модель будет выглядеть примерно так:

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{h_1}{t_1} = \frac{1 \text{ локоть}}{2 \text{ ч}}$$



Теперь можно написать короткий рецепт разгадки природных загадок (он же — рецепт решения задач):

- 1. Поставьте вопросы, на которые вы хотите ответить.*
- 2. Сконструируйте физическую модель.*
- 3. С помощью физической модели получите ответ на поставленные вопросы.*

41. Остров сокровищ

Пираты спрятали сокровища в специально вырытой шахте на острове. Если возникнет угроза вторжения на остров, они зальют шахту водой по каналу, проведенному из моря. Могут ли пираты определить время, которое понадобится для затопления шахты, не затапливая ее?

Лабораторные работы Водоворот

Бывалые люди говорят, что человека, попавшего в водоворот, затягивает на дно.

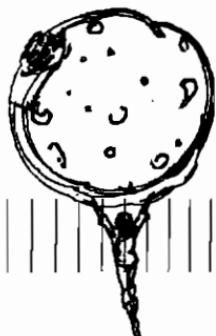
- *Можно ли это проверить?*
- *Какие способы проверки вы предлагаете?*
- *Нельзя ли сделать комнатный водоворот?*
- *Как с помощью комнатного водоворота проверить утверждение бывалых людей?*

Весы Тарзана

Закрепите метровую линейку на краю стола. У вас есть гири — 100, 200, 300 г. Можете ли вы предсказать, как сильно прогнется линейка, если подвесить на ее конец груз 150, 250, 700, 1000 г?

■ *Подчиняются ли «весы Тарзана» вашему предсказанию?*

Нарисуйте таблицу, постройте график, запишите формулу, помогающую сделать предсказание.



9. Это же элементарно, Ватсон!..

9.1.

Книга Волшебника

Праздник в долине Муми-Троллей подходил к концу, когда Волшебник сказал:

- Да, чуть не забыл! Есть еще один подарок.
- Кому? — спросил Снифф.
- Всем! Всему семейству, — ответил Волшебник и вынул из-за пазухи объемистый том, — это Волшебная книга.
- И, значит, мы сможем вытворять такие же штуки, что и ты?! — восхищенно спросил Муми-Троль.
- Да, но не сразу, — сказал Волшебник, — книга станет для вас по-настоящему волшебной, если вы скажете, сколько в ней букв.
- Ничего себе задачка! — заметили, перебивая друг друга, брат и сестра Снорк. — Их же не одна сотня тысяч, а ошибись хоть на одну буковку — и все пропало!
- Почему пропало? Можно ошибиться и на буковку, и на сорок, и на целую тысячу. Но не больше. Ну, прощайте! — и Волшебник оседлал свою пантеру и ускакал.

■ *Прежде, чем читать дальше, возьмите толстую книгу и попробуйте подсчитать в ней буквы.*

Наутро, после завтрака, все обитатели Муми-дома собрались в самой большой комнате.

— Заседание, посвященное подсчету букв в книге Волшебника, объявляю открытым! — прокричал Снорк. Он всегда любил торжественные речи и не упускал случая покомандовать. — Тофсла и Вифсла, приступайте!

— Почемусла мысла? — хором спросили Тофсла и Вифсла.

— Делайте, что вам говорят! — прикрикнул на них Снорк.

— Впередсла! — сказал Тофсла и открыл книгу.

— Расла, двасла, трисла... двадцать пятьсла... сто девяносто четыресла... ойсла, сбилсла! Сначаласла! Расла, двасла... сорок семьsla...

В доме наступила почти полная тишина. Нарушил ее только шепот Тофслы и Вифслы: «Шестьсот семнасла... тысяча девятьсот шестьдесят двасла...»

— Стопsla! — сказал Муми-Папа примерно через час (он иногда обращался к Тофсле и Вифсле на их языке). — Так дело не пойдет. Целый час бьетесь, а только до четвертой страницы добрались. Эдак мы не одну неделю провозимся. Тут нужна какая-то хитрость. Думайте!

— Думай, не думай — толку с этого не будет. К чему нам это волшебство? Как их сосчитать, эти буквы, если их больше, чем тычинок в цветке шиповника? — промолвил Хемуль. — Пойду я лучше наводить порядок в своем гербарии.

Прошла минута, другая...

— Пи-хо! — вдруг воскликнул Муми-Тролль. Он всегда издавал этот бравый клич, когда ему в голову приходила неожиданная идея. — Строчки считать быстрее, чем буквы. Сосчитаем буквы в какой-нибудь одной строке, умножим на количество строк в книге — и готово!

— Готово-то готово, да точно ли? — усомнился Снифф. — Если в этой «какой-нибудь строке» случайно окажется много очень коротких слов, то букв в ней будет меньше, чем в других строчках книги, и можно сильно ошибиться. А если в ней окажется два-три длиннохвостых слова вроде «радиоэлектротехники», то в строке будет очень много букв, и мы ошибемся в другую сторону.

— А мы возьмем такую строку, в которой есть слова и длинные, и короткие, и средние — словом, такую, каких в книге большинство, — ответил Муми-Тролль.

— Лучше сделать так, — вступил в разговор Ондатр, — взять не одну, а сразу десять строк, подсчитать буквы в каждой из них, сложить и разделить их на десять. Грамотные люди это называют «усреднением». А потом сосчитаем строки в книге...

— Снова «расла — двасла»? — с усмешкой спросила Муми-Мама. — Строк-то в книге тоже не одна тысяча. Вифсла, посмотри, пожалуйста, номер последней страницы.

— Пятьсот двенадцать, — ответила Вифсла.

— Понятно, понятно! — воскликнула фрекен Снорк, выскочив из-за стола и пустившись в пляс.

— Теперь мы посчитаем, сколько на странице строк, сколько в строке букв...

— И перемножим эти три числа, подхватил Муми-Тролль.

■ *Можете ли вы записать формулу для числа букв в книге?*

— Запишем это так: $N = p \cdot l \cdot n$, — сказал Ондатр, — где p — число страниц, l — число строк на странице, n — число букв в строке.

— Ну, теперь за работу! — скомандовал Снорк.

— Выберем любые десять строк в книге и посчитаем, сколько в них букв.

Через 5 минут на бумаге появилось вот что:

№ строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	В среднем
Число букв	45	43	44	46	44	46	44	43	42	43	44

А когда начали считать строки на странице, все пришли в недоумение:

— Смотрите, вот эта строка в конце абзаца на целую треть пустая. А вот вообще коротенькая, четверть строки всего.

— Пи-хой! — воскликнул Муми-Тролль. — Вот и будем считать эту строку за четверть строки, а эту — за две трети.

— Так страницы-то получаются неодинаковые, — заметил Снорк.

— А мы опять «усредним», — ответил Муми-Тролль.

И рядом с первой таблицей появилась вторая:

№ страницы	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	В среднем
Число строк	35	38	35	37	38	36	37	34	36	34	36

— Теперь перемножим, — скомандовал Снорк, но тут раздался восторженный визг его сестренки:

— Какая прелесть! — Фрекен Снорк показала всем картинку в книге. На ней было нарисовано большое ожерелье из ракушек. — Какое хорошенькое! — Фрекен Снорк очень любила всякие украшения.

— Что же здесь хорошего? — возмутился Снорк. — Эти картинки нам все расчеты портят. Получается, что не все 512 страниц книги заняты буквами.

— Без паники, — спокойно сказал Муми-Папа, — давайте посмотрим, много ли места в книге

занято не буквами, а чем-то еще. Так, полстраницы здесь... треть странички тут... страничка там... Всего 27 страниц. Подставим в твою, Ондатр, формулу: $p = 485$, а не 512 — и дело в шляпе.

— Считаемсла! — сказал Тофсла:

$$N = 485 \times 36 \times 44 = 768240.$$

Примерносла 786 тысячесла буквсла.

Тут раздался мелодичный перезвон, книга зашелестела листами и раскрылась на первой странице сама собой.

— Ура! — наперебой закричали все. — Теперь мы в самом деле волшебники!

— Друзья мои! — сказал Ондатр, когда шум утих. — Сегодня мы здорово поработали. Вспомните, сначала было наблюдение: в книге так много букв, что просто так их сосчитать нельзя. Потом мы размышляли, как же все-таки найти число букв в книге. Муми-Тролль высказал гипотезу, что во всех строчках книги примерно поровну букв, а Муми-Мама — что на всех страницах почти одно и то же число строк. Был проделан опыт — подсчитали буквы в десяти строчках и строчки на десяти страницах. Обе наши гипотезы подтвердились. Я предложил формулу, по которой можно вычислить количество букв. Муми-Папа внес поправки на рисунки и пустые места в книге. И после вычислений Тофслы мы получили решение задачи.

План физического исследования

Согласны ли вы, что и патриарху Ною, и юнге Джиму для того, чтобы выйти из затруднительного положения, понадобились те же действия, что и Муми-семейству:

1. *Наблюдения: выделить из происходящих событий главные (какие?) и посмотреть, как они происходят.*

2. Размышления:

- 2.1. Представить себе упрощенную картину событий.**
- 2.2. Предположить причины, объясняющие происходящие события. Такие предположения (или догадки) называются гипотезами.**
- 2.3. Лучше, чтобы гипотез было несколько — тогда есть из чего выбирать.**
- 2.4. Ответить на контрольные вопросы:**
 - а) что происходит? (физические явления);**
 - б) какие предметы (физические тела) можно считать «главными действующими лицами» интересующих нас событий?**
 - в) какие числа помогут следить за явлениями и телами? (физические величины);**
 - г) какие устройства можно использовать, чтобы следить за телами и явлениями? (физические приборы);**
 - д) как связаны между собой найденные величины? (физический закон).**
- 3. Если все это схематически изобразить, получится физическая модель. Она и поможет проверить гипотезы и ответить на вопросы, ради которых исследование проводилось.**
- 4. Придуманную модель нужно испытать: сделать несколько предсказаний и проверить их на опыте.**
Такие контрольные опыты называются экспериментами.

А теперь попробуйте сами. Ваш способ решения интересен так же, как и результат, поэтому объясните, как вы действовали.

42. «Жили-были книжки»

Сколько книг человек может прочесть за жизнь?

43. «Только раз в году»

Сколько в вашем городе людей, которые родились в один день с вами? Сколько среди них девочек?

44. «Если бы парни всей Земли...»

Летчик сказал Маленькому Принцу, что все человечество можно разместить на небольшом острове в Тихом Океане. Прав ли он?

45. «Эх, дороги...»

Какую часть территории вящего города занимают дороги всех видов?

46. В суету городов...

Какая часть земной поверхности занята городами?

47. «А болтать-то мне когда?»

Знаменитый математик Анри Пуанкаре сказал: «Человек, каким бы он ни был болтуном, никогда в своей жизни не произнесет более миллиарда слов». Правда ли это?

48. Кто болтливее?

У Буратино с Мальвиной возник спор: кто болтливее — мальчики или девочки? Можно ли это выяснить? Что бы вы предложили?

— Знаете, Марья Ивановна, оказывается, таракан слышит ногами...

— Почему ты так решил, Вовочка?

— Смотрите сами, Марья Ивановна! Сажаем таракана на стол, стучим по столу — таракан слышит стук и убегает. Отрыгиваем таракану ноги, сажаем на стол, стучим по столу — таракан не бежит — значит, не слышит... Да почему же вы убегаете, Марья Ивановна?



49. Макароны по-флотски

Один морской волк утверждал, что если все макароны, съеденные им за время флотской службы, вытянуть в линию, то можно несколько раз обернуть земной шар по экватору. Похоже ли это на правду?



10. ФИЗИКА И ВСЁ-ВСЁ-ВСЁ...

Знаменитый физик Эрнест Резерфорд (он первый в мире понял, «как выглядит атом») любил говорить, что все науки делятся на физику и коллекционирование марок. Может быть, профессор слегка перегнул палку. Но то, что физики захватили изрядный кусок территории, занятой другими науками, — факт. Справедливости ради надо сказать, что бывало и обратное: в физику вторгались «варяги» с сопредельных территорий.

Вот несколько эпизодов сериала «Вторжение физиков в пограничные области».

10.1. Физика и география

Середина XVII века... Морскую экспедицию по измерению радиуса Земли возглавляет француз Доминик Франсуа Араго — физик с повадками мушкетера (возраст 24 года).

- Предложите программу действий: как измерить радиус Земли?

Профессор геологии Шалер утверждал, что ледники своим огромным весом расплавляют лед в нижнем слое и скользят по своеобразной «жидкой подушке». Студент-физик Роберт Вуд не хотел верить профессору на слово.

■ *Можно ли проверить эту гипотезу «водяной смазки» ледников?*

Вот что придумал Роберт Вуд: была подготовлена большая чугунная болванка с аккуратно вы сверленным отверстием, а на станке выточили стальной цилиндр, точно подходивший к отверстию в болванке. Этот цилиндр должен был давить на лед. Отверстие наполнили до половины водой и заморозили. На поверхности льда в середине отверстия положили пулю, затем воду долили до верха и опять заморозили. Стальной цилиндр вставили сверху, чтобы он соприкасался со льдом, а потом все это поместили под мощный пресс, который давил на лед сильнее, чем давил бы своим весом природный ледник.

Под этим невероятным давлением вокруг цилиндра выдавились тонкие, как бумага, листки льда и несколько тонких, как иглы, льдинок выскочили прямо сквозь чугунную болванку — лед пробил себе дорогу через дефекты отливки. Но это не ослабило давления — его величина контролировалась манометром.

Вынув болванку из-под пресса и немного разогрев ее, можно было удалить стальной стержень и вытрясти ледяной цилиндр. Пуля была обнаружена в центре, куда ее положили, ясно этим показывая, что...

и ниниги я и мэй иллэй ии

10.3.

Сапер ошибается один раз

Эскаватор рыл котлован. Неожиданно ковш за- скрежетал по металлу. Машинист заглянул в яму и замер: бывший солдат мгновенно узнал тысячекилограммовую бомбу. Приехавшие по срочному вызову саперы установили, что у бомбы замедленного действия, сброшенной во время войны, взрыватель не сработал. Но кто знает, может быть, достаточно ее тронуть, чтобы рвануло? А вокруг дома, детсад, школа... И в этот момент саперы услышали, что внутри бомбы затикали часы.

- *Что делать? Как остановить часовой механизм? Чем можно воздействовать на бомбу? Ударами? Растворителями? Дернуть током? Поднести магнит? Облучить светом? Нагреть — хуже будет, а может, наоборот...*

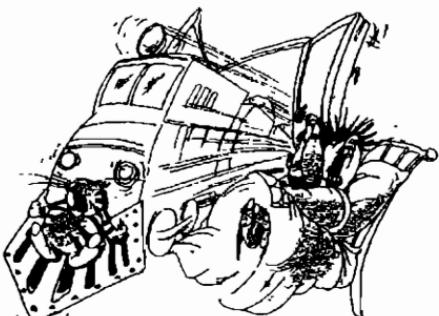
Яо азьы олоро мэханика, но оцарахонгэ.
Ин чэгэн тоонгарыг бомбы, и корягах тоо шийн замысольтой (t = -196°C).
Нээрээ зэрэгжэлээр эмчилжүүлжүүлэхэд тэсвэртэй
Конструкция сапера напоказаана илгээсэн илүү.

10.4.

Физики против жуликов

Двадцать домовладельцев подали в суд на Пенсильванскую железную дорогу.

Они утверждали, что вибрация от проходящих поездов разрушает стены, потолки и штукатурку их домов. Содержатель бара утверждал, что у него из шкафов валятся бутылки, ког-



да мимо идет товарный поезд; одна семья уверяла, что у них расшатываются оконные рамы и валится штукатурка; а один человек даже заявил в суде, что его жену выбросило из постели на пол, когда ночью прошел поезд.

Железнодорожная компания обратилась к физику Роберту Вуду.

■ *Что бы Вы сделали на его месте?*

Вуд сначала удивился и сказал:

— Дайте мне несколько дней для размышления.

На следующий день он принес с собой набор маленьких деревянных кеглей, все кегли были одной высоты, но разного диаметра — от 1/4 дюйма до самой чувствительной кегли с основанием диаметром всего в 1/32 дюйма.

Уполномоченные железной дороги посмотрели на игрушки и сказали:

— Вы шутите с нами!

■ *Что Вуду делать теперь?*

Вуд расставил кегли по столу и сказал:

— Постучите.

Ничего не произошло.

■ *Как же быть?*

Он сказал:

— Попробуйте посильнее.

Кегля с самой тонкой ножкой упала.

Вуд сказал:

— Теперь ударьте по столу кулаком как можно сильнее.

Три следующие по порядку кегли опрокинулись.

— Если вы толкнете стол сбоку или ударите молотком, они упадут все.

Тогда самый главный из уполномоченных восхлинул:

— Боже мой, кажется, это как раз то, что надо!

Так, с кеглями в кармане и длинной пластин-

кой стекла, чтобы ставить их, Буд отправился по домам в сопровождении юристов. Они шли от двери к двери, но ни один домовладелец не впускал их. Домовладельцев уже предупредили собственные юристы. Наконец они нашли честную старую леди и уговорили ее впустить их. Она даже позволила подняться на третий этаж, где бывают максимальные вибрации.

Дальше слово Роберту Буду:

— Я положил пластинку на подоконник, выровнял ее по уровню и расставил кегли. Вскоре проехал тяжелый грузовик с пивом, и палочка с самой тонкой ножкой закачалась из стороны в сторону, но сохранила равновесие, затем вдали запыхтел и проехал мимо нас длинный товарный поезд.

Самая тонкая палочка даже не задрожала. После этого один из внуков старой леди вбежал по лестнице, чтобы посмотреть, как мы играем в кегли. Когда он вбежал в комнату, самая маленькая палочка упала.

- Как вы думаете, какое решение принял суд? ...Если же задачу решить никак не получается — ее следует поцеловать и оставить в покое.
- Составьте физическую модель для решения задачи о сотрясении почвы. (Древняя китайская мудрость)

10.5. Физика и биология (задачи «на вырост»)

Задачи этого раздела вы сможете решить сами — попозже, когда познакомитесь с физикой поближе. Некоторые из этих задач в биологии считались серьезными проблемами — до того, как их решили физики.



50. О бедном ковбое...

У одного ковбоя в перестрелке с бандитами грудная клетка была пробита с двух сторон. Хотя оба легких остались при этом невредимыми, ковбой все же умер от удушья. Почему? Дайте подробное объяснение.



51. Молочные братья

У зайцев и китов молоко жирное, а у обезьян и волков — нет. Предложите объяснение этому факту и попробуйте назвать других животных, у которых должно быть жирное или нежирное молоко.

52. Морда лица

Чем объяснить сходство «лица» совы, кошки и обезьян с лицом человека?

53. Кому на север...

Правило Бергмана гласит, что с удалением от полюсов к экватору размеры особей одного и того же вида или близкородственных видов теплокровных животных уменьшаются.

Как вы объясните это правило? Почему для хладнокровных животных и для растений это не так?



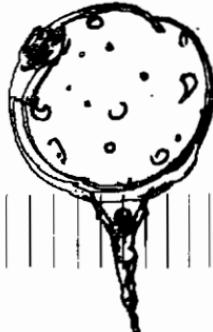
**54. «И муравья тогда
покой покинул...»**

Какие опыты вы могли бы предложить, чтобы определить, как муравьи находят дорогу домой?

**55. «Сердце, тебе не
хочется покоя...»**

У птиц и млекопитающих частота сердечных сокращений тем выше, чем мельче животное. Можете ли вы проверить, так ли это? Чем можно объяснить такую закономерность?





11. ЗАДАЧИ ПОЛЕЗНЕЕ ПРАВИЛ

11.1.

Мир без задач

*И, если слов моих
прервется нить,
натянутая в спешке
до отказа,
то я себе — для
связности рассказа —
позволю кое-что
присочинить.*

Леонид Филатов

Попробуйте представить себе мир, где никто задач не решает и не решал их никогда... Ни физических, ни математических, ни технических, ни-ка-ких! У матросов нет вопросов... Но и самих матросов тоже нет: корабль надо было когда-то придумать — решить задачу «Как проплыть через море-океан, если ты не рыба-кит». Машин и мотоциклов тоже кот наплакал: как ни крути, придумать колесо — крутая заморочка, потому как в природе колеса не предусмотрено... Вы можете придумать что-нибудь такое, чего нет в природе? А с чего они должны были колесо придумывать?.. Ну, как вам такой мир?

Может, с вопросами поинтереснее? Тогда первый вопрос:

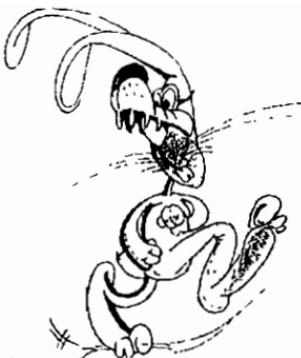


откуда появляются задачи? И ответ на него (неполный): задачи прячутся вокруг нас. Весь мир — Большой Задачник, и не успеешь решить одну задачку, как он тебе подбрасывает еще десяток. Хочешь жить — решай. Не хочешь — будь здоров...

Откуда еще берутся задачи? Из любопытства... Все знают: один дурак может задать столько вопросов, что десять мудрецов не ответят. Миллионы людей ходили по мокрому песку, одному стало любопытно: почему песок на берегу высыхает, когда ступишь на него ногой? Уберешь ногу — песок снова мокрый...

А пока второй вопрос: какие бывают задачи? Спросите у охотника, какие бывают звери? Так и задачи: мелкие, средние, крупные и ОЧЕНЬ КРУПНЫЕ. Те, что попроще, и дьявольски хитрые, и все страшные, аж жуть, — для пуганой вороньи, которая куста боится. Бывалые охотники знают: нестрашные звери могут притворяться страшными, и с задачами тоже так бывает. Но случается и по-другому: змея прикинется сухой веточкой; ядовитая задача выставляет изогнутый кончик хвоста, который выглядит пустяковым вопросиком.

Чтобы далеко неходить за примером. Как-то один шестнадцатилетний умник, которого не любили за острый язык ни учителя, ни ученики, задал себе вопрос: «Как будет выглядеть луч света, если побежать рядом с ним?» Ухватился он за этот вопрос и начал тащить.



Альберт Эйнштейн среди физиков — светило первой величины. Может быть, потому, что попытался хотя бы в мыслях догнать луч света.



Сначала тащил один, потом, как в сказке о репке, помощники подоспели. Через десяток лет всем рассказали, что свет можно разобрать на части, еще десяток лет прошел — вытащили секрет устройства Вселенной — всего видимого Космоса. Стали дальше тянуть. Тянут-потянут — еще лет через тридцать вытащили атомную бомбу...

Если у вас еще не пропала охота к задачам — имейте в виду: на задачи охотятся, как на слонов. Индийские охотники знают: дикого слона поймать можно только при помощи ручного. Чем больше у вас ручных слонов, тем больше можно приручить диких. Так и с задачами...

Если вы готовы — проверяйте охотниче снаряжение. Давайте разбираться, как решать задачу.

11.2.

Как решать задачу

Исследователь — охотник за задачами. Поэтому он действует, как следопыт (охотник за зверями) или как следователь (охотник за преступниками). Его девиз: «Следы всегда остаются». А раз они остаются — остается их обнаружить. Рецепт известен:

?

 → наблюдение → размышление → эксперимент → !

Решать будем задачу о высыхании песка.

Наблюдение уже было: наступили на песок — высох, ушли с песка — намок.

Размышление: нужно задать себе вопрос: «Как

сделать?». Как сделать, чтобы песок, помещенный в воду, высох?

Гипотеза 1: Выжать ногой из песка воду, уплотнив песок.

Гипотеза 2: Выжать ногой из воды песок, разрыхлив его.



■ *Как выяснить, уплотняется песок или разрыхляется?*

Итог размышления — физическая модель. Для нашей задачи — рисунки.

После того как модель появилась на рисунке, можно двигаться дальше.

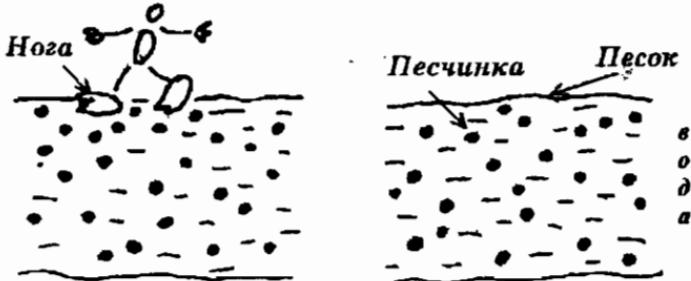
■ *Как уследить за поведением песчинок?*

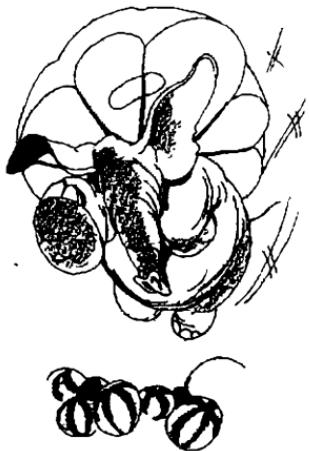
На пляже это сделать трудно. Нужно поместить песок в такие условия, чтобы можно было посмотреть, что с ним происходит. К примеру, насыпать песок в банку.

■ *Как быть с ногой, которая наступает на песок? В банку ногу не засунешь.*

Заменить ее «протезом» — к примеру, деревянным бруском — за ним уследить легче, чем за ногой.

■ *Может быть, и песчинки заменить каким-нибудь «протезом»? Посмотрите на картинку с физической моделью. На что похожи песчинки?*





Правильно, на крупинки пшена, на шарики от подшипников, на яблоки, на арбузы. Теперь выбирайте «протез» — стакан с пшеном, банку с шариками, ведро с яблоками, бочку с арбузами. Правда, через стенку ведра или бочки трудновато следить за поведением «песчинок». Может быть, аквариум с яблоками?..

О! Комната со стеклянными стенками, заваленная арбузами, и в нее медленно спускается с неба слон на парашюте! Медленно, чтобы не раздавить арбузы.

■ *Что будет с арбузами?*

Правильно, раскатятся в стороны, уступая дорогу слону.

■ *Отправим слона обратно — что станет с арбузами?*

Вернутся на место и все утрясется.

■ *Что будет, когда нога уйдет?*

Можете ли вы теперь ответить на вопрос: поднимается песок под ногой или, наоборот, разрыхляется?

То, что мы с вами проделали, называется «мысленный эксперимент».

Попробуйте теперь провести настоящий — сначала с пшеном, а потом — песком.

Как измерить объем песка до воздействия «ноги»?

Изменится ли объем песка? Песчинок?

Что все-таки происходит с песком — уплотняется или разрыхляется? Можете ли вы дать окончательный ответ?

Рецепт решения задачи:

1. Разберитесь, что происходит.
2. Выделите физическое явление, которое будете исследовать.
3. Назовите «участников события» — физические тела.
4. Ведите физические величины, которые помогут следить за телами и явлениями.
5. Найдите связь между этими величинами.
6. Ответьте на вопросы, которые были поставлены в самом начале.

11.3.

Как не надо решать задачу

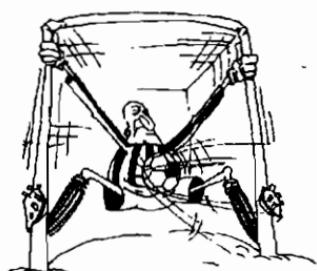
Главные враги, которые мешают решать задачу, — внутри нас самих: скука, страх (боязнь ошибки), спешка.

Рецепт против первого врага: выбирайте интересные задачи. Есть еще прием высшего пилотажа — превращать неинтересные задачи в интересные. Сделайте из задачи сказку, детективную историю или анекдот. Вводите в действие интересных для вас героев (можно самого себя), доводите условие до крайности (песчинки — в арбузы!), придумывайте занятные детали, сцепляйте задачу с бытом, искус-

Он изучал природы тайны,
в глаза природы не вдав,
решал задачи моментально,
все объяснить умел стремглав...
Он был упрямый и отважный
сторонник физики бумажной.

Из школьного фольклора
Задача должна быть кусачей,
иначе она не задача.

Из школьного фольклора



Всегда в яблочко

Генерал сидит по тиха́сскому городку. На каждых воротах нарисована мишень, и в каждой единственная дырочка — точно в яблочко. Генерал спрашивает у старика, сидящего на скамейке:

- Папаша, кто это у вас такой меткий стрелок?
- Это, сэр. Рыжий Билл в стрельбе упражнялся, отвечает старик.
- Этому парнику место в армии.
- Нет, сэр, он вам не подойдет.
- Почему? Он же такой меткий!
- Понимаете, сэр, он сначала стреляет в ворота, а потом рисует мишень.

*Невыдуманная история
для мастеров подгонки
под ответ*

буйте и вы использовать рецепт Нильса Бора.

Если вы все-все знаете, а задача не идет — поможет «правило Уилера», которое гласит: «Никому нет дела до того, что вы предположили. Делайте предположения быстро, интуитивно. Неправильные предположения дают полезную встряску, правильные — развивауют интуицию». Самая большая ошибка — не совершать никаких попыток из боязни ошибиться.

Насчет спешки обычно говорят: «Поспешность нужна при ловле блох». А среди задач попадаются звери и покрупнее... Рецепт против поспешности — планомерные действия. Вы не обязаны решать незнакомую задачу за 30 секунд, даже если находитесь в сложных обстоятельствах. Летчики-испытат-

ством, спортом, историей. Перенесите действие в космос — реальный или вымышленный. Рисуйте схемы или комиксы по сюжету задачи. Единственное, чего нельзя делать, — ждать, пока решение придет само собой.

У Нильса Бора — Нобелевского лауреата по физике и игрока сборной Дании по футболу — была дежурная фраза: «Давайте соберем всё, что мы о задаче знаем». Он ее произносил то сам себе, то ученикам — всякий раз, когда решение заходило в тупик. Попробуйте и вы использовать рецепт Нильса Бора.

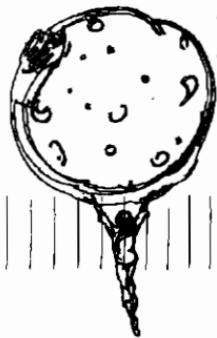
тели с полвека назад изобрели правило поведения в аварийных ситуациях. Оно гласит: «Делайте медленные движения без перерывов между ними».

Поэтому, выбрав задачу, не торопитесь. Приго-



тovьте сеть для ловли задач, которую мы назвали «физической моделью»:

Набросьте эту сеть на вашу задачу, посмотрите, что в нее попало, а потом не спеша вытаскивайте. Вы когда-нибудь видели суеверного рыбака?



12. Дополнительные задачи



56. «Умный в гору не пойдет, умный гору обойдет»

Классификация углов из английской книги по альпинизму (1860):

- перпендикулярно — 60° ;
- мой дорогой сэр, абсолютно перпендикулярно — 65° ;
- нависающие — 70° .

Не можете ли вы объяснить, как появилась эта классификация?

57. Когда часы еще не тикали

Знаменитый физик Галилей ухитрился измерить время падения металлических шаров с башни, хотя секундомеров в те времена не было. Как ему это удалось?

58. Барон-обманщик

Десять баронов принесли дань — по мешку золотых монет каждый. Король подозревал, что один барон приносит фальшивые монеты, которые на 1 гран легче настоящих. У короля есть весы со стрелкой, которая показывает, сколько этих самых гран положили на весы. Как с помощью единственного

взвешивания король может узнать, кто из баронов его обманывает (мешки запечатаны именными печатями баронов)? Массу настоящей монеты король знает.

59. Змейки на линейке

В террариуме сотни ядовитых змей. Однажды потребовалось узнать длину каждой из них. Как это сделать?



12.1.

Задачи к главе 3

60.

Необходимо возможно точнее узнать диаметр сравнительно тонкой проволоки, располагая для этой цели только школьной тетрадью «в клетку» и карандашом. Как следует поступить?

61. Корень слова «стадион»

В Древнем Вавилоне за единицу длины принимали расстояние, которое проходил взрослый человек за время выхода солнца из-за горизонта. Эта единица называлась стадионом. Могла ли такая единица длины быть точной? Ответ обоснуйте. Попробуйте найти, сколько в стадии метров.



62.

Как бы вы определили диаметр шара с помощью линейки? Пользуясь найденным методом, определите диаметр мяча, которым вы играете.

63.

Возьмите несколько одинаковых монет, сложите их и измерьте миллиметровой линейкой толщину получившейся стопки. Определите толщину монеты. В каком случае толщина одной монеты будет измерена более точно: с малым или большим числом монет?



64. Как селедки в бочке

В Книгу рекордов Гиннеса поступила заявка. В ней сказано, что в стандартную телефонную будку влезло 20 взрослых людей. К вам обратились с просьбой проверить эту заявку. Как бы вы действовали?

65.

Какой будет длина полосы, если все квадратные сантиметры, составляющие 1 m^2 , приложить один к одному?

66.

Измерьте объем вашей комнаты. Во сколько раз он больше объема вашего тела?

67.

Как определить объем одной дробинки, если даны мензурка, дробь и вода?

68. Золотая лихорадка

Вы нашли золотой самородок и хотите определить его объем. Беда в том, что в мензурку самородок не помещается. Как следует поступить? Учтите, что правильной формы у самородков не бывает.

12.2.

Задачи к главе 6

69.

Подсчитайте свой возраст в секундах (не забудьте про високосные годы).

70.

Какие вы знаете единицы времени?

12.3.

Задачи к главам 7—9

71.

Постройте график по данным таблицы:

x	1	2	3	20	30
y	3	6	9	60	90

72. Зрители тоже плачут

Когда по ТВ начали показывать новый сериал, выяснилось, что через неделю его бросили смотреть 1% зрителей, через 2 недели — 4%, через три недели — 9%, через 4 недели — 16% (все проценты — от первоначального количества зрителей). Чем все это кончится и когда?

73. Свет науки

Допустим, ваш карманный фонарик по какой-то причине не дает света. Опишите, следуя ступеням научного мышления, что вы решите относительно дефекта в приборе. Предположим, у вас есть новая батарейка, новая лампочка и другие запас-

ные части. Предложите три гипотезы относительно неисправности фонарика и объясните, как вы будете проверять каждую из них экспериментально.

74. «Выходи по одному!»

В капле воды миллион микробов. Как отделить один из них для наблюдения под микроскопом?

75. Сбрось поезд с рельсов!

Как партизаны сбрасывали с рельсов поезда, не прибегая к взрывчатке?

76. «Собака бывает кусачей...»



Знаменитый ученый измерил зависимость кусачести собаки от длины ее хвоста. Результаты он занес в таблицу (x — длина хвоста, y — кусачесть собаки). Постройте график. Сделайте выводы.

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	16,2 $\pm 0,2$	15,8 $\pm 0,3$	15,7 $\pm 0,2$	16,3 $\pm 0,3$	16,1 $\pm 0,2$	15,9 $\pm 0,2$	16,3 $\pm 0,2$	15,9 $\pm 0,2$	15,9 $\pm 0,3$	16,1 $\pm 0,3$

12.4.

Просто задачи

77. Почему Фалес на пирамиду не полез?

Как с помощью линейки можно в солнечный день определить высоту дерева, не влезая на него?

78. «Там, вдали за рекой, загорались огни...»

Вы стоите вечером у небольшой реки, на противоположном берегу которой вкопан столб с фонарем. Как определить расстояние до столба, а также его высоту, если для решения данной задачи пред-

лагается пользоваться небольшой деревянной рейкой и рулеткой?

79.

Оцените следующие величины и выразите их как степени десяти:

- а) отношение вашего роста к диаметру вашего указательного пальца;
- б) отношение максимальной скорости вашего бега к скорости реактивного самолета.

80.

Сколько потребовалось бы времени для того, чтобы уложить в ряд кубики объемом 1 мм^3 каждый, взятые в таком количестве, сколько их содержится в 1 м^3 (на укладку одного кубика затрачивается время, равное 1 с)?

81.

Вам даны: кастрюля вместимостью 2 л, ведро с водой и чайник, в который необходимо как можно точнее отлить из ведра воду объемом 1 л. Как это можно сделать?

82.

Определите длину окружности головки винта или гвоздя один раз прямым измерением, а другой раз — измеряя диаметр и умножая его на число π . Результаты измерения сравните и запишите в тетради.

83.

Снежный человек виден в расстояния 100 м под углом 20° . Какой у него рост?

84. Поезд уйдет через пять минут

В открытые железнодорожные вагоны грузили сосновые бревна. Контролеры измеряли диаметр каждого бревна, чтобы потом вычислить объем всех бревен. Работа шла медленно.

— Придется задержать поезд, — сказал старший контролер.

И тут появился изобретатель.

— Есть идея! — воскликнул он. — Поезд уйдет через пять минут.

85. Стрелы Робин Гуда

На съемках фильма о Робин Гуде актер, игравший Робина, никак не мог попасть в шерифского лазутчика. Все время боялся стрелять в живого человека. Как снять этот эпизод? Комбинированные съемки исключены.

86. Защита от тигров

Эксперт по тиграм Питер Джонсон предложил простенькое на первый взгляд изобретение, ставшее настоящим спасением для многих жителей Индии. Эксперт знал, что тигр предпочитает нападать на жертву со спины. Предложите и вы идею защиты от тигров.



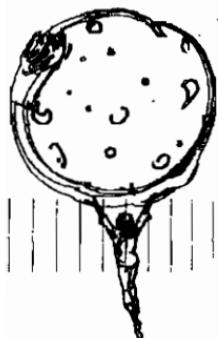
87. Много шума, мало шерсти...

У кошки полмиллиона шерстинок. На какое расстояние протянется ряд, выложенный из кошачьих шерстинок в длину, если средняя длина шерстинки 5 см.

88. Наскальная живопись

На стене пещеры в Исландии найден рисунок, выполненный охотниками каменного века 9000 лет назад. Как, по вашему, что изображено на рисунке?





13. СЕРЬЕЗНЫЕ ЗАДАЧИ (итоговый тест)

89.

Почему у винта мясорубки витки сближаются?

90. **Непонятный зигзаг**

Почему трамвайный провод идет зигзагами, а не параллельно рельсам?

91. «Открылась бездна, звезд полна...»

Можете ли вы сами сосчитать, сколько звезд видно на небе?

92. «Дышите глубже, вы взмолниваны!»

Сколько вдохов делает человек за всю жизнь?
Что надо измерить, чтобы решить эту задачу?

93.

Ученик составил таблицу, которая показывала, как зависело количество невыученных билетов от времени, оставшегося до экзамена.

Время до экзамена, суток	Количество невыученных билетов, шт.
4	24
3	18
2	12
1	6

Определите, сколько билетов было выучено за 1,5 суток до экзамена.

94.

Мы видим Солнце под углом в $0,5^\circ$. Расстояние до Солнца — 150 000 000 км. Найдите диаметр Солнца.

95. Взвешивание с пристрастием

Как измерить массу предмета на неравноплечих рычажных весах?

96.

Есть предложение сделать ручной секундомер с ценой деления в 0,01 с. Есть ли в этом смысл? Почему вы так считаете?

97.

Отрезок дороги наклонен к горизонту под углом 6° . На сколько метров конец отрезка дороги выше ее начала, если длина отрезка 8 км?

98. Сколько в море капель

Попробуйте подсчитать (пусть даже очень грубо):

- а) сколько капель в океане;
- б) сколько песчинок на земле?

99. Чемпион всех времен

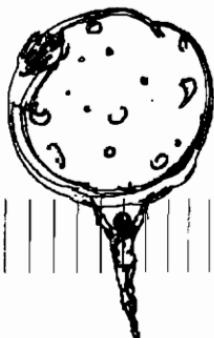
Кто быстрее всех наносил удары: Брюс Ли, Ван Дамм, Шварценеггер... или кто-нибудь еще? Предложите, как можно это выяснить.

100. Физика и спорт

Бегуны тренируются на движущейся ленте. Так можно, не сходя с места, пробежать под наблюдением тренера даже марафонскую дистанцию. Как сделать такой тренажер для конькобежцев?

101. Физика и войны

Во время Великой Отечественной войны в жгучие морозы на одном из уральских заводов нужно было установить мощный пресс для штамповки брони. Основание пресса весом несколько сот тонн требовалось опустить в подготовленный для него котлован, но не было подъемных кранов. А ждать нельзя — броня нужна фронту. Как быть?



14. Контрольные вопросы к Прелюдии



1. Можно ли безоговорочно доверять чувствам?
2. Когда нужны измерения? Какие величины вы умеете измерять?
3. Назовите главные части и характеристики измерительных приборов.
4. Для чего нужна система единиц измерения? Как вводится система единиц?
5. Как измерить расстояние до недоступного предмета? Его размер?
6. Как измеряют большие расстояния? Малые расстояния?
7. Какие расстояния и размеры встречаются в природе?
8. Как измерять большие промежутки времени? Малые промежутки времени?
9. Сколько времени могут продолжаться различные процессы в природе?
10. Какими методами люди исследуют природу?

Он взрослым досаждал вопросом «Почему?», его прозвали «маленький философ», но вырос он, и начали ему преподносить ответы без вопросов. И с этих пор он больше никому не задает вопросов «Почему?».

Самуил Маршак

11. Что такое «физическая модель»? Из чего она состоит? Для чего служит?
12. Как можно сохранить и передать другим людям результаты исследования? Какие преимущества и недостатки имеет передача информации в виде:
а) таблиц;
б) графиков;
в) формул?
13. В каких областях науки и практики может по-
надобиться физика? Для чего она нужна в этих
областях?
14. Как возникают задачи? *А мы все ставим каверзный
ответ
Какие шаги нужно сде- и не находим нужного вопроса.*
лать, чтобы решить за- *Владимир Высоцкий*
дачу?



Часть II

**Физика
собственной персоной**



ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОЙ ЧАСТИ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

Кто спрашивал, сколько слов испробовал Бог, пока нашел то, которое сотворило мир?

Станислав Ежц Лец

Уважаемый коллега! Как устроена книга и как учитель может с ней работать — сказано в предисловии к части I — «Прелюдии». Мы надеемся, что учителю, прочитавшему это предисловие, ясно, чего ожидать от книги. В этом предисловии мы хотим объяснить, чего мы НЕ ожидаем от учителей и чего учителям НЕ стоит ожидать от нас.

1. Мы не предполагаем, что учителя (и ученики) обязаны решить любую из предложенных задач за короткое время с первой попытки. Многие задачи просят, чтобы к ним время от времени возвращались. Особенно это касается открытых задач. Часть из них кажется неприступной при индивидуальной работе, но их легко взять групповым приступом (правила групповой работы — в приложении №2).

Вопрос учителя: «Какие данные в задаче лишние?»
Ответ ученика: «Сколько раз я ее ни решал — она не решается. Значит, у нее нет решения. Значит, все данные — лишние».

Мы подбирали задачи так, чтобы обеспечить разнообразие, из которого учителя (и ребята) смогут выбирать. Учитель легко отличит, какие из них входят в «обязательную

программу», — это закрытые задачи различного уровня, от «одноходовых» до олимпиадных.

2. Мы не предполагаем, что все школьные физкабинеты оборудованы по последнему слову техники. Потому мы старались, чтобы почти все опыты и наблюдения можно было осуществить не только в классе, но и дома.
3. Мы не рассчитываем, что учителя стройными рядами в короткие сроки перейдут на исследовательский подход в преподавании физики. Мы на своей шкуре поняли, что такой переход протекает негладко и требует терпения. Нам кажется, что учитель имеет право делать только те шаги, к которым внутренне готов.
4. Учителям не стоит ожидать от нас подробной разработки каждого урока. Мы — авторы книги, автор урока — учитель. Течение мысли ваших детей мы можем предугадать не точнее, чем вы. Слава Богу, если нам удалось обозначить фарватер для совместного продвижения учителя с учениками.
5. Мы не думаем, что создали канонический вариант пособия. Те недостатки, которые в книге есть и которых мы не заметили, можете заметить вы. Поэтому мы очень ждем отклика. Допустимы и разные отзывы вплоть до диагнозов авторам, особенно если при диагнозах будут и рецепты. Авторы неожиданно для себя осознали, что эта

Разница между умным человеком и дураком в том, что дурак повторяет чужие глупости, а умный придумывает свои.

Народная мудрость

книга не появилась бы на свет без помощи многих людей. Мы благодарим тех, кто повлиял на создание книги лично: со-

ками, возражениями, задачами.

Мы благодарим:

- редактора книги Анатолия Гина, руководителя Лаборатории образовательных технологий;
- коллег по Лаборатории образовательных технологий: Светлану Гин, Юлия Мурашковского, Виктора Тимохова;
- разработчиков и консультантов в области ТРИЗ: Игоря Викентьева (С.-Петербург), Евгению Звягинцеву, Елену Ищенко, Сергея Сычева (Ростов-на-Дону);
- соратников по Турниру юных физиков (ТИФ): В.Ф. Афанасьева (Новгород), Ю.М. Бормашенко (Харьков), С.Д. Варламова (Москва), П.А. Виктора (Одесса), А.В. Гальчинского (Львов), И.М. Гельфгата (Харьков), И.Л. Иврия (Харьков), В.Я. Колебошина (Одесса), Т.П. Корнееву (Москва), В.И. Лобышева (Москва), В.Л. Манакина (Одесса), Л. Марковича (Минск), И.Ю. Ненашева (Харьков), П.Ф. Пшеничу (Черновцы), И.Л. Рубцову (Киев), З. Савилову (Москва), Е.Н. Юносова (Москва);
- разработчиков развивающего обучения (система Эльконина—Давыдова), психологов и методистов: Ю.Н. Белехова (Москва), С. Виноградова (Рига), А.Ю. и Т.М. Губановых (Ярославль), А.М. Захарову (Харьков), В.П. Зинченко (Москва), В.И. Ильченко (Луганск), М.Л. Кацнельсон (Екатеринбург), В.А. Львовского (Москва), Т.В. Некрасову (Харьков), А.В. Нечипоренко (Новосибирск), А.И. Песина (Харьков), В.В. Репкина, Н.В. Репкину (Луганск), Л.М. Фридмана (Москва), С.А. Чандееву (Нижний Новгород).

Более всего мы благодарны своим ученикам — школьникам, студентам, слушателям семинаров. Организаторов семинаров и конференций благодарим особо — без них мы могли бы не выжить.

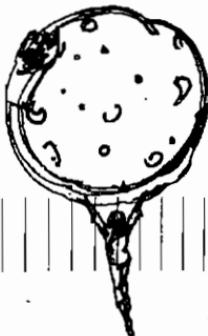
Мы приносим искреннюю благодарность всем, кто нам мешал, — они научили нас радоваться препятствиям...

Я бы хотел верить, что могли быть найдены другие решения проблемы, гораздо более элегантные... Я верю также, что будь я немножко настойчивее, нежного упорнее, я бы и сам мог их найти. Но я устал и бесславно удовлетворился первым решением этой проблемы.

Макс Дельбрюк «Об одержимости в науке» (1972 г.)

Физика — удивительная вещь: она интересна, даже если в ней ничего не понимаешь.
Миша Аров, призер Всеукраинских физических турниров образца 1994—1997 гг.

А. Л. Камин, А. А. Камин



СЛОВО — ЗНАТОКАМ!

*Монолог
человека в футляре
(вредный сонет авторам
от знатного специалиста)*

*На свете есть достойные дела,
А есть и несерьезные игрушки.
Делам серьезным — слава и хвала,
Игрушки же не стоят ни полушки.*

*Всем взрослым,
что работают с детьми,
Хочу я дать совет —
к делам серьезным
Детишек приучайте лет с семи —
Иначе будет безнадежно поздно.*

*Ведь для детей игрушки — сильный яд,
И, став большими, дети, вероятно,
И вас самих в игрушки превратят —
Скажите, вам игрушкой
быть приятно?!*

*Кто не умел работать в восемь лет,
От тех и в тридцать
тоже толку нет!*

Ответ Исаака Ньютона знатному специалисту:

«Не знаю, каким я могу казаться миру, но самому себе я представляюсь ребенком, который играет на берегу моря и развлекается тем, что иногда отыскивает красивую раковину или камешек, более яркий, чем обычно, в то время, как

великий океан истины неисследованной расстилается передо мной».

«Писать — просто, не по-ученому, а стилем конюха, не сглаживать и не смягчать...»

Януш Корчак (1937 г.)

*Чтоб не измучилось дитя,
Учил его всему шутя,
Не докучал моралью строгой...*

А.С. Пушкин

*Послушайте, я не могу буквально
Как попугай вам вторить какаду!
Пусть созданное вами гениально —
На свой манер я все переведу.*

*Леонид Мартынов «Искусство перевода»
(1963 г.)*

«Физика, бесспорно, человечна. Это можно и нужно показывать, когда мы преподаем ее».

Виктор Вайсконф (1981 г.)

«Надо отказаться от надежды, что найдутся более ученые и более начитанные во многих книгах авторы, чем мы, которые наперекор природе смогли бы доказать истинность того, что должно».

Галилео Галилей «Диалог»

«Было бы безумным ожидать, что будет сделано то, чего до сих пор никогда не было, иначе как средствами, доселе не испытанными».

Фрэнсис Бэкон

Вечная проблема

«Хотя я не умею так, как они, цитировать авторов, я буду цитировать гораздо более действенную вещь — опыт.

Они ходят напыщенные и чванные, разряженные и разукрашенные, и не своими, а чужими трудами, а мне в моих собственных трудах от-

казывают; и если они меня, изобретателя, пренебрегают, то насколько больше следует презирать их самих — не изобретателей, а лишь трубадуров и пересказчиков чужих мыслей».

Леонардо да Винчи «Атлантический кодекс»

«Философы, которые держатся исключительно своих умозаключений и аргументов, не учитывая опыта, никогда не могут прийти к надежным и правильным выводам относительно явлений внешнего мира... Есть немало примеров, когда человеческий разум, если он не обращает внимания на результаты, добывшие с помощью опыта, оказывается от истины дальше, чем Земля от Солнца».

Отто фон Герике (1672 г.)

«Естествознание — опора религии. Знание природы склоняет человеческие умы к набожности».

Роберт Бойль

«Все, что было бы сделано посредством многих и больших операций, хотя могло быть осуществлено меньшим числом и меньшими операциями — было бы сделано понапрасну».

*Никола Орем «Книга о небе и Вселенной»
(1377 г.)*

«Если кто-либо не знает истины сам от себя, невозможно, чтобы другие заставили его это узнатъ».

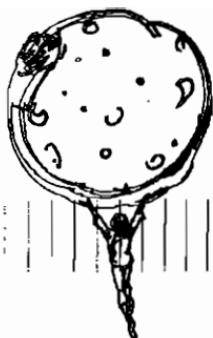
Галилео Галилей (1632 г.)

«Учение — это выяснение того, что ты уже знаешь».

Ричард Бах (1990 г.)

«Одна математическая формула в книге уменьшает количество читателей вдвое».

*Стивен Хокинг, английский астрофизик
(1992 г.)*



1. Покой нам только снится!

1.1.

Тайна покоренного пространства

На чем нам плыть?

Получив карту Острова Сокровищ, сквайр Трелони поехал в порт Бристоль нанимать судно для экспедиции. Ему не терпелось поскорее увидеть сокровища — и он решил во что бы то ни стало получить самый подходящий корабль.

В портовой таверне сквайр разговорился с двумя капитанами.

— Ни одно судно во всей Англии не может сравниться с моим бригом! — надрывал глотку капитан Джек. — Я на нём за месяц доходил от Бристоля до Рио-де-Жанейро.

— Никуда твоя посудина не годится! — горячился капитан Боб. — Подумаешь, Рио-де-Жанейро: пересёк Атлантику — и на месте. Вот я на своей шхуне аж в Бомбей вокруг Африки плавал, и всего за 66 дней.



- А какой из этих кораблей выбрали бы на месте сквайра Трелони вы?
- До Острова Сокровищ 3000 миль. За сколько дней можно добраться до него на бриге Джека? А на шхуне Боба?
- Сколько миль пройдёт за две недели бриг Джека? А шхуна Боба?

Для того, чтобы узнать, какое тело движется быстрее, можно найти, какой путь S проходит каждое тело в единицу времени. Эта величина называется *скорость*:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Единица скорости

$$[v] = \frac{M}{C}.$$

Измерив скорость, можно ответить на два вопроса:

1) Какой путь S пройдёт тело за определённое время t ?

$$s = v \cdot t.$$

2) За какое время t тело пройдёт определённый путь S ?

$$t = \frac{s}{v}.$$

1. Спидометр Колумба и Магеллана.

На парусных судах скорость измеряли так: бросали в море лаг — катушку с веревкой, на которой через равные расстояния были завязаны узлы. Свободный ее конец матрос брал в кулак. Веревка разматывалась, и узлы один за другим проходили че-

рез кулак матроса. Сколько узлов пройдет за 30 секунд — столько морских миль проходит судно в час. (Эту единицу скорости — 1 морская миля в час — и сейчас называют «узел».)

■ Каким должно быть расстояние между соседними узлами, если в 1 морской мили 1852 м?

2. Я бегу, бегу, бегу...

Вычислите свою скорость при беге на любую дистанцию. Сравните ваш результат с результатом лучшего бегуна в классе, школе, городе, стране, мире.

3. Рекордсмен моря.

Чтобы определить скорость дельфина, перед прозрачной стенкой дельфинария установили кинокамеру. На одном снимке получилась голова дельфина с левой стороны кадра. Через 8 кадров на том же месте оказался хвост. Камера делает 24 кадра в секунду. Длина дельфина 1,9 м. Какова скорость дельфина?

Спор в каютах-компании.

В каютах-компаниях «Эспаньолы» встретились сквайр Трелони и капитан Смоллет.

— У нашей красавицы-шхуны великолепный ход! — заметил сквайр. — Её скорость — 15 узлов.

— Ничего подобного! — возразил капитан. — Вахтенные матросы каждый час бросали в море лаг, и ни разу он не показал 15 узлов.



— Позвольте, капитан! — возмутился Трелони.

— Мы уже плывём ровно сутки, не так ли?

— Так, сэр!

— И мы прошли за эти сутки 360 миль, не правда ли?

— Правда, сэр!

— И я надеюсь, что вы не забыли, как делят 360 миль на 24 часа.

— Не забыл. Получается 15, сэр!

— Так почему же лаг не показывал 15 узлов?

— Сэр, в первые 8 часов плаванья мы шли почти против ветра и больше 9 миль в час проходить не могли. Зато потом подул попутный ветер, мы поставили все паруса, и наша «Эспаньола», полетела, как птичка, со скоростью 18 узлов.

А теперь давайте, сэр, посчитаем: 8 часов по 9 миль в час = 72 мили; 16 часов по 18 миль в час = = 288 миль;

Итого: 24 часа — 360 миль.

■ *Как бы вы назвали величину «15 узлов» (или 15 миль в час), о которой говорил сквайр?*

Если бы «Эспаньола» шла с постоянной скоростью 15 миль в час, то за сутки она прошла бы те же 360 миль. Величину «15 миль в час» можно назвать «средней скоростью» шхуны.

Средняя скорость — это путь, пройденный телом за всё время движения, делённый на всё это время:

$$V_{ср} = \frac{S_{путь}}{t_{всё}}$$

Средняя скорость — не всегда среднее арифметическое скоростей на участках. В нашем случае эти величины тоже не равны:

$$V_{cp} = 15 \frac{\text{миль}}{\text{ч}};$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = 13,5 \frac{\text{миль}}{\text{ч}}$$

Зная среднюю скорость, легко определить, сколько времени продлится движение, если известно расстояние:

$$t = \frac{s}{V_r},$$

а также найти, какое расстояние будет пройдено за известное время:

$$s = v_r \cdot t.$$

Найдка для шпиона

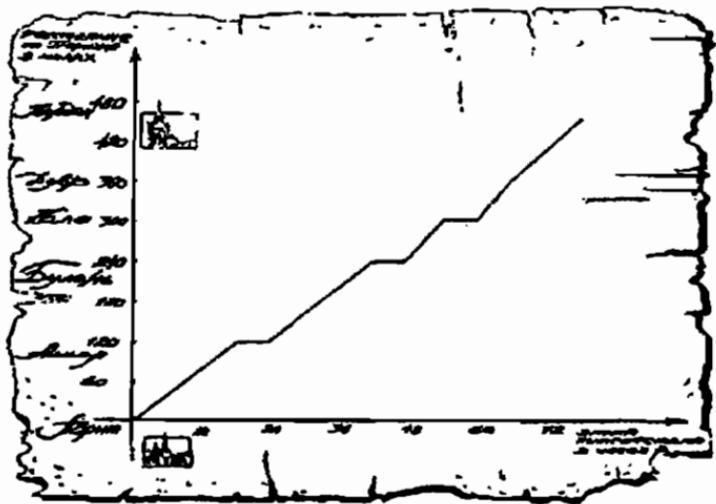
Как-то раз в субботу кардинал Ришелье тайно вызвал графа Рошфора в свою канцелярию. Выглядел кардинал озабоченно и был предельно краток:

— Послушайте, граф! Через неделю королева отбывает в Лондон. Еще через неделю мне нужны сведения о том, где королева находилась в любой час своего путешествия. Вы должны следить за каждым ее шагом и в пути, и в Лондоне. Вы должны передать с надежным человеком сведения о путешествии ее величества, но прошу вас, будьте немногословны, а лучше вообще обойдитесь без слов, поскольку и стены имеют уши.

В назначенный срок графский гонец вручил кардиналу свиток (см. рис. на следующей странице).

■ Может ли кардинал с помощью этого свитка разобраться, как проходило путешествие королевы?





- Что еще можно узнать из этого свитка?
- Удалось ли Рошфору выполнить задание? Как он действовал, чтобы его выполнить?
- Сами составьте график для дороги королевы домой — из Лондона в Париж. (Он не обязательно должен копировать график пути в Лондон.)

1.2.

Движенья нет...

Пароходы, авто, поезда
По Земле путешествуют сами.
Мы же только сидим в них часами
И не движемся никуда.

Из туристской песни

Шальные пиастры



Случилось так, что вторые сутки дул попутный ветер, и яхта «Беда» неслась, едва касаясь воды. Команде работы не предвиделось, и матрос Фукс

предложил старшему помощнику Лому новую азартную игру.

— Послушай, Лом! С такой скоростью мы не плавали ещё никогда. Поэтому ставь на пол вот эту кружку точно под своей верхней койкой. Теперь влезай на койку и отпускай из руки вот эти золотые пиастры точно над кружкой.

Если монета попадёт в кружку — ты забираешь её себе, если мимо — отдаёшь мне, и ещё свою даёшь впридачу.

Предположим, что скорость яхты — 10 узлов (примерно 5 м/с), монета падает полсекунды, радиус кружки — 5 см. Как вы думаете, на что рассчитывал Фукс, предлагая эту игру?

- *Кто останется в выигрыше, если игроки будут строго соблюдать условия игры?*
- *Можно ли по результату этой игры определить, не выглядывая из иллюминатора, движется яхта или покоятся?*
- *Как вы думаете, изменится ли результат, если игру повторить в самолёте, который следует тем же курсом, что и яхта, но со скоростью 500 узлов?*
- *Можно ли выяснить, сбрасывая предметы на землю с высокой башни, движется Земля в окружающем пространстве или покоятся?*

Яблоко раздора

Три восхитительные богини Афина, Афродита и Гера прогуливались по морю на маленьком кораблике с мачтой посередине. Поскольку ветра не было, богини впрягли в корабль самого бога морей Посейдона. Гера сиде-



ла на носу корабля, Афродита расположилась под мачтой, а Афина на корме.

Всемогущий Зевс превратился в орла, взял в клюв золотое яблоко с надписью — «ПРЕКРАСНЕЙШЕЙ», незамеченным проник на корабль и уселся на верхушку мачты.

- Когда корабль несся по зеркальной глади со скоростью птицы, Зевс выпустил яблоко из клюва.
- Какой из богинь достанется яблоко?
- Кто получит яблоко, если корабль будет стоять на якоре, а Зевс в облике орла выпустит яблоко точно у верхушки мачты, пролетая от кормы к носу?
- От носа к корме?

1. При равномерном движении (с любой скоростью) каждая частица движущегося тела сохраняет его скорость. Поэтому монета, выпущенная из рук, падая вниз, в то же время продвигается вперёд на такое же расстояние, что и кружка на полу каюты.

2. Находясь внутри корабля (поезда, самолёта, спутника), нельзя устанавливать, покояться он или движется с постоянной скоростью.

4. «Есть женщины в русских селеньях...»

Что произойдет с всадником, если женщина «коня на скаку остановит»?



5. Тех, кто был особо боек, прикрутили к спинкам коеок

Почему на корабле не должно быть незакрепленных предметов?

6. Ковер-самолет

Вам подарили самый настоящий ковер-самолет. Как бы вы его усовершенствовали?

Вагончик тронется — перрон останется

Величайший детектив Шерлок Холмс и величайший преступник профессор Мориарти смотрят друг на друга из окон соседних поездов, стоящих на вокзале Ватерлоо. Шерлок Холмс увидел, что профессор вместе с окном своего вагона поплыл назад. «Ну, наконец, тронулись», — подумал Холмс.

«Ну, наконец, тронулись», — подумал Мориарти, глядя, как Холмс вместе с окном своего вагона поплыл назад.

■ *Могут ли детектив и преступник, глядя только друг на друга, определить, кто из них на самом деле тронулся, т. е. кто находится в движении, а кто покойится?*

Не имеет смысла говорить о движении и покое какого-нибудь тела, если не сказано, какие тела при этом считаются неподвижными.

В нашем случае Шерлок Холмс движется по отношению к профессору Мориарти, профессор Мори-

Посмотри сквозь перила моста — и ты увидишь, как мост поплыает по неподвижной воде.

Китайская пословица



арти движется по отношению к Холмсу, а слова, «кто из них движется на самом деле», означают, «кто из них движется по отношению к Земле».

Вопрос «Движение или покой?» чем-то похож на вопрос «Справа или слева?». Соседка по парте, сидящая справа от вас, для учителя, стоящего лицом к классу, располагается левее вас. Правый фланг шеренги находится по левую руку от командира, стоящего к шеренге лицом.

Об одном и том же эпизоде футбольного матча нападающий скажет: «Я пробил в правый угол», а вратарь: «Я взял мяч в левом углу ворот».

Ещё один похожий вопрос: «Верх или низ?» Направление «вверх» для европейца будет направлением «вниз» для американки, и наоборот. Спросите европейца и американку: «Куда вы смотрите, чтобы увидеть звезды?» «Вверх», — скажет американка. «Вверх», — скажет европеец. Но покажут при этом в противоположные стороны.

Во всех трёх случаях, чтобы не возникло путаницы, надо чётко указывать, с какой точки зрения (т. е. по отношению к кому) будет рассматриваться ситуация. Этот «кто-то» в физике называется «наблюдатель».

В нашем примере Шерлок Холмс — наблюдатель, связанный с одним поездом, профессор Мориарти — наблюдатель, связанный с другим по-



ездом, а начальник станции — наблюдатель, связанный с Землёй.

Можно сказать и по-другому: движение и покой, правое и левое, верх и низ — относительны.

7. Об одном старинном недоразумении

Движенья нет,
сказал мудрец брадатый.

Другой смолчал
и стал пред ним ходить.

Сильнее бы не мог он возразить:
Хвалили все ответ замысловатый.
Но, господа, забавный случай сей
Другой пример на память

мне приводит:
Ведь каждый день
перед нами Солнце ходит,
Однако ж прав упрямый Галилей.

А.С. Пушкин

■ В тоне Александра Сергеевича звучит нота недоумения. Помогите великому поэту его преодолеть. Ответьте (можно в стихах), есть все-таки движение или нет?

Если бы авторам учебника посчастливилось встретиться с автором стихов, они бы ответили так:

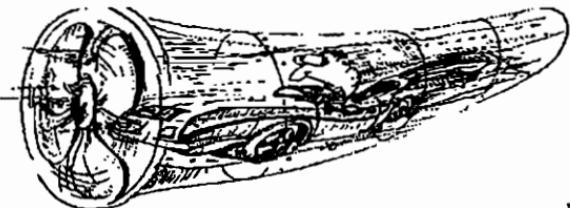
Поэты, увы, чересчур впечатлительны:
Движение есть, но оно относительно.
Как только поэт изберет точку зрения,
Тотчас же исчезнет и недоумение.

Мечта автоконструктора

Вы создали корпус гоночного автомобиля необычной формы для того, чтобы побить рекорд скорости. Вам нужно знать до старта, выдержит ли передний щиток напор окружающего воздуха при достижении этого рекорда. Как бы вы поступили? Привязали бы

новый корпус к самолёту? Выпустили бы машину на старт, не получив ответа на вопрос?

Можете ли вы, высунув руку из автобуса на скорость 10м/с, отличить поток встречного воздуха от ветра, который дул бы со скоростью 10м/с на вашу неподвижную руку?



Вместо того, чтобы покоящийся относительно Земли воздух действовал на движущийся корпус автомобиля, можно сделать наоборот: создать струю воздуха, имеющего рекордную скорость, и обдувать ею корпус, неподвижный относительно Земли. Результаты не будут отличаться. Такое устройство — аэродинамическая труба — наглядно показывает, что движение и покой относительны.

То же производит движение воздуха против неподвижного предмета, что и движения предмета против неподвижного воздуха.

Леонардо «Кодекс о полете птиц»

1.3. По течению и против ветра

Ну, эскалатор, погоди!

Эскалатор метро движется вверх со скоростью 2 м/с. Вниз по эскалатору идёт Волк со скоростью 1,5 м/с.

Заяц стоит на платформе внизу и очень интересуется, приближается к нему Волк или удаляется? С какой скоростью?

Посмотрим, что произойдёт с Волком за 1 с. Ступенька эскалатора, на которой он стоял, проедет 2 м вверх. Но Волк за это время спустится на другую ступеньку, на 1,5 м ниже прежней. Итак, эскалатор поднял волка на 2 м вверх. Собственные лапы спустили его на 1,5 м вниз по эскалатору.

ИТОГО за 1 с — 0,5 м вверх:

$$V_{\text{общ}} = V_1 - V_2.$$

Умные люди в отличие от Волка идут по эскалатору в ту же сторону, куда движется и сам эскалатор. В этом случае скорости двух движений не вычитаются, а складываются (проверьте похожим рассуждением):

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2.$$

Если тело участвует одновременно в нескольких движениях, то его скорость алгебраически складывается из скоростей этих движений. Слово «алгебраически» означает, что если скорости направлены в одну сторону, то в сумму они входят с одинаковыми знаками, а если в разные — то с противоположными знаками.

Дрожите, лиссабонские купцы!

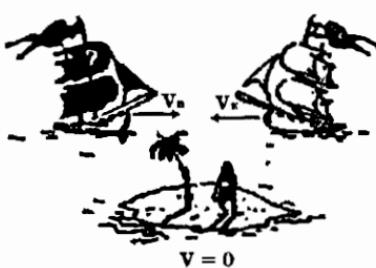
Пираты увидели, что встречным курсом движется торговое судно. Может ли пиратский капитан вычислить, через какое время корабли подойдут борт к борту и можно будет начать абордаж? Как изменится ответ, если пираты не сближаются с торговцами, а догоняют их?



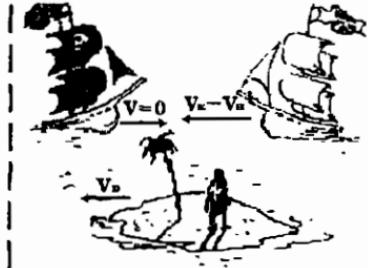
Это легко было бы сделать, если бы пиратский корабль покоился, а двигался бы только торговый. Как же быть, если оба судна движутся?

С точки зрения пиратов пиратское судно можно считать неподвижным; тогда весь океан вместе с рыбами, кашалотами, спрутами и кораблями движется (опять же с точки зрения пиратов) в направлении от носа к корме пиратского судна.

Что видит островитянин



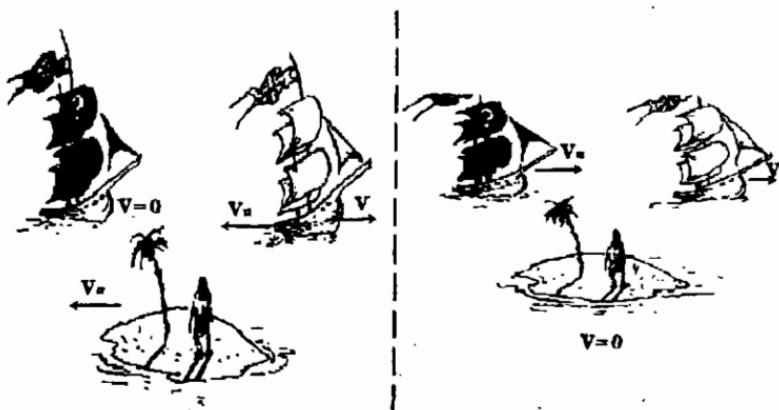
Что видит пират



1. Если пираты и купцы движутся встречными курсами (к примеру, пираты — на восток, купцы — на запад), то пиратский капитан увидит, что купеческое судно участвует одновременно в двух движениях:

- На запад вместе с океаном (со скоростью пиратского судна v_p).
- На запад по океану (со своей собственной скоростью v_k).
- Получается, что купцы сближаются с пиратами со скоростью $v_p + v_k$.

2. Если и пираты и купцы движутся одним курсом (например, на восток), то пиратский капитан увидит вот что:



- Купцы плывут на восток со скоростью v_k , но океан сносит их на запад со скоростью v_n .

Тогда:

Если $v_n > v_k$, то пиратский корабль догоняет торговый со скоростью $v_n - v_k$.

Если $v_n < v_k$, то торговый корабль удирает от пиратского со скоростью $v_k - v_n$.

■ Попробуйте описать эти события:

- а) с точки зрения капитана торгового судна;
- б) с точки зрения Робинзона, который наблюдает схватку с острова.

1.4.

Встречи и расставания

Поезд — длинный, смешной чудак

До сих пор мы рассматривали движение тел, не думая об их длине. И корабли в море, и Волка на эскалаторе, и яблоко, падающее из клюва орла, мы считали просто точками (физики-профессионалы сказали бы «материальными точками»). Но иногда встречаются такие движения, когда о длине тела забывать нельзя.

Пример.

Две электрички едут навстречу друг другу с одинаковыми скоростями $v=15\text{ м/с}$. В одной электричке 9 вагонов, в другой — 12. Длина каждого вагона 60 м. Через какое время после встречи машинистов встретятся глазами пассажиры, уныло смотрящие в последние окна хвостовых вагонов?

При решении таких задач полезно считать, что у длинных тел есть только начало и конец (нос и корма, голова и хвост и т.д.). Вместо материальной точки появляется «материальное двоеточие» (такого термина у профессионалов нет, а жаль). И обе эти точки движутся с одинаковой скоростью — скоростью всего тела.



Итак, нарисуем расположение поездов в момент встречи их машинистов.

- Какое сейчас расстояние между хвостами поездов (в вагонах и в метрах)?
- С какой скоростью сближаются хвосты поездов?
- Через какое время они встретятся?
- Иногда одно из тел во много раз длиннее другого (например, поезд догоняет бегуна). Как быть в этом случае, разберитесь сами.

Наука для детектива

Обычно Шерлока Холмса представляют как знатока химии, анатомии и уголовной хроники. Но не все вспоминают, что знаменитому сыщику то и дело приходилось решать задачи на движение.

Пример.

Если пароход с преступниками неделю назад стоял в Бомбее, а сейчас идет Суэцким каналом, то когда можно ждать его в Лондонском порту?

Готовясь взорвать дом, преступник поджег бикфордов шнур и бросился бежать, чтобы к моменту взрыва быть на безопасном расстоянии. Какой длины нужно взять шнур?

Сколько понадобится времени, чтобы пройти пешком расстояние, которое дилижанс проходит за час?

■ *Как бы вы решали подобные задачи?*

Во всех этих задачах сравниваются два движения. В первом случае у этих движений общая скорость (скорость парохода), во втором — время (время горения бикфордова шнуря), в третьем — расстояние.

Рассмотрим решение первой задачи. В ней описаны два движения: Бомбей — Суэц и Суэц — Лондон. Оба расстояния известны — их можно найти по карте. Известно время первого движения. И,



наконец, мы можем предположить, что средняя скорость парохода не менялась.

Выразим эту скорость из первого движения:

$$v = \frac{S_1}{t_1}$$

и подставим в формулу для второго:

$$t = \frac{S_1}{v}.$$

Получим

$$t_2 = t_1 \frac{S_2}{S_1}$$

План решения двух других задач попробуйте наметить сами.

- Что нужно измерить, решая каждую из них?
Что нужно вычислить?
- Может быть, вам будет интересно заметить, что скорость сгорания бикфордова шнуря и скорость человека отличаются по смыслу?

Если в задаче даны два движения, в которых какая-то величина (скорость, время или расстояние) общая, то удобно выразить эту общую величину из формулы $S = v \cdot t$ для одного движения и подставить в ту же формулу для другого.

1.5.

Задачи к 1-й главе

8. Солнечный зайчик

Солнечный зайчик движется по стене комнаты со скоростью 0,3 м/с. С какой скоростью он будет двигаться по стене соседнего дома?

9. Путешествие в Царьград

Известно, что однажды киевская княгиня Ольга предприняла путешествие в Царьград. Представьте, что вы — советник великой княгини. Какой вид транспорта вы бы ей предложили? На какую продолжительность путешествия следует рассчитывать? Учтите, что за неудачный совет в те времена можно было заплатить не только положением, но и жизнью.



■ *Как бы вы действовали, прежде чем давать совет княгине?*

10. Дуэль в проливе Па-де-Кале

Д'Артаньян, возвращаясь из Лондона в Париж на корабле, обнаружил на палубе графа Рошфора и вызвал его на дуэль. Граф выбрал дуэль на пистолетах. Где лучше стать д'Артаньяну — ближе к носу корабля или ближе к корме?

11. Стрельба через винт

Вот отрывок из книги по истории авиации. «В 1915 г. в руки немцев попал французский самолет-истребитель. При осмотре машины выяснился секрет успехов французов в боях с немецкими самолетами. Пулемет у французов стрелял через собственный винт, а на лопастях винта были приклепаны стальные пластинки, они отражали пули, если те попадали в лопасти. Немцы скопировали новинку, но в отличие от

Брошенный с корабля камень, благодаря тому, что он приведен в движение кораблем, не отстает от корабля и не опередит его.

Галилей (1632 г.)

легких французских пуль немецкие пули разносали собственные же винты в щепки!»

■ *Что бы вы предложили?*

12. «А ты, улетающий вдаль самолет...»

Почему трудно наблюдать самолет, летящий вблизи, но легко — вдали? С какого расстояния наблюдение становится возможным?

13. «Мы писали, мы писали...»

Вам дали новенькую шариковую ручку. Как бы вы определили наибольшую длину следа, который может оставить на бумаге эта ручка?

14. Ветер ставит рекорды

Самый сильный порыв ветра произошел 12 апреля 1934 г. на горе Вашингтон штат Нью-Хэмпшир. Скорость 132 м/с держалась несколько минут.

Придумайте задачу, связанную с этим событием.

15. Курс — на север

375 млн лет назад от восточного края Австралии оторвался кусок суши (массив Александра) с прилегающими островами и через 275 млн лет прилепился к Аляске, захватив по дороге часть Калифорнийского полуострова.

С какой скоростью двигался массив?

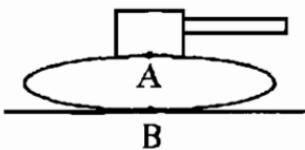
16. Бандитская пуля

Пуля, летящая со скоростью 600 м/с, насквозь пробивает вагон шириной 4 м. Оказалось, что отверстия в стенах вагона смешены друг относительно друга на 10 см. С какой скоростью ехал вагон?



17. Новый вид городского транспорта

Танк едет со скоростью 12 м/с. С какой скоростью движутся точки А и В его гусеницы?



18.

Пешеход прошел часть пути со скоростью 3 км/ч, затратив на это две трети времени своего движения. За оставшуюся треть времени он прошел остальной путь со скоростью 6 км/ч. Определите среднюю скорость его движения.

19.

По дороге, расположенной параллельно железнодорожному пути, едет велосипедист со скоростью 5 м/с. Его догоняет поезд длиной 120 м и затем обгоняет за 6 с. Какую скорость имел поезд?



20.

В море при штиле плывут навстречу друг другу мальчик и лодка. Одновременно между ними плывет любознательный дельфин. Подплыв к мальчику, дельфин сразу поворачивает и плывет к лодке, а от нее вновь возвращается к мальчику. Так он и плавает между сближающимися лодкой и мальчиком. Определите путь, который преодолел дельфин за время, в течение которого расстояние между лодкой и мальчиком сократилось с 500 м до 100 м. Скорость мальчика — 1 м/с, лодки — 3 м/с, дельфина — 5 м/с.

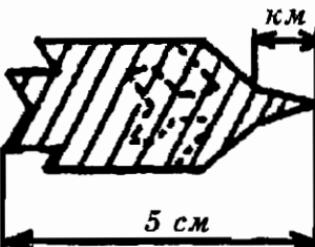


21.

Автоколонна движется по мосту со скоростью 36 км/ч. За какое время колонна пройдет мост, если длина моста 600 м, а длина автоколонны 400 м?

22.

Разведчики сфотографировали летящий самолет (форма самолета показана штриховой линией, см. рис.) Какова скорость самолета, если его длина 30 м, длина носовой части 10 м, а выдержка фотоаппарата 0,1 с?



Микроопыт

Попробуйте, имея газету и секундомер, выяснить, от чего может зависеть средняя скорость тела, падающего в воздухе?

23. Еще один рассказ барона Мюнхгаузена

— Недавно я разминался, бегая вдоль железной дороги. Навстречу мне промчались два поезда — один через 6 минут после другого.



Я знал, что оба они идут со скоростью 60 км/ч, причем второй поезд отправился со станции через 10 минут после первого. Я тут же достал блокнот и ручку и прямо на бегу вычислил по этим данным свою скорость. Если и вы сможете ее определить, то убедитесь, что бегаю я неплохо.

24.

Моторная лодка проходит расстояние от А до В по течению реки за 3 ч, а плот — за 12 ч. Сколько времени затратит лодка на обратный путь?

25.

Сколько времени идет к нам свет от ближайшей к Солнцу звезды Альфа Центавра, если расстояние между Солнцем и этой звездой равно $3,9 \cdot 10^{16}$ м?

26.

Придумайте способ, как самим измерить скорость какого-нибудь равномерного движения (течения реки, автомобиля и т.д.).

**27. «Шел бархан, преград
не зная...»**

При сильном ветре небольшой бархан передвигается за сутки на 10 м. Какое расстояние проползет бархан за год?



28.

При попутном ветре скорость почтового голубя 100 км/ч, а при встречном — вдвое ниже. За какое время голубь доставит письмо адресату на расстояние 850 км и вернется обратно, если туда он летит при попутном ветре, а ветер упорно не хочет меняться?



29.

Какое расстояние преодолеет Земля за полгода в своем движении вокруг Солнца? Какова скорость этого движения?

*Земля с Луной в круговом
находится движении —
и потому мы капли пьем
от головокружения.*

*Из английской
народной поэзии*

30. Кавказская пленница

Кавказскую пленницу везут в автомобиле. Через щель в кузове несчастная жертва могла видеть километровые столбы в течение 10 мин. Может ли пленница узнать, на какое расстояние ее увезут за 2 ч?



31. Крыша поехала

В 9 часов вечера у дяди Васи со скоростью 30 км/ч поехала крыша. Дядя Вася обнаружил пропажу только через 3 ч, сорвался за ней в погоню и догнал только в 6 ч утра. С какой скоростью мчался дядя Вася за своей крышей?



32. Плавали — знаем!

Ядовитый паук тарантул при всех его достоинствах еще и отличный пловец. Он может плыть с незначительными передышками целую неделю со скоростью 20 м/мин. Какой ширины реку способен преодолеть за неделю этот пловец, если на передышки он затратит всего 3 ч?





2. КАК ОСЕДЛАТЬ ТЯНИТОЛКАЯ?



2.1.

Соберемся с силами

*Если слон и вдруг на кита налезет —
кто кого сбормет?*

*Детский вопрос из повести Л. Кассиля
«Кондукт и Швамбрания»*

Левитация

Легендарный экстрасенс Урия Гипп заставляет шарик от пинг-понга зависать в воздухе и при этом ни на что, кроме воздуха, не опираться. Сам Урия Гипп говорит, что делает это силой мысли; папа римский заявляет, что здесь не обошлось без нечистой силы; святейший Шейх ибн-Хоттаб полагает, что это та же неизвестная сила, которая держит в воздухе знаменитый гроб пророка Магомета.



■ *А что по этому поводу думаете вы?*



Костяная нога

Лучший бомбардир южноиспанской сборной Диего Абадонна носит на левой ноге красную повязку. Это должно означать, что мяч после его удара может убить вратаря или сломать штангу. Но это еще не все: футбольный снайпер владеет еще и непревзойденным «кошачьим» пасом — мяч после такого удара катится почти незаметно. Тренер позднеанглийской сборной Джекки Чарльстон утверждает, что изобрел тренажер, точно воспроизводящий как «пушечный» удар Абадонны, так и его «кошачий» пас.

■ *Как, по-вашему, должен быть устроен такой тренажер?*

Моя полиция меня бережет

Струя воды из пожарного рукава должна сбить нарушителя порядка с ног, но не должна его покалечить.

■ *Можно ли измерить, с какой силой действует струя на нарушителя?*

Мина плавает по дну

Ньютон-школьник однажды победил на соревнованиях по прыжкам в длину, потому что выждал момент, когда сила ветра помогла ему.

Требуется обезвредить магнитные мины, которые прилипают к стальному корпусу корабля и сразу взрываются.

■ Как измерить силу, с которой мина притягивается к корпусу?

Любое физическое тело может испытывать притяжения или толчки со стороны других тел — механические воздействия. Эти воздействия можно сравнивать, а значит — измерять. Мера воздействия называется силой.

2.2.

Сила есть!

Мышонок по имени Ньютон

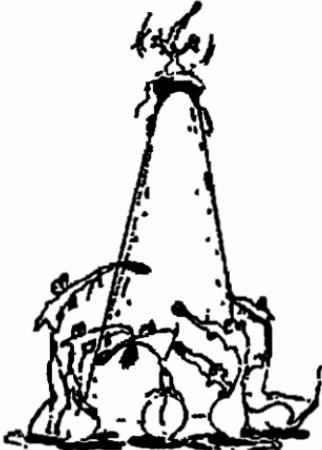
Жил-был царь, у царя был дворец, во дворце — кухня, а в кухне мыши жили-поживали, вкусные крошки подбирали.

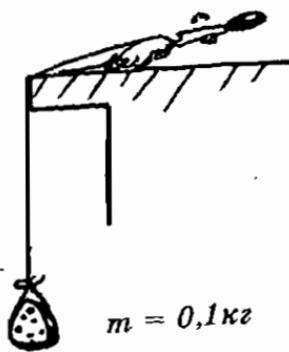
Но как-то раз самый шустрый мышонок по имени Ньютон собрал ровесников и ровесниц и пропищал на самой низкой ноте:

— До каких пор, братцы, будем крохами с чужого стола пробавляться? Пускай предки подбирают объедки — а нам подавай настоящую жизнь! Давайте утянем головку сыра!

Тут самая мелкая мышка не выдержала:

— Что это ты несешь, глупый мышонок Ньютон?! Я тоже видела, что повара не закрыли ящик,





в котором лежит авоська с головкой сыра. И несмышленому младенцу понятно, что утащить ее надо с первой попытки. Может, ты у нас и самый сильный, но больше ломтика и тебе не поднять.

— Нас много, братцы, — ответил мышонок по имени Ньютона, — и по силе мне никто не захочет уступать. Я видел, как повара нарезают головку сыра на двадцать ломтиков. Двадцать добровольцев, два шага вперед! Если дружно потянем — вытянем авоську из ящика.

Тут самая мелкая мышка задумалась, а потом спросила: «А как ты думаешь, Ньютон, сколько понадобится добровольцев, чтобы поднять за хвост вон того кота, что дремлет возле ящика?»

Чтобы измерять силу, надо выбрать единицу измерения.

За единицу силы принят 1 ньютон — сила, которая нужна, чтобы поднять груз массой 0,1 кг.

Итак, чтобы поднять массу $m = 0,1 \text{ кг}$, нужна сила $F = 1 \text{ Н}$:

$$\begin{array}{ll} m = 1 \text{ кг}, & F = 10 \text{ Н}; \\ m = 2 \text{ кг}, & F = 20 \text{ Н}; \end{array}$$

и т.д.

Силу, которая нужна, чтобы поднять массу m , можно записать в виде $F = m \cdot 10 \text{ Н/кг}$. Можно сказать, что это — сила тяжести, с которой груз

массой m притягивается к Земле. Иногда формулу для силы тяжести записывают в виде

$$F = mg, \text{ где } g = 10 \text{ Н/кг.}$$

■ Какая сила нужна чтобы поднять:

- a) пушинку;
- б) вас лично;
- в) слона?

■ С какой силой притягивается к Земле:

- а) кот;
- б) лошадь;
- в) синий кит;
- г) самый большой блок египетской пирамиды?

■ Какую силу можете приложить вы?

■ На потолке сидит муха. Действует ли на нее сила тяжести?



Чемпионат по взвешиванию

Проведите в классе соревнование, кто точнее всех определит без весов массы различных тел.

2.3. Как измерить силу богатырскую?

Как-то раз в дремучем лесу (то ли Черниговском, то ли Шервудском), на берегу реки (то ли Темзы, то ли Смородинки), задумали хитроумный русский



богатырь Алеша Попович и благородный английский разбойник Робин Гуд силами помериться.

Робин Гуд поднял три огромных валуна, но не справился с четырьмя такими же валунами.

И Алеша Попович те же три валуна одолел, но четыре и ему не покорились.

- Значит ли это, что силы Робина Гуда и Алеши Поповича одинаковы?
- Можно ли выяснить, кто из них все-таки сильнее?
- Как быть, если камешков поменьше поблизости нет?

Посмотрел тогда Алеша Попович на Робина Гуда и промолвил:

— Добру молодцу что камни поднимать, что лук растягивать — одни и те же руки надобны. Давайка, брат Робин Гуд, померимся, кто сильнее лук растянет.

Взялся Робин Гуд за лук тугой, наложил на него стрелу каленую. Натянул тетиву — острье стрелы на три вершка попятилось.

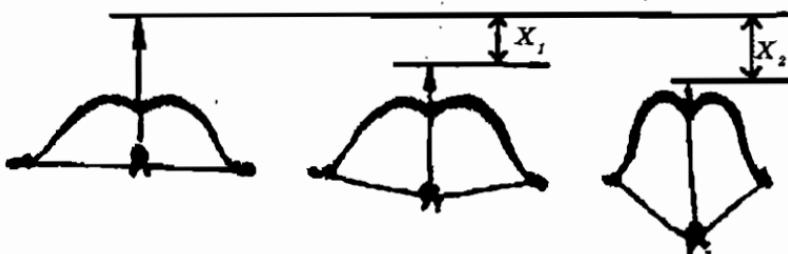
Взялся за тот же лук хитроумный Алеша Попо-



вич — попятилось острье стрелы на три вершка с четвертью.

На том богатырский спор и порешили.

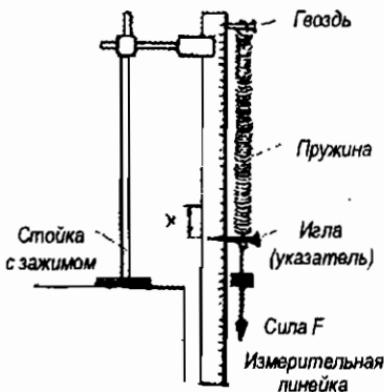
Нашим героям удалось помериться силами с помощью хитрости: они додумались сравнивать силы своих мускулов с силой упругости натянутого лука. Отрезки X_1 и X_2 (смещение остряя стрелы) можно сравнивать гораздо точнее, чем массы и силы тяжести камней.



Лабораторная работа

Соберите прибор, как показано на рисунке. Подвесьте к пружине гирю в 100 г. Куда переместился указатель?

- Можете ли вы предсказать, где он окажется, если подвесить 200 г; 150 г; 75 г?
- Где будет указатель, если пружину потянуть с силой 3 Н; 0,5 Н; 2,5 Н?
- Можете ли вы составить по результатам опыта таблицу?
- Построить график?
- Можете ли вы сделать вывод из опыта в виде формулы?



Если к пружине приложить силу F , длина пружины изменяется на величину x (смещение), причем сила пропорциональна смещению:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{X_2}{X_1}.$$

Эту пропорцию можно записать и в другом виде:

$$\frac{F_2}{X_2} = \frac{F_1}{X_1} = k.$$

Это свойство силы упругости позволяет легко находить неизвестную силу: известная сила F , вызывает смещение x . Неизвестная сила F_2 , вызывает смещение x_2 . Тогда

$$F_2 = \frac{F_1}{X_1} \cdot X_2 = k \cdot X_2.$$

Аналогично

$$F_3 = k \cdot X_3.$$

Короче,

$$F = k \cdot X.$$

*Кто хоть раз стрелял из лука,
тот знаком с законом Гука.*

Эта формула называется законом Гука.

Из школьного фольклора

Благодаря этому свойству пружина и служит главной частью динамометра — прибора, измеряющего силу.

2.4. Силы в упряжке, или Танцы на льду

Танец 1. «Я помню чудное мгновенье...»

Однажды в студеную зимнюю пору Спящая Красавица очнулась от спячки и пошла на Лебединое озеро кататься на коньках с двумя добрыми молодцами. Одного из них звали Брюс Ли, другого — ван Дамм.

Брюсу Ли понадобилось одно чудное мгновенье, чтобы разогнать Спящую красавицу до невероятной скорости.

- Может ли Брюс Ли разогнать Спящую Красавицу до большей скорости?
- До какой скорости разгонят Спящую Красавицу ван Дамм, который вдвое сильнее Брюса Ли? В его распоряжении тоже одно чудное мгновенье.
- До какой скорости добрые мородцы разгонят Спящую Красавицу вдвоем (тоже за одно чудное мгновенье)?
- Что произойдет с телом, если на него подействует сила?

Если к неподвижному телу приложить силу, то оно будет разгоняться — приобретет скорость. Если та же сила будет действовать дольше, то приобретенная скорость увеличится:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{t_2}{t_1}. \quad (1)$$

Если приложить большую силу, не меняя времени действия, — приобретенная скорость тоже увеличится:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{F_2}{F_1}. \quad (2)$$

33.

Спящая красавица пригласила кататься с богатырями сестру — близнеца Белоснежку. Ван Дамм разогнал Белоснежку до невероятной скорости. Может ли Брюс Ли разогнать до той же скорости Спящую Красавицу? Как ему действовать?





Танец 2. «Возьмемся за руки, друзья»

Белоснежка и Спящая Красавица взялись за руки. До какой скорости Брюс Ли разгонит эту парочку за чудное мгновенье? До какой скорости разгонит ее ван Дамм?

Как изменится скорость, приобретенная телом под действием силы, если изменить массу тела?

Если массу тела увеличить, скорость, приобретенная телом под действием силы, во столько же раз уменьшится:

$$\frac{v_1}{v_i} = \frac{m_i}{m_1}. \quad (3)$$

Все три формулы легко получить из одной:

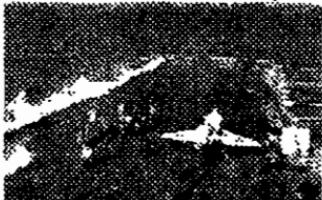
$$v = \frac{F}{m} \cdot t. \quad (4)$$

Проверьте это.

Смысл этой формулы прост: скорость, приобретенная телом под действием силы, зависит, во-первых, от приложенной силы, во-вторых, от времени ее действия, и в-третьих, от массы тела.

34.

Брюс Ли, Спящая Красавица и Белоснежка образовали на катке «поезд». До какой скорости разгонит его ван Дамм? До какой скорости разгонит «поезд» Брюс Ли, если уступит место в нем ван Дамму?



Взлет с авианосца

35.

До какой скорости за 1 секунду разгоняется тело под действием силы тяжести? Как эта скорость зависит от массы тела? Можете ли вы эту скорость измерить?

Танец 3. Леди с дилижанса — пони легче!

Ван Дамм подарил Белоснежке суперсовременные идеально скользящие коньки. Белоснежка надела коньки и вдруг спросила:

— Если у дамы идеально скользящие коньки, должен ли кавалер все время подталкивать даму, чтобы она двигалась с приличной скоростью?

■ *Что бы вы ей ответили на месте ван Дамма?*

— Отнюдь нет! — ответил ван Дамм. — Уважающий себя кавалер должен даму разогнать, а потом предоставить самой себе.

Предоставленная самой себе дама будет двигаться по прямой с приличной скоростью без всяких усилий со стороны кавалера, а также и без собственных усилий.

Более того, чтобы остановить эту даму, понадобится сила другого кавалера. Если кавалер этого не сделает, за него это сделает любое препятствие, возникшее на пути дамы.

Итак, предоставленная самой себе дама поконится или равномерно движется по прямой, пока не вмешается какой-нибудь кавалер.



Если к неподвижному телу приложена сила, то тело будет разгоняться, пока действует сила. Когда действие силы прекращается, тело сохраняет приобретенную скорость — как говорят, движется по инерции. Чтобы изменить эту скорость (ещё больше разогнать тело, заставить его повернуть, затормозить его), снова требуется, чтобы на тело подействовала сила со стороны других тел.

Можно сказать и так:

Всякое тело покоятся или движется со скоростью, постоянной по величине и направлению, пока другие тела не заставят его изменить эту скорость (Первый закон Ньютона, или закон инерции).

При этом «другие тела» могут быть очень малыми или даже невидимыми — как невидим ветер, разгоняющий парусник, как невидимы струи воздуха, бьющие в купол парашюта, как невидимы микроскопические бугорки на льду, тормозящие конькобежца.

Танец 4. «Ледовое побоище»

Семь гномов притащились за Белоснежкой на каток, подъехали к ван Дамму и начали к нему приставать. Ван Дамм вполсилы толкнул одного, тот отъехал с невероятной скоростью.

- *Как вы думаете, что произошло при этом с ван Даммом? Почему?*
- *Воздействовал ли ван Дамм на гнома?*
- *Воздействовал ли гном на ван Дамма?*

Пусть учитель и ученик или два ученика сыграют в перетягивание каната, к обоим концам которого прикреплены динамометры. Что покажет ди-

намометр победителя? А что покажет динамометр побежденного?

Любое воздействие на тело сопровождается ответным воздействием. Силы взаимодействия двух тел равны по величине и противоположно направлены:

$$F_{12} = -F_{21},$$

или, короче, сила действия равна силе противодействия.

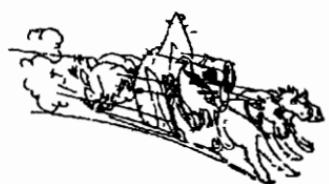
Танец 5. Не числом, а уменьем

Однажды на каток пришли Волк и Семеро Козлят. Козлята уже умели кататься на коньках, а Волк ещё не научился.

Волка дружно поставили на коньки, четверо козлят что есть силы потянули его вперёд, а трое изо всех сил — назад. Так они общими усилиями разогнали Волка до черепашьей скорости.



■ Разумно ли действовали козлята?



■ Скольких козлят было бы достаточно, чтобы добиться того же результата?

■ До какой скорости могли бы козлята разогнать Волка, если бы они действовали удачнее?

Несколько сил, действующих на тело, можно заменить одной силой, дающей тот же результат. Если все силы действуют вдоль одной прямой,

то эта РАВНОДЕЙСТВУЮЩАЯ СИЛА алгебраически складывается из всех действующих сил (силам, действующим в противоположных направлениях, приписываются противоположные знаки):

$$\mathbf{F}_p = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots$$

2.5.

Золотое правило



*Работа есть работа,
Работа есть всегда ...
Б. Окуджава*

Толстый и тонкий

Слон поднимает мешок зерна с земли на чердак. Справится ли с этим делом муравей?

- Какое расстояние ему придется преодолеть с грузом?
- Какую силу прикладывает слон?
- Какую силу прикладывает муравей?
- Какое расстояние преодолевает с грузом слон?
А муравей?

Деликатный груз

На причал, у которого ошвартовалась яхта «Беда», доставили в подарок команде фургон страусиных яиц. На вахте — только матрос Фукс, все подъемные механизмы отправлены в ремонт.



- Может ли Фукс поднять на борт по трапу вышеупомянутые деликатесы?
- Какую силу нужно приложить, чтобы поднять груз целиком (к примеру, подземным краном)?
- Какое расстояние преодолел бы груз?
- Какую силу может приложить матрос Фукс, поднимая груз на борт? Какое расстояние преодолел с грузом Фукс?

Часто бывает, что для перемещения какого-либо тела на расстояние s нужно приложить большую силу F , а вы можете приложить только малую силу f .

Вам удастся выполнить задание, если при этом вы преодолеете большее расстояние S :

$$\frac{S}{s} = \frac{F}{f} \Rightarrow f \cdot S = F \cdot s.$$

Величина $fS = Fs = A$ будет одинаковой в обоих случаях и называется механической работой.

Смысл понятия, наверное, ясен: одну и ту же работу (например, перенос груза) можно выполнить двумя способами: прикладывая большую силу, зато преодолевая при этом малое расстояние, или, напротив, прикладывая малую силу, но преодолевая большое расстояние.

В старину закон $fS = Fs$ называли «золотым правилом механики»: выигрываешь в силе — проигрываешь в расстоянии.

Единица измерения работы — джоуль (Дж). Работу в 1 Дж совершает сила 1 Н, перемещая тело на 1 м в том же направлении, в котором она действует:

$$[A] = N \cdot m = 1 \text{ Дж}.$$

Люди или инопланетяне?

Профессор Тарантога, почетный член Академии обеих Медведиц, утверждает, что знаменитые египетские пирамиды не могли быть построены людьми без помощи инопланетян. Профессор обращает внимание на то, что средний человек не может развивать силу, большую, чем собственный вес, в тоже время масса одного блока пирамиды доходит до 285 т.

■ *Может ли человек, прикладывая малую силу, преодолеть действие большой силы?*

1. Измерьте, какую силу нужно приложить, чтобы поднять груз обычным способом (случай а).
2. Измерьте силу, которая нужна, чтобы поднять груз на подвижном блоке (случай б).

■ *Можете ли вы объяснить результат?*

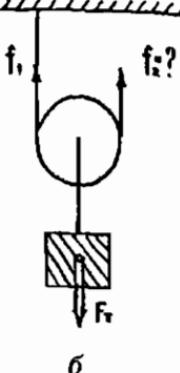
Левая и правая части веревки одинаковые, поэтому

$$f_1 = f_2 = f; f_1 + f_2 = F,$$

а значит, $f = F/2$.

Измерьте, на каком расстоянии s действует сила F (в случае 1) и на каком расстоянии S действует сила f (в случае 2).

■ *Как вы можете объяснить результат?*



Можете ли вы объяснить результат, если его записать в другой форме:

$$Fs = fS?$$

Можно придумать устройство (к примеру, подвижный блок), которое позволяет, прикладывая малую силу f , преодолевать большую силу F .

При этом работа совершается одинаковая:

$$Fs = fS; \quad A_1 = A_2.$$

- Не можете ли вы предложить устройство, которое позволяет преодолеть силу, которая в 4 раза больше, чем приложенная сила ($F = 4f$)? В 8 раз больше, чем приложенная сила?
- Что бы вы ответили профессору Тарантоге?

Парное катание

Хрупкая леди Винтер (она же Миледи, она же графиня де ла Фер) пригласила Портоса в Лувр покачаться на качелях. Если катание не состоится, граф Рошфор по донесу Миледи упрячет Портоса в Бастилию.

- Вы можете спасти Портоса, если передадите ему чертеж, указывающий правильное положение пары на качелях.
- Пусть живых персонажей заменят пластилиновые фигурки.
- Можете ли вы, поместив «Миледи» на край доски, найти правильное положение для «Портоса»?
- Если «Миледи» взбредет в голову передвинуться,



куда следует передвинуться «Портосу», чтобы равновесие качелей не нарушилось?

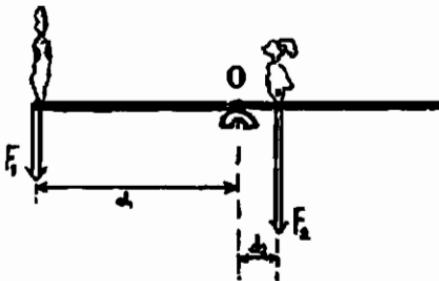
- Какую работу совершил каждая сила при малом перемещении?

Малая сила f может преодолеть (говоря точнее, уравновесить) большую силу F , если она приложена дальше от точки O (оси вращения). Расстояния от оси вращения до сил (так называемые плечи сил) связаны с силами простым законом:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

или

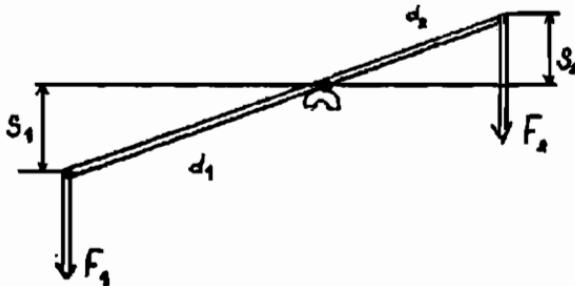
$$d_2 F_2 = d_1 F_1.$$



Величина $M = Fd$ называется моментом силы, и закон равновесия рычага записывается в виде $M_1 = M_2$ (правило моментов).

Если правило моментов выполняется, то работы, совершаемые силами F_1 и F_2 , будут равными:

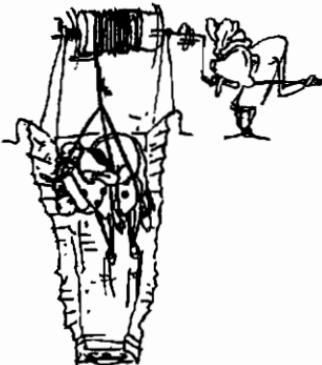
$$F_1 S_1 = F_2 S_2.$$



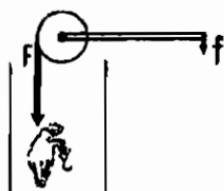
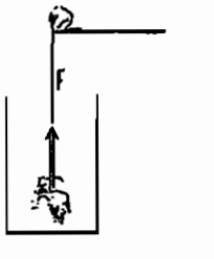
Для рычага тоже выполняется «золотое правило механики»: во сколько раз выигрываем в силе, во столько же раз проигрываем в расстоянии. Выиграть в механической работе рычаг не позволяет.

«Не пей, братец...»

Ехали как-то Портос с Арамисом по предместью то ли Лиона, то ли Руана и остановились у колодца напоить лошадей. Вдруг лошадь Портоса оступилась и вместе с седоком полетела в колодец — только цепь загремела.



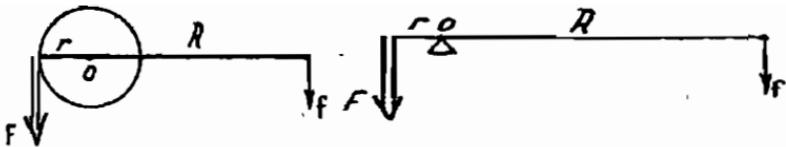
- Сможет ли Арамис вытащить Портоса (вместе с лошадью) с помощью колодезного ворота?
- Какая сила нужна, чтобы вытащить Портоса, выбирая цепь руками? Какую силу может приложить Арамис?
- Какую силу нужно приложить к рукоятке ворота, чтобы вытащить Портоса?
- Какую силу f нужно приложить к рукоятке ворота, чтобы уравновесить силу F , приложенную к его валу?



Действие сил на вороте напоминает действие сил на рычаге с плечами $d_1 = r$ и $d_2 = R$.

Тогда силу f можно определить по правилу моментов:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2,$$



отсюда

$$Fr = fR$$

и

$$f = F \cdot \frac{r}{R}.$$

*Ни один из нас бы не взлетел,
Покидая землю, в поднебесье,
Если б отказаться не сумел
От запасов лишних равновесья.*

Самуил Маршак

Подведем итоги: Силами можно управлять, и в принципе человек своими силами может с помощью простых механизмов преодолеть (урвать) силу любой величины. При этом человеку придется, выиграв в силе, проиграть во столько же раз в расстоянии, на котором сила действует. И наоборот: рассчитать неизвестную силу или расстояние можно с помощью формулы работы:

$$A_1 = A_2; F_1 s_1 = F_2 s_2.$$

36.

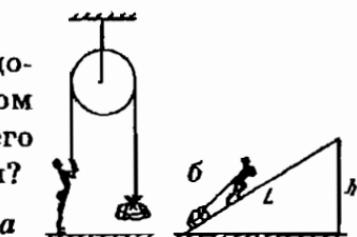
Какой выигрыш в силе достигается на неподвижном блоке (см. рис. а)? Для чего применяется этот механизм?

37.

Какой выигрыш в силе достигается на наклонной плоскости (см. рис. б)? Для чего применяется этот механизм?

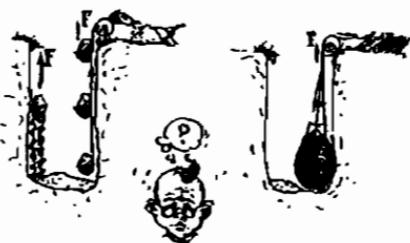
38. «Эх вы, мускулы стальные!..»

Какую силу развивает бицепс, если приходится держать портфель, согнув руку в локте под прямым углом?



Однажды Знайка на глубине 1 км нашел россыпь золотого песка массой 1000 т. Винтик предлагает Знайке подъемник системы «Крот», а Шпунтик — подъемник системы

«Землеройка». Сиропчик и Незнайка предлагают новейшую систему «Эй, ухнем» — сотню коротышек, запряженных в сверхпрочную бочку из-под сиропа. (Бочка, упряжка и коротышки выдерживают полную загрузку бочки.)



- Какую систему Знайке выбрать? Что бы вы сделали на его месте, чтобы выбор был удачным?
- Какую механическую работу требуется произвести, чтобы поднять всю россыпь на поверхность?
- Чем могут отличаться предложенные системы, если все они способны произвести необходимую механическую работу?
- Как определять, за какое время каждая из предложенных систем поднимет всю россыпь на поверхность?

Одну и ту же механическую работу разные устройства могут произвести за разное время. Чтобы выяснить, за какое время устройство совершил заданную работу, нужно выяснить, какая работа совершается за единицу времени:

$$N = \frac{A}{t}. \quad (1)$$

Эта величина называется «мощность». Чем больше мощность системы, тем скорее она произведет заданную механическую работу:

$$t = \frac{A}{N}. \quad (2)$$

Чтобы определить мощность устройства, удобнее представить величину мощности в другой форме. Поскольку $A = F s$ (F — сила тяги, s — перемещение), имеем

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot v, \quad (3)$$

$$N = F \cdot v. \quad (4)$$

Из этой формулы видно, что можно определить мощность устройства, измерив силу тяги, которую устройство развивает, и скорость, с которой оно движется.

Единица мощности — $[N] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$ (ватт).

Старинная единица мощности — лошадиная сила:

$$1 \text{ л.с.} = 735,5 \text{ Вт.}$$

Эту единицу в 1780 г. ввел Джеймс Уатт. Лошадиная сила есть средняя работа за одну секунду, которую могла совершить сильная английская ломовая лошадь, равномерно работающая целый день.

- Вовочка, скажи нам, пожалуйста, что такое лошадиная сила?
- Это мощность лошади, имеющей длину 1 м и массу 1 кг.
- Вовочка, ну где ты видел такую лошадь?
- Понимаете, Марья Ивановна, ее очень трудно увидеть — она хранится за семью печатями в Парижской палате мер и весов...

Из школьного фольклора

39.

Из колодца глубиной 18 м за 0,5 мин с помощью ворота подняли бадью с глиной массой 36 кг на цепи, каждый метр которой имеет массу 1 кг. При какой мощности была совершена эта работа?

Лабораторная работа

Попробуйте определить мощность электродвигателя, например, из детского конструктора.

40. «Человек-машина?»

Какую мощность способны развивать вы:

- а) поднимаясь по лестнице;
- б) прыгая в высоту?

- В каких пределах может изменяться мощность человека?
- Какую мощность развивает тяжелоатлет, выжимая штангу?
- Сравните эту мощность с мощностью автопогрузчика (532 л.с.)

- в) «Упал — отжался!»

Военнослужащий армии США по нормативам должен за одну минуту отжаться от пола 72 раза. Какую мощность он при этом развивает?

В книгу рекордов Гиннеса внесен атлет, проделавший 1985 отжиманий в стойке на руках за час. Какую мощность развивал рекордсмен?

41. «Ку-ку»

Оцените мощность механизма часов-ходиков.

42. «Дайте мне точку опоры!»

По преданию, Архимед, открыв правило рычага, воскликнул: «Дайте мне точку опоры — и я сдвину Землю!»

Какую силу надо было преодолеть Архимеду? Какой длины должен быть рычаг? Сколько времени потребовалось бы Архимеду?

43.

Существуют ли рычаги, предназначенные для выигрыша в расстоянии?

44. Наш ответ инопланетянам

В околонаучной литературе можно встретить утверждение, что египетские пирамиды или Стоунхендж древние люди не могли построить без помощи инопланетян, так как у людей не было подходящей техники. Попробуйте разобраться, можно ли поднимать тяжести (например, блоки пирамид или плиты Стоунхенджа) при помощи рычагов? Сколько человек может для этого понадобиться?

2.8.

Задачи ко 2-й главе

45. Поезд едет сам собой!

Во время гражданской войны инженер Коржевников сопровождал поезд, на платформах которого были закреплены самолеты со снятыми крыльями. На одной из стоянок, когда паровоз ушел заправляться водой и углем, напали белые. Охраны у поезда почти никакой, единственный шанс спасти самолеты — уехать, но паровоза нет. Что бы вы сделали на месте Коржевникова?

(Авторы не предлагают решать вопрос, за кем была правда — за красными или за белыми.)

46. Безмен

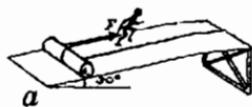
Взрослый может вытянуть на безмене 10 кг (100 Н), а ребенок — 3 кг (30 Н). Сколько покажет указатель безмена, если оба станут растягивать его одновременно в противоположные стороны?

47. «На всякого мудреца»

Почему дренегреческий мудрец Аристотель считал южное полушарие необитаемым?

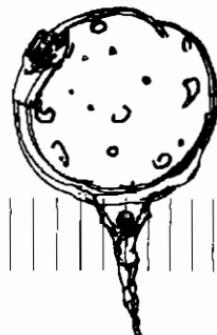
48.

Защитникам крепости надо доставить на крепостную стену бочку пороха. Атос предлагает способ *а*, а Арамис — способ *б*. Какой из них лучше? Объясните.



49. «Спор в Цветочном городе»

Винтик и Шпунтик стали разбираться, почему закрутить винт легче, чем забить гвоздь того же размера. Помогите им.



3. ВНАЧАЛЕ БЫЛО ВЕЩЕСТВО

3.1. От пуха до свинца — и дальше без конца!

Краеугольный кубик

Служил у одного короля мудрец-звездочет. Дело свое он знал толково, все важные события по звездам предсказывал. Ни одного указа не издал король без совета со звездочетом, ни одного министра не назначил, ни одной войны не объявил.

Отслужил звездочет королю пятнадцать лет, а на шестнадцатый и говорит:

— Великая честь Вашему величеству служить, да устал я уже. Отпустите меня на волю. Хочу я поселиться в хижине высоко в горах, смотреть по ночам на небо, звезды новые открывать. А Вашему величеству оставлю я ученика. Науку звездную он лучше меня знает, и служить будет еще лучше, чем я.



Неохота было королю с мудрецом расставаться, да ничего не попишешь. Из-под палки ни один звездочет службу

нести не будет. Повел король мудреца в сокровищницу, в самый большой подвал, и говорит:

— Видишь, лежат здесь бруски серебряные. Есть маленькие, есть побольше, а есть и совсем большие. Какие тебе приглянутся, те и бери. Только уговор — прежде чем слиток себе взять, скажи, сколько он весит.

Обрадовался мудрец — этак можно все серебро королевское своей наградой считать. С весами-то звездочет управлялся лучше, чем королевский воин с мечом, королевский канцлер — с печатью, а королевский повар — с котлами да горшками. Взял звездочет серебряный кубик, положил на весы, подобрал гири и говорит королю:

— Вот возьму я для начала десять фунтов серебра...

— Хватит с тебя! — крикнул король, да как даст кулаком по коромыслу весов. Разлетелись весы на мелкие кусочки.

— Сможешь без весов сказать, сколько весит серебро — так бери его, не сможешь — забирай свои десять фунтов и проваливай.

Задумался звездочет. Десять фунтов серебра — богатство невеликое. Ну, проживешь на них три года, если каждый грош считать, а дальше что? Как из хитрой ловушки короля выбраться, без весов серебро взвесить?

■ Что бы вы посоветовали звездочету?





Сидит мудрец в сокровищнице, думает, из чего бы ему новые весы сделать. От волнения из слитков серебра башню строит, как ребенок из деревянных кубиков. И пришла ему в голову мысль: «Хоть всю башню на весы положить, хоть каждый слиток по отдельности — масса одна будет. Не здесь ли из ловушки выход? Своего-то кубика массу я знаю — десять фунтов».

■ *Серебряный кубик весит ровно втрое больше, чем кубик мудреца. Сколько в нем фунтов?*

«...Вот, например, самый большой брускок. В длину в нем 6 моих кубиков укладывается, а в ширину — 3, да в толщину — 2. И получается два слоя и в каждом 18 кубиков. Этот брускок как бы состоит из 36 моих кубиков. И масса его — 360 фунтов. Его только королевский силач поднять сможет.

А вот самый маленький слиток. На ребре моего кубика укладывается полторы его длины, или две ширины, или три высоты. Получается, его объем меньше, чем у моего кубика, в 9 раз — и масса тоже.

А вот очень любопытный брускок — его можно распилить на два таких кубика, как мой, — и, значит, он должен весить 20 фунтов... Ох, разрази меня гром небесный, да в нем, оказывается, не 20, а по крайней мере, 35 фунтов».

■ *Как вы думаете, почему так может получаться?*

«А впрочем, такой кубик, как у меня, но не из серебра, а из сыра, весит всего один фунт — значит, и этот бруск не из серебра, а из чего-то другого.

— Эй, Ваше величество, вам тут вместо серебра неизвестно что подсунули...»

■ Считая, что кубик мудреца имеет ребро в 3 дюйма, вычислите массу одного кубического дюйма серебра.

■ Как узнать, что «подсунули» королю?

Что такое «ПЛОТНОСТЬ», как ее измерять и зачем это нужно.

Масса единицы объема вещества называется ПЛОТНОСТЬЮ — она у каждого вещества своя. Зная плотность, можно найти массу тела без весов, измерив его объем.



Для бруска объем найти очень просто: разбить его на единичные кубики. Число этих кубиков и есть объем бруска. Он равен (проверьте) произведению длины, ширины и высоты: $V = abc$. У куба $a = b = c$, поэтому объем куба равен a^3 .

Плотность вещества можно найти, измерив массу и объем тела, которое из этого вещества состоит:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Так как плотность — это масса единицы объема, она измеряется в $\text{кг}/\text{м}^3$ или $\text{г}/\text{см}^3$.



Серебряный лев (продолжение предыдущей истории)

Стал король разбираться, как без весов взвешивать. Час разбирался, другой разбирался, а после третьего часа молвил королевское слово:

— Это ты здорово придумал — серебро линейкой

взвешивать. Сослужи мне напоследок еще службу. Подарил мне заморский король драгоценную вещицу — серебряного льва, вот и взвесь его своим хитрым способом.

Задумался мудрец. Лев — это вам не куб, не бруск, это — царь зверей! Где у него длина, где ширина, где высота? Без этого объем не измеришь.

— Вот что, мудрец, — сказал король, — даю тебе срок до утра. Взвесишь льва — забирай награду и иди на все четыре стороны, не взвесишь — придется познакомиться с королевским тюремщиком.

■ *Помогите звездочету взвесить льва без весов!*

Вышел звездочет из сокровищницы сам не свой, пошел в свою башню. Встретил по дороге старого друга — королевского лекаря. И надумали они в трактир зайти. Пришли, сели за стол, а за соседним столом трое подмастерьев в кости играют. Один игрок бросил кости дрожащей рукой, и попала одна кость в кружку с вином. Заметил звездочет, что раньше кружка не полна была, а теперь вино до краев доходит.

■ *Как вы думаете, почему?*

Подозвал звездочет трактирщика и говорит:

— Принеси мне родниковой воды три четверти кружки!

Удивился трактирщик такому заказу, но воду принес. Мудрец достал кошелек и давай бросать в кружку монеты по одной. Бросил монету — вода в кружке поднялась, бросил другую — поднялась еще на столько же.



Просит мудрец трактирщика:

— Принеси-ка мне пустой бокал, чтобы дно у него с монету было!

Пошарил трактирщик по шкафам, нашел такой бокал. Налил звездочет в бокал воды, бросил в него монету, чтоб плашмя на дно легла, и видит, что вода поднялась на...

■ *Как вы думаете, насколько?*

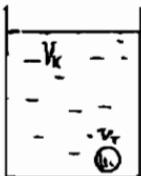
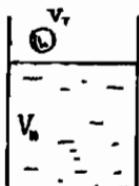
■ *В кружку, площадь дна которой 30 см^2 , бросили монету площадью 3 см^2 и толщиной 3 мм. На сколько поднялась вода?*

■ *Как теперь взвесить без весов серебряного льва?*

Наутро приходит мудрец к королю и говорит:

— Ну, Ваше величество, теперь несите Вашего серебряного льва и захватите еще аквариум, в котором золотых рыбок держите.

■ *Сосуд имеет длину 30 см и ширину 20 см. После того как в сосуде утонул серебряный лев, уровень воды в нем поднялся на 1,5 см. Найдите массу льва.*



Для того, чтобы найти объем тела неправильной формы (а если известна плотность, то и массу этого тела), нужно увидеть, что при погружении в жидкость тело вытесняет объем жидкости, равный объему самого тела. Чтобы измерить объем вытесненной жидкости, можно пользоваться мензуркой (заметив начальный и конечный уровни жидкости), а можно — прямоугольным или цилиндрическим сосудом без делений (тогда надо измерить площадь его дна). Объем погруженного тела.

$$V_{\text{тела}} = V_{\text{кон}} - V_{\text{нач.}}$$

Тогда масса тела

$$m = \rho V.$$

Жемчужная Луна

Получил мудрец награду, вышел из башни, в которой пятнадцать лет прожил, и отправился к южным воротам столицы. Идет — и слышит:

— Простите, сударь, не Вы ли королевский звездочет будете?

Оглянулся мудрец, а это торговец с сундучком его догоняет. Отвечает мудрец:



— Да, это я. А для чего Вам, сударь, звездочет понадобился? Многих торговцев повидал я на своем веку, но звездами ни один не интересовался.

— Понимаете ли, мудрейший, слышал я, что Вы умеете без весов взвешивать. Помогите и мне взвесить кое-что.

Есть у меня брат-мореход, он мне из дальних морей жемчуг достает. Всегда он мне одинаковые жемчужины возил, я и продавал их по одной цене — три золотых за штуку. А вчера привез он жемчужину с ворбиное яйцо. Мои весы на такое не рассчитаны. Как узнать, во сколько раз она больше весит, чем обычная, сколько за нее денег брать?

— Ну, это дело нехитрое, — отвечает звездочет, — бросьте в кружку с водой сначала маленькую жемчужину, а потом большую, исмотрите, насколько в каждом случае вода поднимается.

— А скажите, мудрейший, если бы Луна жемчужиной была, сколько бы за нее дали?

— Это, сударь, вопрос похитрее, заковыристый. Чтобы Луну в воду опустить, целого океана не хватит. Но взвесить ее можно.

— Уж не собираетесь ли Вы, мудрейший, на Луну лететь?

— Зачем же, сударь, лететь? Объем Луны и на Земле измерить можно. Уф-ф, жарко стало, лучше у фонтана поговорим.

Неподалеку от места, где звездочет с торговцем встретился, был круглый бассейн с фонтаном. По диаметру бассейна был проложен мост, а вокруг бассейна — квадратная дорожка.

У фонтана мудрец сказал:

— Ну-ка, сударь, измерьте шагами мост!

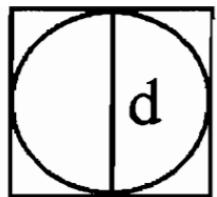
— Так... Двадцать шагов!
— сказал торговец.

— А какая тогда длина квадратной дорожки?

— Я и мерить не буду. Четыре стороны — 80 шагов.

— А теперь обойдите бассейн по окружности. Сколько шагов получается?





— Минуточку... Без малого 63 шага.

— И во сколько раз это больше моста? Говорят, торговцы иногда считают не хуже звездочетов.

— В три раза с хвостиком.

— Правильно. А точнее в 3,14 раза. И это годится для любых круга и квадрата. Пусть это даже круглая стена столицы и квадратная дорога вокруг нее — все равно периметр квадрата вчетверо больше стороны, а длина окружности в 3,14 раза больше диаметра. Это число 3,14 у нас, звездочетов, обозначается греческой буквой π . Если длину моста обозначить d , то длина квадратной дорожки $4d$, а окружность бассейна $L=\pi d$.

Теперь обратите внимание, сударь, что и площадка внутри дорожки, и дно бассейна выложены квадратными плитками со стороной как раз в шаг. Сколько плиток внутри квадрата?

— Можно и не считать — 400 плиток.

— А сколько их на дне бассейна?

— Так, минутку... Если считать и целые плитки, и их части, то 314. Ух ты, опять похоже на это ваше $\pi!$

— Правильно, это и будет π , умноженное на четверть площади квадрата. У квадрата площадь $S=d^2$,

$$a \text{ у круга} — S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Теперь представим вокруг Луны кубический ящик, ребро которого равно диаметру Луны. Чему равен объем ящика?

— Известно чему — третьей степени ребра: $V=d^3$.

— А теперь подумайте, как найти объем самой Луны?

— Ну, наверное, умножить d^3 на π и еще на что-то?..

— Попробуем найти это «что-то» сами. Давайте, сударь, ваши жемчужины — маленькую и большую — измерим их диаметры и объемы.

Лабораторная работа Объем шара

Оборудование: мензурка, штангенциркуль, металлические шарики диаметром от 1 до 5 см.

1. Определите объем каждого шара.

2. Измерьте диаметр каждого шара.

Результаты измерений занесите в таблицу.

Диаметр шара d , см	
Объем шара V , см ³	
V/d^3	

Какой отсюда можно сделать вывод?

— Видите, сударь,— сказал мудрец, когда все измерения и расчеты были закончены,— это «что-то» равно $1/6$. Что теперь осталось узнать, чтобы взвесить Луну?

— Ее диаметр и эту... ну, как вы ее называете?.. Плотность.

— Диаметр Луны я, помнится, вычислил в молодости: $d = 3300$ км.

— А плотность? Что Вам мешает взять плотность жемчужины?

■ Найдите массу Луны, если ее плотность — 3300 кг/м³. Плотность Земли, Венеры и Меркурия — 5400 кг/м³. Найдите их массы. Размеры планет см. на с. 53.

■ Найдите массу Солнца. Его плотность — 1400 кг/м³, диаметр — в той же таблице.

«Там, на неведомых дорожках...»

Космонавты обнаружили на неведомой планете драгоценную жидкость, неизвестную науке. Как из под отработанного горючего выдерживает нагрузку в 20000 Н. Как действовать космонавтам?

Лабораторные работы

Измерение плотности жидкости

Предложите простейший способ измерить плотность жидкости. Какие приборы вам для этого понадобятся?

С какой точностью будет измерена плотность?

Как определить плотность неизвестной жидкости, используя только стакан, воду и весы с разновесом?

«Продавец воздуха»

Остап Бендер продает марсианам натуральный воздух черноморского побережья в запечатанных литровых бутылках. За килограмм воздуха марсиане дают 100 г золота. Отправка одной бутылки на Марс обходится в 1 мг золота. Помогите Остапу Бендеру подсчитать прибыль. Марсианам требуется тонна воздуха.

Измерение плотности газа

У вас в распоряжении стеклянный шар с «горлышком», насос для откачки воздуха, лабораторные весы. Можете ли вы с помощью этих приборов «взвесить» воздух в бутылке? В комнате?

История первая. «В Греции все есть!»

Когда легендарный греческий царь Эдип разгадал знаменитую загадку чудовища по имени Сфинкс, чудовище тут же придумало новую:

«Можно ли наполнить амфору три раза, ни разу её не опорожнив?»

- *Наполним для начала амфору яблоками. Можно ли наполнить её ещё раз, не высыпая яблок?*
- *Что бы вы ответили чудовищу по имени Сфинкс?*

История вторая.

Чаепитие на Бейкер-стрит

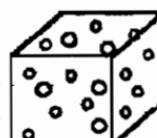
Однажды мистер Шерлок Холмс и доктор Ватсон после очередного дела пили чай.

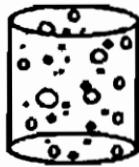
Холмс несколько минут, не мигая, глядел на стакан, как бы пытаясь разглядеть нечто, недоступное глазу простого смертного, и вдруг произнес:

— Держу пари, Ватсон, вы ни за что не догадаетесь, сколько сахара можно насыпать в стакан чая, полный до краёв. При этом, заметьте, нельзя пролить из стакана ни капли.

- *А как вы думаете — сколько? Попробуйте проверить ваше предположение.*

- *Что вы наблюдали? Что происходит с плотностью чая в стакане? Уве-*





личивается она, уменьшается или остаётся неизменной?

Доктор Ватсон попросил Холмса объяснить нелогичное поведение чая. Мистер Холмс оказался в затруднении, но всё-таки нашел объяснение.

■ Что бы вы ответили доктору Ватсону?

Опыт можно объяснить, если предположить, что и вода, и сахар состоят из мельчайших частичек, между которыми есть пустые промежутки. Эти мельчайшие частицы вещества называются молекулами.



Продолжение второй истории

Как только Ватсон услышал, что вещество состоит из мельчайших частиц, он сказал:

— Конечно, Холмс, то, что вы говорите, крайне любопытно, но почему тогда любое вещество выглядит сплошным?

■ Как, по-вашему, что мог бы ответить Холмс?



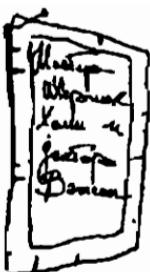
Холмс ответил:

— Посмотрите, доктор, на страницу этой книги из дальнего угла комнаты. Как она выглядит? Как сплошной серый лист с белыми краями.

Теперь подойдите поближе. Вы видите не сплошной серый лист, а тёмные полоски с белыми промежутками.

Подойдите ещё ближе. Теперь, когда вы стоите рядом, вы видите отдельные буквы и пробелы между ними.

Если я вас ещё не убедил, вспомните, как выглядит альпийский луг с горной вершины. Правильно, как сплошная изумрудная масса. А как выглядел тот же луг, когда мы спустились пониже? Как множество отдельных травинок, между которыми ничего не растёт.



И наконец, Ватсон, если вам случалось видеть рой пчёл или облачко комаров-толкунчиков, вспомните, как они выглядят издалека и вблизи.

Не согласитесь ли вы, мой недоверчивый друг, что Книга Природы в конечном счете состоит из букв — мельчайших частиц, которые и называются молекулами.

Да вы вспомните, доктор, ваши собратья-медицики стали намного больше понимать в болезнях, когда усвоили, что болезни вызываются мельчайшими живыми существами.

— Но, дорогой мистер Холмс, когда медики говорят о микробах, они могут указать их размеры. Можете ли вы указать размеры молекул?

Шерлок Холмс не смог ответить на этот вопрос. Чтобы на него смогли ответить вы, предлагается невыдуманная история:

История третья. В плену у крокодилов

Во время второй мировой войны наши лётчики перегоняли гидросамолёты. Экипаж одного гидроплана, пленивший красотой африканского озера, совершил посадку в незапланированном месте. Самолёт удачно приводнился, и тут лётчики заметили, что озеро кишит крокодилами.

«Взлетаем!» — решили лётчики, но прямо по



курсу — крокодил... А кто сказал, что рядом не всipyвёт ещё один?

Трагизм положения в том, что стоит одному из поплавков гидроплана задеть животное — и аварии не избежать. Подстрелить крокодила? Но тогда «сбегутся» его кровожадные сородичи, и будет ещё хуже... Как быть?

- *Как сделать, чтобы крокодилы сами убрались со «взлётной полосы»?*
- *Располагают ли лётчики веществом, которое будет не по вкусу крокодилам?*
- *Сколько этого вещества нужно плеснуть в озеро, чтобы самолёт мог взлететь?*

Чтобы ответить на последний вопрос, создадим «настольное озеро» — тарелку с водой — и капнем на воду немного бензина из пипетки.

- *Что происходит?*
- *Каковы размеры бензинового пятна на поверхности воды?*
- *Почему пятно не расплывается дальше?*
- *Не поможет ли вам ответить на последний вопрос воображаемый опыт: представьте себе, что на поверхность озера высипали ящик теннисных шариков. Какими в конце концов будут размеры белого пятна на поверхности воды?*
- *Каков объём ящика? Каков объём пятна?*
- *До каких пор увеличивается площадь водной поверхности, занятая шариками?*

■ Какой будет наибольшая площадь пятна?

■ Каким будет радиус пятна?

Скорее всего вы догадались, что шарики будут расплыватьсь по воде до тех пор, пока не образуется слой толщиной в один шарик. Точно так же капля бензина будет расплыватьсь, пока не образуется слой толщиной в одну молекулу.

Объём бензина и площадь пятна связаны соотношением

$$V = Sd,$$

где V — объём бензина, S — площадь пятна ($S = \pi R^2$), а d — диаметр молекулы.

Размер молекулы найдём из нашего опыта:

$$d = \frac{V_k}{S},$$

численно



$$d = \frac{V_k}{S} \approx \frac{1}{10^9} \text{ м.}$$

Теперь можно узнать, сколько бензина пришлось вылить лётчикам, чтобы крокодилы убрались со «взлётной полосы»:

радиус пятна — длина разбега, $R = 100 \text{ м.}$

диаметр молекулы $d = 1/10^9 \text{ м.}$

тогда $V = \pi R^2 d = 30 \text{ см}^3$

(примерно три столовых ложки).

50.

Определите (примерно) объём и массу молекулы.

Для простоты можете считать, что молекулы имеют форму кубика.

Тонкость природы во много раз превосходит тонкость наших рассуждений.

Френсис Бэкон

51.

Сколько молекул в капле бензина? В микробе?
В пылинке? В человеке?

52.

Потерпел аварию танкер, вмещавший миллион тонн нефти. Какая площадь моря загрязнится при такой аварии? Как бы вы могли очистить море?

Сколько нефти должно вылиться, чтобы загрязнить весь Мировой океан?

За сколько лет человечество способно добыть столько нефти?

Молекулу можно себе представить как шарик, имеющий диаметр $d \approx 1/10^{10}$ м, объём $V = d^3 \approx 1/10^{30}$ м, и массу $m = \rho V \approx 1/10^{27}$ кг.

Преступники — невидимки

Сторожа усыпить хлороформом...

«Операция Б1»

Однажды Шерлок Холмс и доктор Ватсон обсуждали одно запутанное дело. Из пустующего замка унесли фамильные драгоценности. Злоумышленникам не помешала проверенная охрана, поскольку за полчаса до похищения надежные охранники уснули все как один. В комнату, где находилась охрана, никто не заходил, ничего предосудительного в комнатах найти не сумели.

Единственный подозрительный предмет нашли на кухне. В водопроводной раковине обнаружилась бутылочка из-под хлороформа, но она была совершенно пуста. Горлышко бутылки было покрыто сахарной глазурью.

Кто же мог усыпить хлороформом сразу всех ох-

ранников? Представьте себе злоумышленника, расхаживающего по замку и сующего каждому охраннику в нос тряпочку с хлороформом, чтобы усыпить его, а затем перейти к другому. Не легче и вообразить, что в охраняемый замок ворвалась банда злоумышленников с тряпочками и бутылочками наперевес, скрутила всех охранников одновременно, а потом заставила каждого из них вдыхать хлороформ.

Обговорив все эти подробности, Холмс и Ватсон надолго замолчали. Первым молчание нарушил Холмс:

— Знаете, Ватсон, я, кажется, знаю, что это за банда злоумышленников.

— Я весь внимание, мой друг!

— По-моему, это сделали наши недавние знакомые — молекулы!

— ???

— Молекулы хлороформа выбрались из бутылки, перемешались с молекулами воздуха и вместе с ними попали в носы охранников.

Я был на суде, где слушалось сходное дело: несколько десятков рабочих в доменном цеху отравились угарным газом. Угарного газа много внутри доменной печи, но она была герметично закрыта, и, казалось, что угарному газу в цех не попасть. Это казалось, а оказалось, что молекулы угарного газа поодиночке пробрались между молекулами стеклок, смешались с молекулами воздуха и привели к несчастью.

Главной причиной такой пронырливости молекул была температура — она внутри домны изрядная. Сами знаете, Ватсон — если вы хотите, чтобы сахар в стакане растворился быстрее, нужно, чтобы чай был горячим. Лужи от дождя летом могут исчез-

нуть через полчаса, а осенью — может и целого дня не хватить. И, наконец, вспомните, когда сильнее пахнут цветы — в холодную погоду или в жару?

Выходит, что чем больше температура, тем быстрее движутся молекулы.

Преступник, обокравший замок, знал, что делал, когда ставил пузырек с хлороформом поближе к печке...

Тут Ватсону изменила английская сдержанность:

— Послушайте, Холмс, вы что, беретесь утверждать, что внутри пузырька с хлороформом температура такая же, как внутри домны, где плавится железо? По-вашему, молекулы хлороформа пробрались сквозь стеклянные стенки?

Холмс улыбнулся:

— О нет, мой дорогой Ватсон. Кроме стенок, в пузырьке есть горлышко. Понятно, что преступник не мог оставить бутылку открытой — тогда бы он рисковал сладко уснуть прямо на кухне, а проснуться одновременно с охранниками. Но хороший кондитер — а я думаю, что преступник прекрасно владел этим ремеслом, — нашел выход из положения — он сделал пробку из... сахарной глазури. Подставил ее под кран, из которого неторопливо капала горячая вода, и пошел на часок прогуляться... А что было дальше, вы знаете не хуже меня.

— Я вижу, Холмс, что вы настолько освоились с этими самыми молекулами, что умеете даже раскрыть преступление, где молекулы — прямые соучастники. Помогите же и мне кое в чем разобраться. Во-первых, если и в комнате, и в бутылке одни и те же молекулы хлороформа — почему хлороформ в бутылке виден, а в комнате — нет? Чем отличаются молекулы льда, воды и пара — насколько я вас понял, они должны быть совершенно одинако-

выми, поскольку лед и пар — тоже вода, но в других состояниях. Во-вторых, почему молекулы вот этого золотого перстня не рассеиваются по комнате, как молекулы хлороформа? А если и мы с вами состоим из молекул, почему бы и нашим молекулам — то есть нам самим — в один прекрасный момент не рассеяться в воздухе?

Если каждый предмет — рой молекул, то чем объяснить, что этот рой не разлетается на одиночные молекулы или, наоборот, не слипается в одну громадную суперкаплю?

Если вы не ответите мне на эти вопросы — у меня в голове от одного слова «молекулы» может так помутиться, что никакого хлороформа не надо!

■ *Что бы вы ответили на вопросы доктора Ватсона?*

Все явления, подобные тем, что описаны в этой детективной истории, можно объяснить, если представить, что:

1. *Молекулы непрерывно движутся. Из-за постоянных столкновений молекул друг с другом это движение довольно беспорядочное (или, как говорят, хаотическое). Скорость этого хаотического движения тем больше, чем больше температура тела, состоящего из этих молекул.*
2. *Молекулы могут взаимодействовать друг с другом — притягиваться или отталкиваться. Силы отталкивания не позволяют телам слинуться в «суперкаплю», а силы притяжения не дают рассыпаться на отдельные молекулы.*
3. *Разные состояния (твердое, жидкое, газообразное) одного и того же вещества по-разному устроены из одинаковых молекул (говорят, что у них различное молекулярное строение).*

В твердом теле молекулы расположены в плотном строю. Ни одна молекула уйти со своего места не может. А если попробует — ее соседи быстро поставят дерзкую молекулу на место.

В жидкости молекулы образуют плотную толпу. Время от времени каждая молекула получает возможность сменить соседей и перебраться на новое место. А наружные молекулы вообще могут покинуть толпу и удрать на свободу (мы тогда видим, что часть жидкости испарилась). Труба для толпы молекул жидкости — узкий переулок, а открытая поверхность стола — широкая площадь.

А газ — это разреженное облако молекул, которые могут летать по всему предоставленному им объему.

И в строю, и в толпе, и в облаке молекулы подвижны — каждая молекула находится в беспорядочном движении, сталкиваясь со своими соседями. В газе эти столкновения реже, а в жидком и твердом теле — чаще.

3.3.

Не давите — и вас не раздавят

Попробуйте ответить на несколько вопросов.

Вопрос 1.

По болоту прошли лось и человек. Чьи следы на болоте глубже?

Вопрос 2.

Если вы хотите спасти человека, под которым провалился лед, то знайте, что подойти к нему нельзя, а подползти можно. Почему?



Вопрос 3.

Почему кулаком нельзя разбить толстую доску, а ребром ладони — можно?

Вопрос 4.

Индийский факир может выспаться на постели, из которой торчат 10000 гвоздей. Легче ли будет



ему заснуть, если из постели будет торчать только один гвоздь?

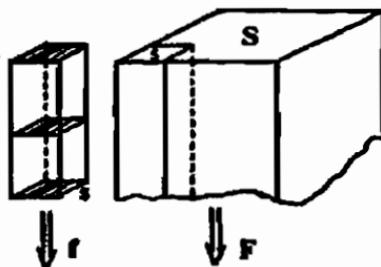
Не хотите ли провести испытание?

Пусть роль факира исполнит кусок пластилина с гирькой наверху. Будем укладывать факира сначала на 10 гвоздей, потом на 9 и т.д. Сравните последствия. Почему они различны? В конце испытания опорой факиру служило одно острие, а вначале таких опор было много.

Как поднять Гулливера?

Лилипутская канатная фабрика выпускает канат сечением 1 mm^2 , едва выдерживающий тяжесть лилипута, масса которого $m = 10 \text{ г}$, (вес $f=0,1\text{Н}$). Лилипуты хотят поднять с помощью такого каната Гулливера ($M=100\text{кг}$, вес $F=1000\text{Н}$). Смогут ли они это сделать?

■ Помогите лилипутам выйти из сложного положения



■ Чтобы помочь лилипутам, полезно представить себя на их месте.



Возьмите катушку не очень прочных ниток, которые рвутся усилием ваших рук. Попробуйте с помощью таких ниток поднять гирю массой 0,5 кг, затем массой 1 кг, 2 кг, 5 кг, 10 кг.

Если у вас это получилось, можете предложить программу действий лилипутам.

1. Рассчитать, сколько в Гулливере Лилипутов:

$$M = Nm; \quad (1)$$

$$N = M/m = 100000\text{г}/10\text{г} = 10\,000.$$

2. Объединить N канатов в один суперканат. Рассчитать размеры суперканата.

Вы увидели, что

$$S = Ns \quad (2)$$

(площадь сечения суперканата равна сумме площадей сечения канатов).

3. Поднять Гулливера на суперканате. Суперканат выдержит, потому что на каждый канат приходится вес одного лилипута:

$$F = Nf. \quad (3)$$

Теперь попробуйте разобраться, можно ли с помощью лилипутского каната поднять корову массой 900 кг? Для коровы

$$N = 90\,000,$$

$$S = Ns = 90\,000 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2 = 900 \text{ см}^2,$$

$$F=9000 \text{ Н}, \\ f=0,1 \text{ Н}.$$

Если на каждый канат приходится вес лилипута, то суперканат выдержит все, что угодно. Вам нужно поднять груз весом

$$F=Nf. \quad (4)$$

Сделайте суперканат сечением

$$S=N_s. \quad (5)$$

«Тянут-потянут...»

Лилипутская канатная фабрика решила заготовить канаты разных сечений: $S_1 = 1 \text{ см}^2$, $S_2 = 2 \text{ см}^2$, $S_3 = 3 \text{ см}^2$, ..., $S_{10} = 10 \text{ см}^2$.

Какую нагрузку они могут выдержать?

С помощью формул (2) и (3) находим

$$N = \frac{S}{s}; \quad N = \frac{S}{s} \cdot f = \frac{f}{s} \cdot S;$$

$$F_1 = \frac{f}{s} \cdot S_1; \quad F_2 = \frac{f}{s} \cdot S_2; \quad F_3 = \frac{f}{s} \cdot S_3.$$

Обратите внимание: для разных канатов F и S различные, но величина $\frac{f}{s} = \frac{F}{S}$ одинакова.

Эта величина $p = \frac{F}{S}$ называется давлением.

Размерность давления $[p] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па.}$

Давление показывает, какая сила действует на единицу площади (1 м^2 , 1 см^2 , 1 мм^2). Все суперканаты, сделанные на лилипутской фабрике, могут выдержать любую нагрузку, если ДАВЛЕНИЕ не превышает предельного значения p_o .

Так что, если мы хотим выяснить, как поведет себя какое-нибудь вещество под воздействием

силы, нужно выяснить, какое при этом возникает давление.

Больше давление — большее воздействие. Каждое вещество может выдержать давление до какого-то предела p_0 (предел прочности); если этот предел превысить, вещество разрушается.

Теперь вы без особого труда ответите на вопросы. Хотите сравнить воздействие — сравнивайте давления.

- Измерьте сами несколько различных давлений. По результатам составьте таблицу.
- Попробуйте ответить на вопросы в начале раздела. Нарисуйте для каждого случая силу и площадь.

53.

Как определить давление спасателя на лед, если он:
а) идет к проруби; б) ползет к проруби.



54.

Разведчик должен пересечь реку по тонкому льду. Придумайте устройство, уменьшающее риск такой переправы.

55.

Почему при переходе болота советуют брать с собой длинный шест?

56.

Почему рельсы не кладут прямо на землю?

57.

Почему дома строят на фундаменте?

58.

По песку лучше ездить на приспущеных шинах. Почему?



59.

Стальной шар кладут на стальную плиту. Как определить давление шара на плиту?

60. «Райское наслаждение»

После успешного окончания маневров командир группы «зеленых», как обычно, послал группу захвата на танке за апельсинами и райским наслаждением «Баунти». Туда они проехали через мост, а обратно, решив сократить путь, поехали по льду. Будут ли «зеленые» испытывать райское наслаждение, если известно, что лед выдерживает максимальное давление 18 000 Па, масса танка со всем содержимым — 1600 кг, ширина гусеницы — 20 см и она соприкасается со льдом на длине 2 м?

61.

Ковбой Билли, осушив очередной стакан, имеет обыкновение ставить его на стойку бара вверх дном. Когда стакан оказывает большее давление на стойку — когда он полон или когда пуст?



62.

Какое давление оказывает на землю Пизанская башня?

63.

Испанские археологи Табуретос и Недоспатос нашли при раскопках 10 слитков золота размером $5 \cdot 10 \cdot 20$ см и 4 слитка платины таких же размеров. Разделив находку поровну, они погрузили ее на свои велосипеды. Кто из археологов сумеет доехать до гостиницы, а кто — нет, если масса Табуретоса 70 кг, Недоспатоса — 60 кг, а каждый велосипед выдерживает нагрузку до 2000 Н?

64.

Можете ли вы назвать тело, плотность которого непрерывно уменьшается? Непрерывно увеличивается?

65. Дают — бери!

Солдат из сказки «Огниво» набил карманы медными монетами и потяжелел на полпуда. Насколько он потяжелеет, если набьет карман золотыми монетами?

66. Почти даром

Пират Билли Бонс недорого продает алмазный кубик массой 857,5 г, площадь всей поверхности кубика 294 см^2 . Купите ли вы его?

67. Чепуха на постном масле (репортаж с «дикого» рынка)

— Хозяин, вы мне утром продали бидон постного масла и сказали, что берете деньги за 40 л.

Я пришла домой, взвесила ваше масло, а его оказалось не 40 кг, а всего лишь 37,5 кг.

Добавьте масла или верните деньги!!!

- Разберитесь, должен ли продавец выполнить требование покупательницы?
- Сколько литров вмещает бидон?
- Сколько килограммов может весить жидкость в бидоне?
- Всегда ли совпадает число литров и число килограммов?

68. Мягкая вода

Прыжки в воду становятся все сложнее, поэтому на тренировках бывает множество неудачных прыжков. Как исключить травмы при ударе о воду? Представьте себе: спортсмен прыгнул, тренер видит, что прыжок не получился... Что надо сделать?

69. Воздушные создания

Во сколько раз ваша масса больше, чем масса воздуха в вашей комнате? В вашем классе?

70. «Не лезь в бутылку!»

Директора ликеро-водочного завода отдали под суд за кражу 200 л водки.

Дело было так: на завод привезли две цистерны: в одной — 800 л спирта, в другой — 1200 л экологически чистой родниковой воды. Увезли же с завода 1800 л водки.

Вам предлагают выступить в суде в качестве эксперта.

Как вы думаете, виноват директор или нет? Какие доказательства вы представите суду, чтобы доказать свою правоту?

71.

Сколько молекул содержит Земля?

72.

Отчего сильно надутый плотно завязанный резиновый шарик окажется через несколько дней сдутым?

73.

Как бы вы объяснили распространение запахов?

74.

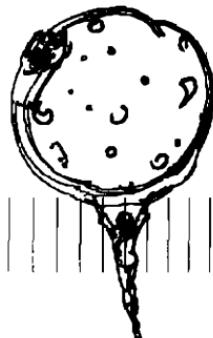
На доске лежит кирпич. Один конец доски плавно поднимают. Изменяется ли при этом среднее давление кирпича на доску?

75.

Реклама гласит: «После нашего шампуня волосы становятся крепче в 2,5 раза».

Что это может означать? Как проверить, что реклама не врет?

4. ДВЕ СТИХИИ



4.1.

На все четыре стороны

История 1. Подводная война

Все капитаны уже сидели в каютах-компаниях, не хватало только капитана Немо. Наконец появился и он, по лицу его было видно, что он серьезно обеспокоен.

— В чем дело, принц? — спросил его капитан Гулливер.

— Понимаете, я сужусь с Адмиралтейством флота Ее Величества. Англичане бросили в мой «Наутилус» глубинную бомбу. Само судно не пострадало — обшивка его прочна. Но в радиусе одной мили от места взрыва погибло все живое — все рыбы, моллюски, крабы и прочие морские обитатели. Вот я и хочу добиться, чтобы подводные взрывы навеки запретили.



Но английский адмирал, вызванный в суд, заявил, что мой иск — сущий бред, что он и не думал убивать рыб, что взрыв глубинной бомбы действует только на того, в кого она брошена, а обитатели моря и плавником не ведут. А если я и видел мертвых рыб, то подохли они от вида моего «Наутилу-са».

■ *Как вы думаете, кто прав: капитан Немо или английский адмирал?*

■ *Если бы вас пригласили на это судебное заседание экспертом, что бы вы сделали, чтобы убедить суд в своей правоте?*

— Дорогие капитаны! — воскликнул капитан Врунгель. — Взятка — сила, но факты сильнее. Мне во время плавания на «Беде» с глубинными бомбами сталкиваться не приходилось, а вот со взрывами поменьше...

История 2. Блез Паскаль против ВОА CONSTRICTOR

Плырем мы как-то по Амазонке и видим — движется по реке навстречу удав, огромный такой, метров тридцать, и пасть — как пещера. А у меня никакого оружия, одна трубка в зубах.

— Фукс! — кричу. — Подайте-ка что-нибудь потяжелее.



Тот подает мне какой-то тяжелый металлический цилиндр. Я запустил им в удава, а этот змей его проглотил и не поморщился — что ему такая пустяковина. Я в него вторым таким же — а он и второй глотает, и вдруг раз-

дувается, шипит, из пасти пена хлещет... Ну, тут до меня и дошло, что это я два огнетушителя гаду ползучему скормил, они у него в пищеводе и столкнулись. А в них, в огнетушителях, давление-то ого-го!

И вот видим — всплывает над водой нечто: блестящий баллон огромных размеров, весьма оригинальной окраски, чудовищной формы...

■ *Какую форму в конце концов примет удав, если не лопнет?*

— Браво, Христофор Бонифатьевич! — закричал Гулливер. — Впрочем, у меня тоже есть что рассказать по этому поводу.

История 3. Стрельба по воде

В Лилипутии есть интересная забава — стрельба из ружья по пустому деревянному ящику. Тому, у кого расположение отверстий в передней и задней стенках ящика совпадет, получает от короля приз — цветную нитку вокруг пояса. Однажды такая игра проводилась под проливным дождем, и ящик был полон воды. Королевский секретарь Рельдессель прицелился по ящику, выстрелил — и...

■ *Что должно произойти с ящиком и с водой в нем?*

■ *Попробуйте проделать этот опыт в школьном тире. Размеры ящика — около 20 · 10 · 10 см.*

— Причина всему этому одна, — вступил в разговор барон Мюнхгаузен, — закон природы. Я даже сам помогал моему другу — французскому ученому Блезу Паскалю его открывать.

— Расскажите, Карл, что же это за закон? — попросил капитан Врунгель.

История 4. Живая вода науки



— Однажды вокруг мсье Паскаля собрались его многочисленные ученики. Самый любознательный ученик (а это был, конечно, я) принес с собой пластмассовую бутылку (это я ее из XX века захватил, в XVII их еще не было). Я провер- тел в бутылке несколько дырочек и налил в нее воду. «Зачем тебе это надо?» — спросил меня мсье Паскаль. Вместо ответа я направил на него одну из дырочек и что было силы нажал на бутылку.

■ Как вы думаете, что произошло?

Ну, конечно, все оказались мокрые, как мыши, — и я, и мсье Паскаль, и его многочисленные ученики. А мсье Паскаль и говорит: «Это закон природы такой — давишь на воду в одну сторону, а брызгает во все».

— Вот вы говорите «закон», — сказал Гулливер, — но почему это вода брызжет во все стороны, а если надавить на медяшку или на деревяшку — ну, словом, на что-то твердое, то оно будет двигаться в том направлении, в котором надавили?

Капитаны задумались, в кают-компании наступила тишина, но тут открылась дверь, и вошел матрос Фукс с билльярдным кием в руках.

— Господа капитаны! — сказал Фукс. — Я слышал ваш вопрос и, кажется, могу на него ответить.

История 5. Толкучка на зеленом сукне

Сегодня в бильярдной я видел небывалый случай. Мой партнер в последней партии так торопился, что забыл снять рамку с пирамиды из пятнадцати шаров перед тем, как эту пирамиду разбить. Ударил он по ней шестнадцатым шаром — вся пирамида и поехала по столу вместе с рамкой. А теперь вспомните, капитаны, если ударить по пирамиде без рамки, то шары разлетятся во все стороны, а два-три и в лузу попадут.

- *Можете ли вы теперь объяснить, как связаны закон Паскаля и молекулярное строение вещества?*
- *Проделайте этот опыт сами. Если у вас нет бильярда, опыт можно сделать с шашками на полированной доске..*
- *Чем бы закончился опыт, если вместо рамки соединить шары между собой стержнями или пружинами?*

— Теперь ясно, как доказать суду, что правы мы, а не английский адмирал! — сказал капитан Немо. — Возьмем бутылку с дырками, нальем в нее воды, самую большую дырку направим на адмирала и сожмем бутылку. И не знаю, выйдет ли суд сухим из воды?!

- *Если бы вы были на месте капитана Немо, что бы вы сказали и показали в доказательство своей правоты?*

Если на жидкость или газ оказать давление, то оно передается без изменения по всем направлениям. Этот закон называется законом Паскаля. Если же оказать давление на твердое тело, тогда то давление будет передаваться только в

направлении приложенной силы. Это связано с молекулярным строением вещества: в твердом теле молекулы жестко связаны между собой, а в жидкости и газе — нет.

Лабораторная работа

Наполните баллон с дырочками подкрашенной водой, погрузите его в большой сосуд с чистой водой и надавите.

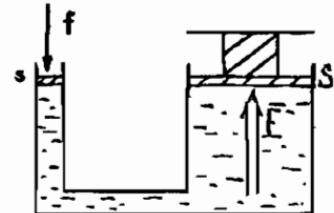
Что произойдет?

Сверхсильная жидкость

Перед вами — устройство под названием «гидравлический пресс» и его схема (см. рисунок).

Разберитесь, как действует это устройство и для чего оно предназначено.

- Какое давление создается в узком цилиндре, если к малому поршню приложить силу f ?
- Какое давление создается в широком цилиндре?
- Какая сила действует на большой поршень?
- Выполняется ли «золотое правило» механики?



Главная часть пресса — два сообщающихся цилиндра с площадями сечений s и S , заполненные жидкостью. Цилиндры герметично закрыты поршнями.

Прикладывая к малому поршню силу f , мы оказываем на жидкость давление

$$p = \frac{f}{s}. \quad (1)$$

По закону Паскаля это давление передается в каждую точку жидкости, в том числе и в те ее

точки, которые соприкасаются с большим поршнем. Поэтому на большой поршень действует сила

$$F = pS. \quad (2)$$

Подставив (1) в (2), получим

$$F = f \cdot \frac{S}{s}.$$

По этой формуле можно определить выигрыш в силе.

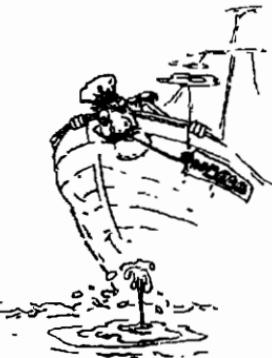
4.2.

Тайна всех океанов

- Уважаемый читатель, на какую глубину можете нырнуть вы лично?
- На какую глубину способен нырнуть рекордсмен по этой части?
- На какую глубину может нырнуть синий кит или, скажем, кашалот?
- До какой глубины погружается уважающая себя подводная лодка?
- Может ли она попасть в самые глубокие места океана?
- Как, по-вашему, какая главная причина препятствует покорению подводного царства?

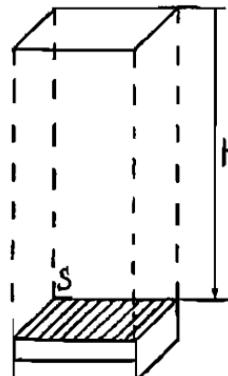
«Лучше лежать на дне...»

Как-то раз капитан Врунгель нечаянно уронил за борт футляр красного дерева с хронометром внутри. Капитан Немо обещает достать прибор со дна в целости и сохранности, если, конечно, ящичек герметично закрыт. Глу-



бина под килем — одна морская миля, что составляет 1,85 км.

- Сможет ли капитан Немо исполнить обещание?
- Можно ли определить силу, с которой вода действует на крышку ящика?
- По какой причине возникает эта сила?
- Каковы размеры столба воды, опирающегося на крышку ящика? Каков его объем?
- Какова масса этого столба?
- Какой будет сила давления столба? Каким будет давление столба?
- Действует ли это давление только на крышку ящика? Почему?



На любую горизонтальную поверхность тела, погруженного в жидкость, давит, благодаря своей тяжести, столб жидкости. Высота этого столба равна глубине погружения h . Объем этого столба $V = Sh$, где S — площадь поверхности.

Его масса

$$m = \rho_{\text{ж}} \cdot V = \rho_{\text{ж}} \cdot S \cdot h.$$

Сила тяжести

$$F = m \cdot g = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S \cdot h.$$

Давление

$$p = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot h.$$

Хотя сила тяжести, вызывающая давление, действует вертикально вниз, по закону Паскаля жидкость на этой глубине будет оказывать такое же давление в любом направлении.

Лабораторная работа «Задача Майдодыра»

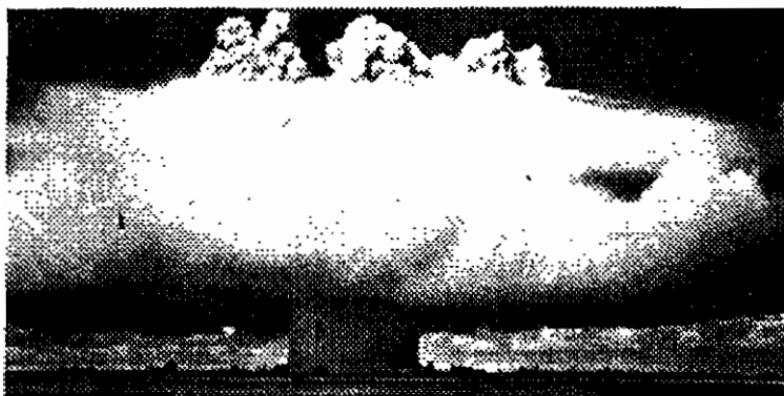
Измерьте силу, необходимую для того, чтобы вытянуть пробку в ванне. Постройте график зависимости этой силы от глубины, на которой находится пробка.

Лабораторная работа

Проделайте в пластиковой бутылке три отверстия на разной высоте. Наполните бутылку водой. Сначала расположите ее вертикально, а потом горизонтально. Что вы наблюдаете? Как вы можете это объяснить?

76. «В флибустьерском дальнем синем море...»

...произошел подводный атомный взрыв.



Не можете ли вы по фотографии определить давление в воде, созданное взрывом? («Ножка гриба» — водяной столб, у его основания — военные корабли.)

77. Марианский желоб

Какое давление на предельной глубине океана? Оцените силу давления, действующую на батискаф, лежащий на дне Марианского желоба?

78. «Лечь бы на дно, как подводная лодка...»

Оцените давление воды на люк подводной лодки. Определите силу давления. Может ли нетренированный человек открыть люк?

79. Диковинная рыба

Капитан Брунгель обещает показать у себя дома открытый аквариум, в котором живет рыба, поднятая с двухмилльной глубины. Похоже ли это на правду? Почему?

80. Мировой рекорд

Рекордная глубина, на которую может погрузиться человек без акваланга, — 105 м. Какое давление на этой глубине?

81. Тонометр для жирафы

Оцените величину кровяного давления у жирафы.

82. «Змея, смири!»

Вертикальное положение для змеи смертельно. Как вы думаете, почему?



Как удержать море

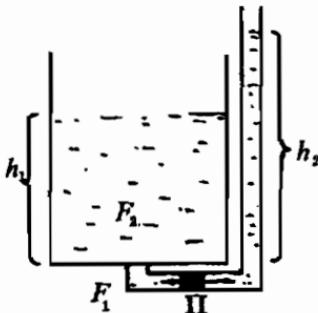
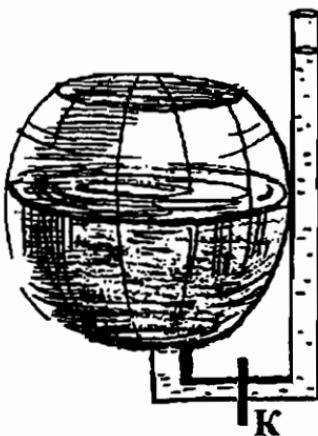
Известна голландская легенда о том, как мальчик спас город Роттердам, заткнув пальцем дырку в дамбе. Оцените, какая сила для этого потребовалась.

Бочка и трубка

Бочку, наполовину заполненную водой, соединили с трубкой (в трубке находится стакан воды), а потом открыли кран.

- Куда потечет вода: из бочки в трубку или из трубки в бочку?
- Где больше воды?
- Где больше сила давления на дно?
- Можете ли вы сравнить силы, действующие справа и слева на порцию воды в области крана? (Для наглядности эта порция заштрихована.)
- Какая сила действует на нее со стороны бочки? Со стороны трубки?
- Какая из этих сил больше? Когда эти силы сравняются?

Система емкостей, по которым жидкость может свободно перемещаться, называ-



ется сообщающимися сосудами. В такой системе жидкость устанавливается на одном уровне.

Это легко объяснить: на порцию жидкости Π слева действует сила

$$F_1 = p_1 \cdot S,$$

а справа — сила

$$F_2 = p_2 \cdot S.$$

Тогда

$$F = F_2 - F_1 = S(p_2 - p_1).$$

Но давление столба

$$p = \rho_{ж} \cdot g \cdot h,$$

значит,

$$F = S \cdot \rho_{ж} \cdot g (h_2 - h_1).$$

Это означает, что чем больше разность уровней жидкости, тем большая сила действует на порцию Π , толкая эту порцию в сторону меньшего уровня. Когда высоты сравняются ($h_2 = h_1$), эта сила исчезнет, и жидкость в сообщающихся сосудах установится на одной высоте независимо от формы этих сосудов.

Лабораторная работа

Сифон

На столе стоит большой аквариум. В нем необходимо заменить воду. В вашем распоряжении гибкая трубка. Как быстро опорожнить аквариум?

■ *Как действует сифон?*

■ *Существуют ли природные сифоны?*

83. Как поссорились королева Анна и герцог Бекингем

В географии все высоты принято отсчитывать от «уровня моря». Королева Анна предлагает от-

считывать их от Средиземного моря, а герцог Бекингем — от Северного. Удастся ли им договориться?

84. Вода и масло (задача с решением)

В сообщающиеся сосуды налили воду и масло. Установятся ли эти две несмешивающиеся жидкости на одинаковых уровнях?

Решение

Жидкости установятся так, чтобы давления на заштрихованную порцию оказались равными:

$$p_1 = p_2. \quad (1)$$

Но давление жидкости зависит от плотности и высоты столба:

$$p = \rho \cdot g \cdot h. \quad (2)$$

Тогда

$$p_1 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1; \quad p_2 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2,$$

и

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2, \quad (3)$$

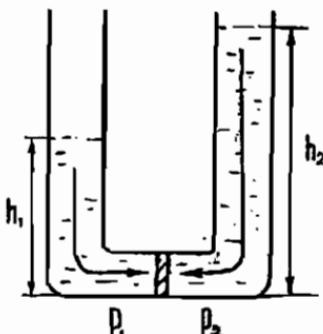
откуда

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \quad (4)$$

т.е. уровни жидкостей обратно пропорциональны плотностям.

Подставляя плотности воды и масла, получим

$$\frac{h_m}{h_w} = \frac{\rho_w}{\rho_m} = \frac{1000}{800} = 1,25.$$



Кое-что о нечистой силе

(диалог капитана Немо и прекрасной Ассоль
на капитанском мостике подводной лодки
«Наутилус»)

— Скажите, капитан, этот ваш «Наутилус» может находиться под водой?

— Разумеется, прекрасная мисс.

— Но я сама видела, как ваш «Наутилус» выскочил из-под воды на поверхность, как мячик.

— Ваши прекрасные глаза не обманули вас, мисс.

— Мне кажется, нет на свете силы, способной вот так вышвырнуть металлическую громадину из воды.

— Такая сила есть, мисс!

— И вы свободно владеете этой силой, капитан?

— Разумеется, иначе какой же я капитан, мисс?

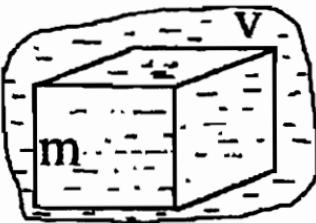
Но, по правде сказать, этою же силой свободно владеют рыбы, осьминоги и прочие морские обитатели.

— Вы отвечаете, как настоящий мужчина. Только я боюсь, а вдруг эта сила нечистая?!

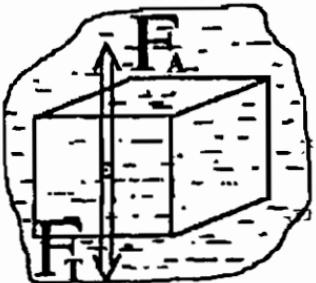
— Что вы, мисс. Это как раз самая чистая сила. Что может быть чище силы, благодаря которой вода в воде ничего не весит?

— Вы совсем сбили меня с толку, капитан. Давайте встретимся вечером в кают-компании, и я надеюсь, что Вы мне об этой огромной силе расскажете все как можно подробнее.

- Если и вы хотите понять, какая сила пытается вытолкнуть из воды любое тело, попробуйте ответить на несколько вопросов:



1. Выделим в толще жидкости кубик объемом V . Какая у него масса?
2. Действует ли на выделенный кубик сила тяжести?
3. Вообразим себе, что этот кубик, не меняя объема, затвердел. Почему он не падает на дно под действием силы тяжести?
4. Какой по величине и направлению должна быть сила, действующая на этот кубик со стороны остальной жидкости, чтобы кубик не падал на дно?
5. Если этот «затвердевший» кубик вынуть, а на его место вставить равный ему кубик из другого вещества, изменится ли выталкивающая сила?
6. Можете ли вы рассчитать эту силу для кубика объемом $V = 1 \text{ м}^3$? $V = 2 \text{ м}^3$?
7. Можете ли вы написать формулу для выталкивающей силы?



1. Попытаемся ответить на вопрос: «Почему любая порция жидкости внутри нее не падает на дно под действием собственной тяжести?»

Самый логичный ответ такой: потому, что на эту порцию действует остальная жидкость с силой, направленной вверх. Эта выталкивающая сила F_A и уравновешивает силу тяжести:

$$F_A = F_T. \quad (1)$$

Эту выталкивающую силу легко вычислить:

$$F_T = m \cdot g, \quad (2)$$

$$m = \rho_{\text{ж}} \cdot V, \quad (3)$$

$$F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot V \cdot g.$$

Выходит, что на любой объем жидкости действует выталкивающая сила, равная силе тяжести этой жидкости.

2. Если место выделенной порции жидкости займет порция другого вещества (она должна для этого вытеснить порцию жидкости), то жидкость этого не «заметит» и будет действовать на эту порцию с той же силой:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} \cdot V \cdot g, \quad (4)$$

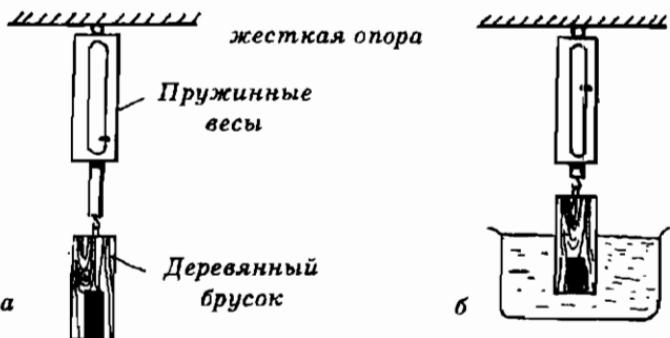
где $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, V — объем погруженного тела.

Мы получили закон Архимеда:

На всякое тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная силе тяжести жидкости, вытесненной этим телом.

Лабораторная работа Проверим Архимеда!

■ *Можете ли вы с помощью стакана, отливного сосуда и лабораторных весов проверить закон Архимеда?*

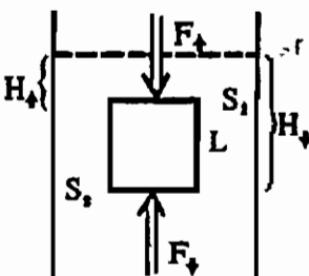
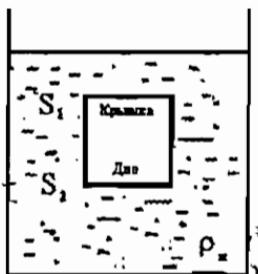
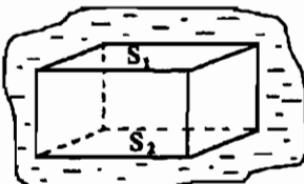


- В воду бросили топор. Он камнем пошел ко дну. Действовала ли на него выталкивающая сила?
- Придумайте устройство для измерения выталкивающей силы. Можете ли вы проверить закон Архимеда? Для каких тел?

Почему возникает сила Архимеда?

Если вы хотите в этом разобраться, ответьте на несколько вопросов:

- Какой столб жидкости давит на верхнюю грань («крышку ящика»)? Какое давление он оказывает? Какая сила со стороны жидкости действует на верхнюю грань? Куда она направлена?
- Какой столб жидкости давит на нижнюю грань («дно ящика»)? Какое давление он оказывает? Ка-



кая сила действует со стороны жидкости на верхнюю грань?

- Какую равнодействующую дают две рассмотренные силы?

Почему возникает сила Архимеда? Потому что верхняя и нижняя части погруженного тела находятся на разной глубине, и поэтому жидкость оказывает на них разное давление.

Если в воду погружен «ящик», то верхняя его грань («крышка») находится на глубине H_{\uparrow} , давление такого столба жидкости

$$p_{\uparrow} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H_{\uparrow}, \quad (1)$$

и на «крышку» действует сила

$$F_{\uparrow} = p_{\uparrow} \cdot S = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H_{\uparrow} \cdot S. \quad (2)$$

Нижняя его грань («дно») находится на глубине H_{\downarrow} , давление на этой глубине

$$p_{\downarrow} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H_{\downarrow}, \quad (3)$$

и сила давления на «дно» (она направлена вверх!)

$$F_{\downarrow} = p_{\downarrow} \cdot S = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot H_{\downarrow} \cdot S, \quad (4)$$

где S — площадь «крышки», она же — площадь «дна».

Эти две силы образуют равнодействующую, направленную вверх:

$$\underline{\underline{F}} = F_{\downarrow} - F_{\uparrow} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S(H_{\downarrow} - H_{\uparrow}) = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S \cdot L. \quad (5)$$

— Поскольку $SL = V$ (объем ящика, см. рис. на с. 213), эта равнодействующая

$$F = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S \cdot L \quad (6)$$

и есть выталкивающая сила F .

Убедитесь, что $\rho_{\text{ж}} V_t = m$ — масса жидкости, вытесненной телом.

Всплыть или тонуть?

(продолжение диалога на капитанском мостике)

— Вы сказали, капитан, что на ваш «Наутилус» действует огромная выталкивающая сила.

— А куда ей деваться, мисс? Конечно, действует.

— Тогда «Наутилус» не должен быть подводной лодкой. Выталкивающая сила должна вытолкнуть судно на поверхность. А как думаете вы?

— По-вашему, мисс, выходит, что на судно больше никакая сила не действует?

— А что ещё может воздействовать?

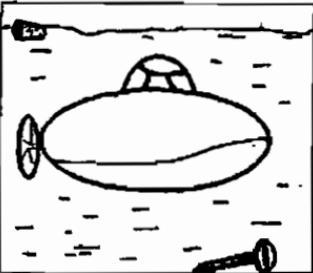
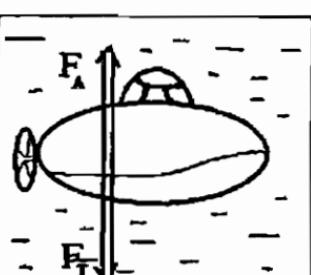
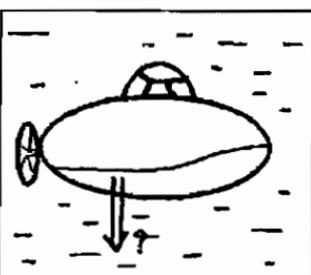
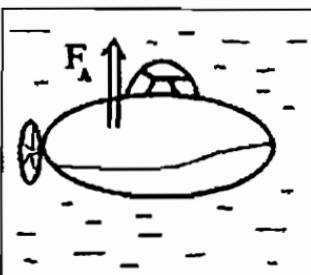
— Представьте, мисс, что вся вода из океана разом исчезла, а с ней и выталкивающая сила. Что станет с «Наутилусом»?

— Камнем упадет на дно.

— Какая сила потянет его на дно?

■ *Как бы вы ответили на этот вопрос?*

— Вы хотите сказать, капитан, что на судно действуют одновременно выталкивающая сила и сила тяжести!



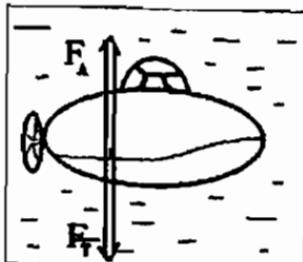
— Вы очень способная ученица, мисс.

— А какая сила сильнее?

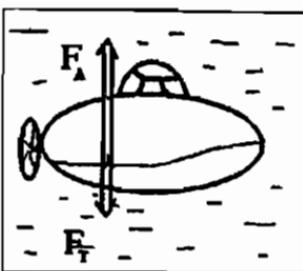
— Может оказаться и так, и этак.

— И что тогда будет?

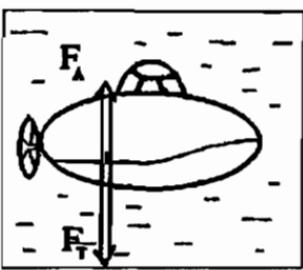
— Теперь вы и без меня легко разберетесь, мисс.



■ Как вы думаете, что произойдет, если выталкивающая сила F_A равна силе тяжести F_T ?



■ Что произойдет, если $F_T < F_A$?



■ Что произойдет, если $F_T > F_A$?

Условия плавания тел
От чего зависит, будет ли тело плавать внутри жидкости, всплывать или тонуть? От того, какая сила больше: выталкивающая или сила тяжести:

1) Если $F_A = F_T$, силы уравновешиваю друг друга, тело плавает внутри жидкости. При этом

$$F_A = \rho_{ж} \cdot V \cdot g;$$

$$F_T = \rho_{т} \cdot V \cdot g.$$

Тогда из равенства сил следует:

$$\rho_{ж} = \rho_{т},$$

т. е., средняя плотность тела равна плотности жидкости.

2) При $F_T > F_A$ (а значит, когда $\rho_{\text{ж}} < \rho_T$, т.е. средняя плотность тела больше плотности жидкости) тело тонет.

3) При $F_T < F_A$ (а значит, когда $\rho_{\text{ж}} > \rho_T$ т.е. средняя плотность тела меньше плотности жидкости) тело всплывает.

Лабораторная работа Плавающая свеча

Попробуйте изготовить плавающую свечу. Перед тем, как зажечь ее на воде, попытайтесь предсказать, через какое время она погаснет.

Подтвердил ли опыт ваше предсказание? Как бы вы объяснили происходящее?



85. Эврика!

Царь Гиерон приказал придворному ученому Архимеду выяснить, сделана ли корона из чистого золота или в ней есть примесь серебра. Что бы вы сделали на месте Архимеда?

Почему Архимеду понадобилось измерять выталкивающую силу вместо того, чтобы прямо определить плотность короны?

86. Покорение стихии

Как всплывают рыбы? Как они погружаются?

Как обеспечить погружение и всплытие подводной лодки?



87. Айсберг в океане (задача с решением)

Матрос Фукс впервые увидел айсберг — ледяную гору высотой с десятиэтажный дом — и сказал: «Ого!»

Капитан Врунгель усмехнулся: «Разве это «ого»? Вот под водой — это да!»

Фукс минуту подумал и спросил: «А скажите, Христофор Бонифатьевич, сколько этажей располагается под водой?»

■ Если вы хотите ответить Фуксу, разберитесь: какова сила тяжести айсберга? Какова выталкивающая сила? Какая часть объема находится над поверхностью? Какая часть объема погружена в воду?

Решение

На айсберг действуют две силы: сила тяжести

$$F_T = \rho_L \cdot g \cdot V \quad (1)$$

(V — объем всего айсберга) и сила Архимеда

$$F_A = \rho_B \cdot g \cdot V_{\downarrow} \quad (2)$$

(V_{\downarrow} — объем погруженной части).

Поскольку айсберг не всплывает и не тонет,

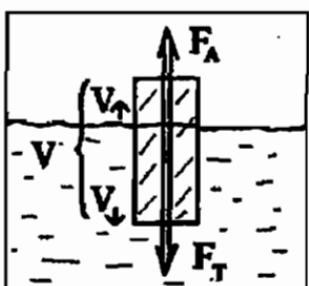
$$F_A = F_T;$$

$$\rho_B \cdot g \cdot V_{\downarrow} = \rho_L \cdot g \cdot V, \quad (3)$$

а значит,

$$\frac{V_{\downarrow}}{V} = \frac{\rho_L}{\rho_B} = \frac{V_{\downarrow}}{V} = \frac{\rho_L}{\rho_B} \cdot V. \quad (4)$$

Мы нашли, какая часть айсберга находится под водой. Выразим теперь полный объем айсберга через объем надводной части. Так как



$$V = V_{\downarrow} + V_{\uparrow}, \quad (5)$$

имеем

$$V_{\downarrow} = V - V_{\uparrow} = V \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_k} \right), \quad (6)$$

откуда

$$\frac{V_{\downarrow}}{V} = 1 - \frac{\rho_i}{\rho_k}. \quad (7)$$

Для воды и льда $\rho_i = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\rho_k = 900 \text{ кг/м}^3$, поэтому

$$\frac{V_{\uparrow}}{V} = 1 - \frac{9}{10} \approx \frac{1}{10} \Rightarrow V = 10V.$$

Полный объем айсберга — 100 «этажей», под водой — 90 «этажей».

4.5.

Причуды пятого океана

Причуда 1.

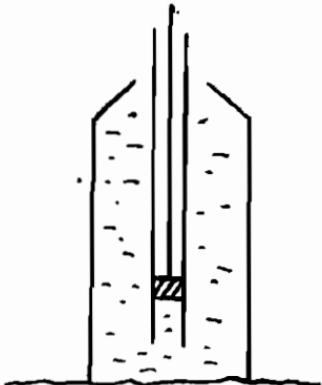
Дозаправка в воздухе

Как-то раз покоритель воздушной стихии Карлсон решил запастись топливом. Обнаружив у дверей магазина открытый бидон с превосходным молочным коктейлем, Карлсон опустил туда с высоты четвертого этажа легкую трубочку и попробовал сделать гло-точек. Ничего не вышло.

Карлсон со вздохом извлек трубочку из бидона, вставил в нее поршень на леске. Получилось что-то на манер велосипедного насоса или очень длинного шприца.



- Что Карлсон собрался делать дальше?
- Осуществится ли его замысел?
- До какой высоты можно поднять жидкость всасыванием?
- Что заставляет жидкость входить под поршень?



Можно представить себе два ответа на последний вопрос:

Гипотеза 1.

Жидкость всегда стремится заполнить пустоту, которая образуется под поршнем (природа боится пустоты, как говорили древние греки).

Гипотеза 2.

Жидкость вгоняется под поршень давлением окружающего воздуха.

Как проверить, что происходит на самом деле? Проделаем несколько опытов, чтобы разобраться в этом.

Испытатели натуральных вещей редко взирают на возникшие в одной голове вымыслы и пустые речи, но большие утверждаются на достоверном искусстве.

М.В. Ломоносов (1746 г.)

Опыт 1.

Наполните пробирку водой и опрокиньте ее в стакан с водой. Что происходит? Можете ли вы объяснить этот опыт с помощью гипотезы 1? А с помощью гипотезы 2?

Опыт 2. «Сухим из воды»

Вы берете блюдце с водой, опускаете в него монету и предлагаете зрителям: «Кто сможет вынуть монету из воды, не замочив пальцы?»

Разумеется, никто. Впрочем, если найдутся желающие, не отказывайте им в удовольствии попробовать.

А потом за дело возьметесь вы. Покажите зрителям обычновенный пустой стакан и переверните его вверх дном.

Зажгите клочок бумаги и подержите этот «факел» внутри стакана. А затем быстро опускаете стакан в блюдце рядом с монетой, не накрывая ее. Посмотрите, что произойдет.

Можете ли вы объяснить происходящее с помощью гипотезы 1? А с помощью гипотезы 2?

Опыт 3. Упрямая газета

Возьмите полоску фанеры шириной 2—3 см и длиной 50—60 см (подойдет старая линейка). Уравновесьте ее на краю стола, чтобы при малейшем нажиме на свободный конец линейка падала.

А теперь расстелите на столе поверх фанерки газету — так, чтобы на ней не было складок.

Сможете ли вы теперь опрокинуть линейку, скажем, ударом кулака?

Попробуйте. Что происходит?

Возьмите палку и ударьте по линейке со всего размаха. Что произошло? Как вы можете это объяснить?

Опыт 4. Диверсант-невидимка

Если в металлической канистре вскипятить воду, вылить кипяток, быстро закрыть и облить канистру холодной водой — канистра сплющится.

■ Что произошло, если к канистре никто не прикасался? Что это за невидимый диверсант, раздавивший канистру?

Вы сами в этом разберетесь, если:

1. Поставите открытую канистру с небольшим количеством воды на огонь.
2. Дождитесь, пока вода закипит.
3. Уберете канистру с огня.
4. Быстро закроете ее пробкой.
5. Обольте канистру холодной водой.

■ Можете ли вы объяснить этот опыт с помощью гипотезы 1? А с помощью гипотезы 2? Какое физическое тело сплющило канистру?

Похожий опыт можно проделать с пластиковой бутылкой:

1. Налейте в бутылку кипяток.
2. Через минуту вылейте его и сразу после этого завинтите крышку.
3. Облейте бутылку сверху холодной водой.



Причуда 2. Истина в вине

Однажды Атос, Портос, Арамис и д'Артаньян угостили капитана мушкетеров де Тревиля вином из неисчерпаемого сосуда. Де Тревиль пришел в полнейший восторг

и сказал, что устроит пир, пригласит на него весь королевский двор и напоит их из неисчерпаемого бассейна. Конструкцию такого бассейна капитан нарисовал угольком на белоснежной скатерти.



После этого он приказал Атосу как специалисту по фортификации разобраться, какой наибольшей высоты надо строить резервуар, чтобы вначале он был заполнен до отказа.

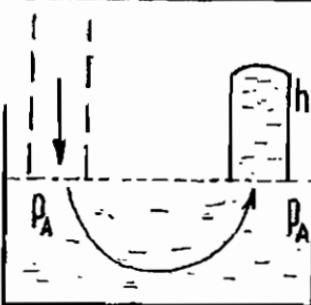
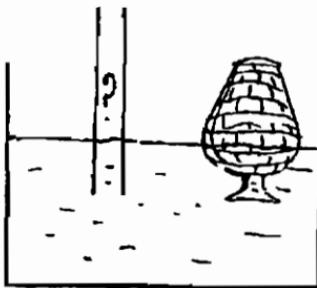
Помогите Атосу разобраться:

- Почему вино не вытекает из бутылки?
- Создает ли столб вина в бутылке давление? Как его рассчитать?
- Если трубочку поставить вертикально, будет ли по ней подниматься жидкость? Посмотрите, что будет происходить.
- Почему давление столба в бутылке не вгоняет вино в трубочку? Что может этому препятствовать?
- Если взять бутылку повыше и повторить этот опыт, будет ли жидкость входить в трубку? Выльется ли она?
- Можно ли изготовить «супербутылку» такой высоты, что жидкость все-таки начнет входить в трубку или выливаться из сосуда?

Жидкость не вытекает из сосуда потому, что на поверхность жидкости давит столб воздуха, и давление этого столба намного выше, чем давление столба жидкости в сосуде.

Если брать сосуд все выше и выше, давление столба жидкости

$$p_{ж} = \rho_{ж} \cdot g \cdot h$$



будет становиться все больше и больше. Когда давление столба жидкости сравняется с давлением воздуха:

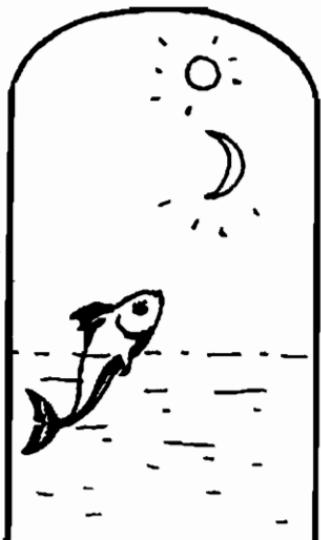
$$p_A = p_{\text{ж}} \cdot g \cdot H,$$

где H — предельная высота столба жидкости, жидкость начнет выливаться из сосуда.

Первые «опыты» поднятия жидкости всасывающим насосом (он устроен, как большой шприц) делали водопроводчики, они и установили: «Всасывающий насос не может поднять воду выше, чем на 18 локтей» (это примерно 10 м).

Вычислим, опираясь на это число, давление воздуха

$$p_A = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 10 \text{ м} = 100\,000 \text{ Па.}$$



Я бы не поставил опыта, если бы заранее естественное рассуждение не привело к твердому убеждению, что эффект должен происходить точно так, как он происходит.

Роберт Бойль

- Какой высоты должен быть резервуар для вина? (См. «Истина в вине».)
- Что будет, если наполнить водой резервуар высотой 11 м и опустить его в бассейн вверх дном?
- Какое вещество будет находиться над поверхностью воды в резервуаре?
- Описанное устройство (бочка с высокой трубкой) было изготовлено на самом деле (Блез Паскаль, 1646 г.) и названо «водяным барометром». Как вы думаете, почему?
- «Водяной барометр» — прибор очень громоздкий.

Что бы вы посоветовали для исправления этого недостатка? Нельзя ли заменить воду какой-нибудь другой жидкостью? Чем эта жидкость должна отличаться от воды?

■ *Вы наверняка знаете, как сделать пипетку из стеклянной трубки без резинового наконечника. Почему вода не выливается из пипетки? Почему вода выливается из нее?*

88.

Какая сила действует со стороны атмосферы на крышку кубического сундука ребром 1 м? А на его стенки?

Попробуйте измерить силу, которую вы должны приложить, чтобы открыть крышку? Как вы можете объяснить несоответствие?

Что надо сделать, чтобы сила атмосферного давления стала ощутимой?

89.

Объясните механизм действия присоски.

Пустота — отсутствие всего, как смерть — отсутствие жизни.

*Отто фон Герике
(1672 г.)*

90.

Как всасывается воздух при дыхании? Вода при питье?

91.

Придумайте устройство, приводимое в действие колебаниями атмосферного давления.

92.

Блез Паскаль первым заметил, что когда давление снижается, погода ухудшается. Как вы можете это объяснить?

Лабораторная работа Как сделать барометр (шутка)

Материалы:

1. Березовый кол.
2. Фанера (толщиной 12 мм).
3. Веревка.
4. Гвозди.

Изготовление: согласно прилагаемому чертежу.

Принцип действия:

1. Хвост дрожит — ветер.
2. Хвост не дрожит — нет ветра.
3. Хвост стоит дыбом — перед грозой.
4. С хвоста капает — дождь.
5. От хвоста падает тень — солнечно.
6. Тени от хвоста нет — пасмурно.
7. На хвосте иней — мороз.

На море погода — не повод для праздных разговоров, но предмет первой необходимости.

Капитан-лейтенант И.Ф. Круzenштерн, командир первой в России кругосветной экспедиции (1803 г.)

Коль барометр упал — налетит жестокий шквал.

Примета моряков



История 1. «Я тучка, тучка, тучка...»

В один прекрасный вечер на телеэкраны вышла сборная программа «В мире животных» — «Под знаком Пи» — «Спокойной ночи, малыши». Знаменитый физик Щапица убеждал зрителей, что в атмосферах некоторых планет — подумать только! — медвежонок Винни-Пух может без всяких приспособлений зависнуть в воздухе, как тучка.

■ Как вы думаете, возможно ли это?

История 2. Еще одна дозаправка в воздухе

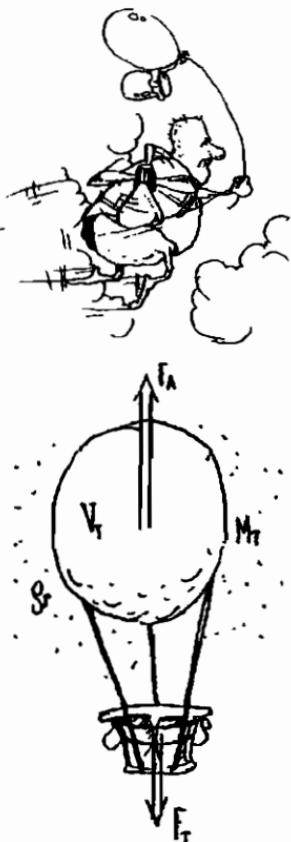
Как-то раз Карлсон решил долететь своим ходом до Москвы и приземлиться на Красной площади. Чтобы увеличить дальность беспосадочного перелета, он взял на бусир банку варенья, подвешенную к воздушному шарику. Масса банки — 2 кг.

Карлсон взял шарик объемом 1 м^3 и массой 100 г.

■ Будет ли шарик держаться в воздухе:

- без банки;
- с банкой.

■ Какие силы действуют на шарик в воздухе?



- При каких условиях шарик может взлететь?
- При каких условиях шарик будет опускаться?
- Какой максимальный груз может поднять шарик?
- Как можно увеличить его грузоподъемность?

На любое тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила F_A (см. рис. на с. 227). Газ, как и жидкость, выталкивает погруженные в него тела. Выталкивающая сила

$$F_A = \rho_g \cdot g \cdot V_T,$$

где ρ_g — плотность газа, V_T — объем тела.

Будет ли тело «всплывать» в газе, зависит от того, какая сила больше: выталкивающая или сила тяжести. При $F_A > F_T$ тело «всплывает», при $F_A < F_T$ — «погружается», при $F_A = F_T$ — зависает в газе.

Нетрудно определить, какая должна быть плотность газа, чтобы тело массой M и объемом V_T зависло в нем:

$$F_T = F_A;$$

$$F_A = \rho_g \cdot g \cdot V_T;$$

$$F_T = M_T \cdot g;$$

следовательно,

$$M_T \cdot g = \rho_g \cdot g \cdot V_T.$$

Величину $\rho_{CP} = M_T/V_T$ называют средней плотностью тела.

Поэтому условие «плавания» в газе можно записать так:

$$\rho_{CP} \leq \rho_g$$

(плотность газа должна быть не меньше, чем средняя плотность тела).

93.

Оцените, с какой силой воздух в комнате выталкивает человека?

94.

Какой должна быть плотность атмосферы, чтобы в ней мог висеть Винни-Пух?

95.

Не выскочит ли всплывающий в воздухе воздушный шарик за пределы атмосферы?

«Крик души»

Тогда задача будет решена,
но у меня не хватает не то
времени, не то знаний.

4.7.

Задачи к 4-й главе

96.

Сравните давление воды на дно разных сосудов. (см. рисунок). Как изменится это давление, если воду заменить ртутью? Спиртом?



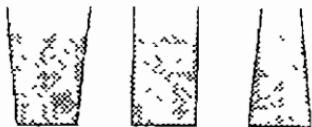
97. Загадочный колодец

Путешествуя в горах, ребята нашли полуразрушенную крепость. Разбирая камни, они отрыли колодец. Дно его — тоже камни, на полметра залиятые холодной водой. Попробовали на вкус — родниковая. Мальчишки удивились: откуда здесь взяться воде? Самая верхушка горы!

Вычерпали всю воду ведрами, но не прошло и десяти минут, как яма снова наполнилась водой до прежнего уровня. Это было настоящим чудом. Объясните это чудо.

98.

В трех сосудах с одинаковой площадью дна налита вода до одного уровня. (см. рисунок). В каком сосуде больше воды? Где больше давление на дно?



99.

В цилиндрические стаканы налиты до одного уровня вода и керосин. Силы давления на дно оказались одинаковы. Возможно ли это?

100. Ступенька в океане

Уровни океанов (Атлантического и Тихого) с разных сторон Панамского канала различны. В сухое время года разность уровней мала, а в сезон дождей она достигает 30 см.

Как это обнаружилось? Чем это объяснить? Предложите эксперимент, доказывающий правильность вашего объяснения.

101. Суперконструкция

Сделайте из куска пластилина лодочку наибольшей грузоподъемности.

102. «По воде, яко по суху»

Сколько грузовиков соли надо засыпать в пруд длиной 500 м, шириной 200 м и глубиной 12 м, чтобы люди при всем желании не могли в нем утонуть?

103.

Динамометр показывает, что мраморный шарик, подвешенный к нему на тонкой нити, весит 1,62 Н. Что будет показывать динамометр, если шарик на половину погрузить в воду? Плотность мрамора 2700 кг/м³.

104.

Какой массы алюминиевый груз следует привязать к деревянному брускиу массой 54 кг, чтобы, погрузившись в воду, он не тонул, но и не вспывал?

105. Оторвались!

Определите наименьшую площадь плоской льдины, способной удержать на воде весь 7 «В» класс в количестве 25 человек. Считайте, что средняя масса семиклассника 40 кг, а толщина льдины 0,4 м.

106. «И за борт ее бросает...»

Вы сидите в лодке, плавающей на поверхности небольшого пруда. В лодке пудовая гиря. Вам надоело ее возить, и вы выбросили ее за борт. Что станет с уровнем воды в пруду? Он поднимется, опустится или останется прежним?

107. Свет на посадочную площадку!

При посадке ракеты на Луну требуется осветить место посадки мощной лампой. Однако стекло, из которого сделана лампа, не выдерживает перегрузок, возникающих при посадке, и трескается.

Что бы вы предложили?

108. Присоска осьминога

Какой груз может удержать своими присосками осьминог?

Оцените размеры присоски, способной удержать человека.

109. Атмосферный столбняк

Вспомните, как великий комбинатор Остап Бендер объяснялся в любви Зосе Синицкой:

— Вы знаете, Зося... на

*Мы погружены на дно
безбрежного моря воздушной
стихии, которая имеет вес.
причем он наибольший у
поверхности Земли*

Э Торричелли (1614 г.)

каждого человека, даже партийного, давит атмосферный столб весом в 214 кило. Вы этого не замечали?.. Слышите, Зося, я несчастен. Мне кажется, атмосферный столб давит на меня значительно сильнее, чем на других граждан. Это от любви к вам.

— Это потому, что вы врете больше других граждан.

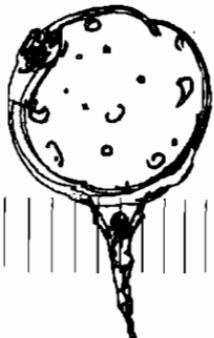
— Это не ложь, это закон физики. А может, действительно никакого столба нет, и это одна моя фантазия?..

Правильно ли Остап оценил вес столба?
Почему люди не замечают этого веса?

110. Пещера

В глубокой пещере под землей вы попали в огромный зал. Мощности фонарика на хватает для того, чтобы увидеть потолок. Как вы предложите измерить высоту зала?

Учтите, что пещерные туристы не могут брать с собой под землю тяжелое и дорогое оборудование.



5. ЗАДАЧИ НА ЛЮБОЙ ВКУС



*В задачах тех ищи удачи,
Где получить рискуешь сдачи!
Пит Хейн, датский математик
и поэт, писавший на английском*

5.1. Задачи для покорителей пространства

111. Как поживаешь, колесо?

На испытательном стенде крутится колесо. Как разглядеть, что с ним происходит?

112. Газонокосильщик

Вам дали ручную машину-газонокосилку. Что надо измерить, чтобы найти время, необходимое для того, чтобы выкосить газон?

113. Барон Мюнхгаузен рассказывает...

— Когда моя любимая лошадь подворачивает ногу, я обычно взваливаю лошадь на себя, и мы продолжаем движение, но медленнее. Когда я



сверху, наша скорость 120 км/ч, а когда я снизу — всего 30 км/ч. Чему равна наша средняя скорость, если:

- а) я еду полпути, а потом несу лошадь;
- б) я еду половину времени,
а потом несу лошадь?

114. Лестница-чудесница

Эскалатор поднимает стоящего человека за 1 мин. Если эскалатор стоит, то человек поднимается по нему за 3 мин. Сколько времени понадобится на подъем, если человек будет идти по движущемуся эскалатору?



115.

Человек, идущий вниз по спускающемуся эскалатору, затрачивает на спуск 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, он затратит на 15 с меньше. Сколько времени он будет спускаться, стоя на эскалаторе?

116.

Конькобежец, бежавший дистанцию 500 м, первые 100 м пробежал со скоростью 10 м/с, следующие 300 м — со скоростью 11 м/с, а остаток дистанции — со скоростью 13 м/с. Какова средняя скорость конькобежца на дистанции?

117. «Волга, Волга, мать родная...»

Определите скорость течения Волги на участке, где скорость грузового теплохода по течению равно 600 км/сут, а против течения — 336 км/сут.

5.2.

Задачи для сильных и мощных

118. Без трения

Вообразите, что вы находитесь на горизонтальной идеально гладкой поверхности. Каким способом могли бы вы переместить свое тело в желаемом направлении?

119.

Массивную дверь ребенок может закрыть, а открыть ее ему бывает не под силу. Почему?

120. Хитрые бутсы

Игроки гватемальского футбольного клуба «Атлетикос» усовершенствовали свои бутсы так, что мяч не отскакивал от ноги и потому не попадал к соперникам. Как они этого добились?

121.

Почему облако не падает?

5.3.

Задачи для строителей новых миров

122.

Почему лезвие топора не прямое, а дугообразное?

Почему зубья пилы располагаются по дуге?

123.

Масса медного чайника 1,32 кг. Определите массу алюминиевого чайника таких же размеров.

124.

Масса сплошного куба, сделанного из некоторого вещества, равна 2,5 кг. От куба отпилили кубик, ребро которого вдвое меньше, чем у большого куба. Какая масса у маленького кубика?

125. Не все то золото, что блестит!

Определите массу полого куба, изготовленного из латуни. Площадь наружной поверхности куба 216 см^2 , толщина стенок — 2 мм.

126.

Железная и алюминиевая детали имеют одинаковые объемы. Найдите массу этих деталей, если масса железной детали на 2,75 г больше массы алюминиевой.

127. Как взвесить Землю?

Мог ли Архимед оценить вес Земли?

5.4.

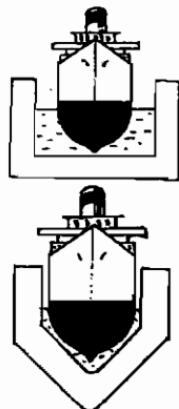
Задачи для знаменитых капитанов

128.

Когда корабль входит в сухой док, док сжимается, и вода выходит из него. Какое наименьшее количество воды должно быть под кораблем, водоизмещение которого 2 т, чтобы он еще находился на плаву?

129. Прибежали в избу дети...

Почему утопленники через несколько дней всплывают?



130. Взвесить без весов?

При изготовлении стальных труб очень важно отрезать от слитка заготовку точно заданного веса — тогда все трубы будут иметь заданную длину. А слитки имеют разные размеры и форму. Как быть?

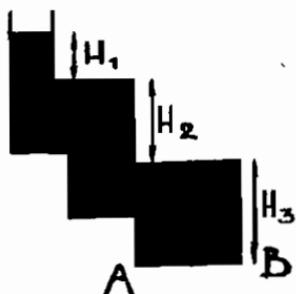
131. Упрямый пират

Когда французского пирата Сюркуфа схватили и он предстал перед королевским судом, то на вопрос о месте хранения награбленных сокровищ он упорно отвечал, что возил их с собой. Весь корабль обыскали и, ничего не найдя, снарядили экспедицию на далекий остров. Безрезультатно.

А где бы вы искали сокровища Сюркуфа?

132.

Найдите, какое давление оказывает жидкость на дно АВ (см. рисунок).



133. Хулиганский опыт

(отрывок из статьи в физическом журнале)

Поставим пустую бутылку на землю и будем бить палкой по горлышку сверху вниз, пытаясь разбить бутылку.

Скорее всего разбить ее вам не удалось. Не отчайтесь — вам поможет закон мистера Икс. Налейте в бутылку доверху воды, плотно заткните пробкой и повторите опыт. Бутылка развалится после первого же удара. Идея этого способа разбивания бутылок принадлежит Галилею, который открыл его лет за сорок до рождения мистера Икс.

Как бы вы объяснили опыт?

Кто скрывается под псевдонимом «мистер Икс»?

134.

Какое давление оказывает шариковая ручка на бумагу? Оцените его.

135. «Буль-буль!» — сказал профессор Буль

Оцените, до какого уровня нужно залить водой стеклянную бутылку, чтобы она утонула в воде? Проверьте вашу оценку на опыте.

136. Без перекоса

Когда строился Исаакиевский собор в Петербурге, перед его строителями возникла задача: надо было срезать все сваи, забитые под фундамент, строго под один уровень. Главный строитель собора Монферран предложил...

А что бы вы предложили на его месте?

137.

Полый медный шар плавает по воде во взвешенном состоянии. Чему равна масса шара, если объем воздушной полости равен $7,75 \text{ см}^3$?

138. По молекуле на брата

Сколько приблизительно молекул остается еще в литровом сосуде, из которого воздух выкачен самым лучшим насосом? Хватит ли их, чтобы раздать по одной молекуле всему населению Москвы? Плотность воздуха при откачке уменьшилась в миллион раз.

5.5.

Винегрет из задач

139. Навстречу катастрофе (задача-шутка)

На одном участке двухпутная дорога ныряет в туннель и становится однопутной. Разъехаться внутри туннеля поездам негде.

Однажды летом в туннель на полной скорости влетел поезд. Другой поезд тогда же влетел на полной скорости с другой стороны. Но столкновения не произошло. Почему?

140. Все клады — наши! (Задача XX века)

Предложите конструкцию подземохода, способного двигаться в земной коре со скоростью 10 км/ч при запасе хода 300 — 400 км.

141.

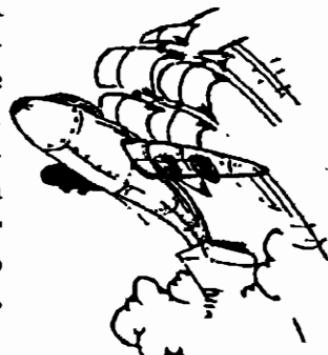
Группа туристов, двигаясь цепочкой по обочине дороги со скоростью 3,6 км/ч, растянулась на 200 м. Замыкающий посыпает велосипедиста к вожатому, который находится впереди группы. Велосипедист едет со скоростью 7 м/с. Выполнив поручение, он тут же возвращается к замыкающему с той же скоростью. Сколько времени ехал велосипедист в обе стороны?

142.

Два поезда длиной по 360 м каждый движутся по прямым параллельным путям навстречу друг другу с одинаковой скоростью 54 км/ч. Какое время пройдет после встречи тепловозов до того, как разминутся последние вагоны?

143.

Самолет летит из пункта А в пункт В и обратно со скоростью 390 км/ч. Расстояние между пунктами 1080 км. Сколько времени потратит самолет на весь полет, если на трассе полета непрерывно дует ураганный ветер со скоростью 150 км/ч? Ветер дует вдоль прямой АВ.





144. Дело в шляпе

Рыбак плыл на моторной лодке по реке, зацепил шляпой за мост — и она свалилась в воду. Рыбак поплыл дальше, но через полчаса солнце так напекло ему голову, что пришлось повернуть обратно за шляпой. Лодка догнала ее на 4 км ниже моста. Найдите скорость течения реки. В какую сторону вначале плыл рыбак — по течению или против?

145.

Автомобиль прошел половину пути со скоростью 60 км/ч. Половину оставшегося времени он ехал со скоростью 15 км/ч, а последний участок — со скоростью 45 км/ч. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути?

146.

В ясный солнечный день парашютист Матюхин плавно приближался к земле. Случилось так, что

он опускался совсем близко от 20-этажного дома, жильцы которого дружно высыпали на балконы, чтобы громко приветствовать героя. Матюхин снижался, пролетая за минуту 3 этажа. Ровно через 4 мин в спину парашютиста смачно врезалось сыroе яйцо. С какого этажа был послан этот неожиданный подарок?



147.

Пролетая в самолете на высоте 3600 м над своим домом, парашютист Матюхин вспомнил, что забыл выключить утюг. Скорость приземления с парашютом — 30 м/мин, без парашюта — в 80 раз быстрее. Матюхин выбрал второй вариант. Как скоро геройский парашютист доберется до зловещего утюга?



148. Как кошка с собакой

Том, как угорелый, рванул на 1500 м вокруг дома со скоростью 45 км/ч. За ним со скоростью 30 км/ч припустил разъяренный Спайк. Когда разъяренный Спайк сможет укусить удивленного Тома?

149. Кубок Большого Таракана

На стадионе для тараканьих бегов заканчивались последние приготовления к финальному забегу на Кубок Большого Таракана. К сожалению, работники стадиона успели подготовить только половину беговой дорожки, а на другой половине лежал песок. На тренировку вышли два брата-близнеца Фердинанд и Цезарь. Каждый из них на дорожке развивал скорость 15 см/с, а на песке — 12 см/с. Чтобы не мешать друг другу, они от места старта побежали в противоположные стороны. Через какое время они встретятся, если известно, что старт находится на границе готовой дорожки и песка, а длина готовой дорожки 3 м?

150. Прирученная пуля

Военный журналист опубликовал заметку, что был очевидцем такого случая: человек без всякого вреда для себя схватил рукой летящую пулю. Может ли такое быть?

151. «Остановите Землю, я сойду!»

Что произошло бы с людьми, если бы Земля внезапно остановилась в своем движении вокруг Солнца?

152.

Мухе надоело сидеть на столе, и она полетела к потолку. Действует ли на нее во время полета сила тяжести?

153. «Хорошо живет на свете Винни-Пух!»

Винни-Пух, решив полакомиться яблоками с гигантской яблони, закинул на ее верхушку длинную веревку и полез по ней вверх. При этом, поднимаясь каждый раз на 1 м, он съедал по 1 кг яблок. В некоторый момент веревка, выдерживавшая наибольшую нагрузку 400 Н, оборвалась. Сколько шишечек набьет себе Винни-Пух, если, падая с высоты менее 3 м, он набивает одну шишку, с высоты от 3 м до 5 м — две, от 5 до 7 м — три и т.д.? Масса голодного Винни-Пуха — 20 кг.

154. Вездеход на Марсе

В одном фантастическом рассказе описана экспедиция на Марс. Космический корабль приземлился в долину с очень неровной поверхностью. Всюду холмы, ямы, камни. Космонавты быстро снарядили вездеход — колесный, с большими надувными шинами. Но на первом же крутом склоне вездеход опрокинулся набок.

И тут... Нет, к сожалению, в рассказе изобретатель не появился. А как вы думаете, что бы он предложил? Учтите, у космонавтов не было возможности существенно переделывать вездеход.

155. На всю катушку

На заводе, производящем кабель, возникла проблема. Кабельные катушки положено перевозить в железнодорожных вагонах «на ребре». Чтобы катушки весом в несколько тонн не катались по вагону, их устанавливают на полукруглые подставки. Требуется много древесины, труда. Как быть?

156.

Изменится ли работа, производимая двигателем эскалатора, если пассажир, стоящий на равномерно движущейся вверх лестнице эскалатора, начнет сам равномерно подниматься по ней?

157.

Изменится ли мощность, развиваемая двигателями эскалатора, если мальчик, стоящий на движущейся вверх лестнице эскалатора, начнет подниматься по эскалатору с постоянной скоростью?

158.

Оцените, во сколько раз больше номинала весит гиря, упавшая на ногу со стола.

159. Волшебный кран

Вот что увидел в Японии писатель Илья Фоняков:

«Над прилавком в магазине висит медный кран. Обыкновенный кран, какие есть в каждой кухне. Но посетители видят, что кран висит в воздухе, и из него льется вода».

Как можно это объяснить?

160. Кое-что новое о взвешивании

Вы хотите взвесить любимого кота на напольных весах. Ваши действия?

161.

Оцените, что больше весит — пирамида Хеопса или стена Московского Кремля?

162. Сверхмагнит

На поверхность огромного постоянного магнита длиной более 50 м попало несколько килограммов тонкого, как пудра, стального порошка. Как очистить магнит, не повредив его поверхности?

163. Ураган над Кремлем

Как обезопасить звезды на башнях, если над Кремлем пронесется ураган? Площадь звезды (6 m^2) не уступает площади паруса на яхте.

При сооружении кремлевских звезд поступило два предложения.

Первое: установить над Кремлем датчик и посредством автоматики поворачивать звезду ребром к воздушному потоку.

Но внедрено было второе предложение. Постарайтесь найти его.

164. Бей своих, чтобы чужие боялись!

При испытании реактивного снаряда, установленного в хвосте самолета для защиты от нападения сзади, был установлен удивительный факт: при пуске снаряд разворачивался и догонял самолет.

Как это объяснить? Как это устраниТЬ?

165. Странная авария (невыдуманная история)

На дороге произошла странная авария. Оба водителя доставлены в больницу в тяжелом состоя-

нии, оба автомобиля целы и невредимы. Что случилось?

166. Хитрый боксер

Во время профессионального матча по боксу спортсмены и их тренеры столкнулись с загадкой. Довольно средний боксер неожиданно одержал ряд побед над кандидатами в призеры, причем все — нокаутом. Проигравшие рассказали, что в начале боя его удары были обычные, но постепенно крепчали, достигая через некоторое время такой силы, будто боксер был не обычной перчаткой, а камнем. Но перчатки перед боем проверяет судья, булыжник в них не спрячешь. Что же произошло?

167. Чтобы шарик был шариком

Мелкие металлические шарики изготавливают, разбрызгивая расплавленный металл. Капли падают в воду и застывают. Но при ударе о воду они немножко сплющиваются, что недопустимо. Как быть?

168. «На волю выпустим джинна из бутылки!»

Могут ли существовать газообразные живые организмы?

169. Тысяча атмосфер под пальцем

Можете ли вы одним пальцем произвести давление в 1000 атмосфер?



170. На ком Земля держится?

Почему на Земле нет животных больше кита?

Почему на суше нет животных больше слона?

171. «Ну, подумаешь — укол!»

Шток шприца движется со скоростью 5 мм/с. Оцените, с какой скоростью будет вырываться в воздух струя из иглы? Сопротивлением пациента пренебречь.

172.

В вашем распоряжении только собственные руки и лист бумаги. Попытайтесь сделать летательный аппарат, который сможет пролететь наибольшее расстояние.

173.

В автобус зашли два пассажира: один с большим дорожным чемоданом, другой с чемоданчиком. Первый пассажир по существующим правилам должен оплатить провоз багажа, для второго это не обязательно. Какой пассажир везёт больший груз?

174.

Пеностекло — легкий пористый материал, плотность которого приблизительно $0,5 \text{ г}/\text{см}^3$. Однако плотность стекла, из которого изготавливается пеностекло, больше $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$. Как могло такое получиться?

175. Вода и воздух

Что тяжелее: атмосфера земного шара или вся его вода? Во сколько раз?

176. Задача ювелира

Сплав золота и серебра массой 400 г имеет плотность $14 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$. Сколько золота в сплаве?

177.

Почему нельзя хранить ртуть в открытых сосудах? Почему пролитую по неосторожности ртуть надо собрать?

178.

Как объяснить явление, выражаемое словами «дым тает в воздухе»?

179.

На деревянную стенку надавили в одном случае ладонью с силой 200 Н, а в другом — с такой же силой каким-нибудь острым предметом, например, шилом. Силы равны по величине, почему же различны результаты их действия?

180.

Почему бритвой легче нечаянно порезаться, чем ножом. Во сколько раз бритва опаснее ножа?

181. Динары с дырками

Вы можете заключить с друзьями пари, что пробьете пятак с помощью иголки. Как можно это сделать?



182. Сто тысяч атмосфер силою насекомого

Может ли насекомое производить давление в 100 000 атмосфер?

183.

Оцените, во сколько раз отличается масса 3 м³ дров от массы 3 м³ дыма?

184. «Бесстрашная килька»

В левом борту пиратского судна «Бесстрашная килька» на глубине 1 м имелась наспех заделанная пробоина, выдерживающая максимальное давление 25000 Па. Напав в открытом море на банановый транспорт, пираты перегрузили себе на борт 200 т бананов. Кому достанутся эти бананы: пиратам или рыбам? Площадь палубы судна 100 м², борта высокие.

185.

Аборигены северной (пустынной) части Австралии создали поселения даже в тех местах на побережье, где нет источников пресной воды. За ней они отправляются в открытый океан, захватив с собой длинные бамбуковые трубки.

Что они делают дальше?

186. Воздушный океан

При температуре -200°С воздух становится жидким. Как вы думаете, какой стала бы глубина воздушного океана, если бы Земля остыла до такой температуры?

187. Спастись от торпеды

Во время войны опасности неожиданного торпедного удара подвергаются все большие корабли. Известные способы борьбы, например, вывешивание торпедных сетей, не годятся, так как снижают скорость хода корабля. Попытки стрелять по торпедам тоже бесполезны, так как из-за малого угла стрельбы снаряды рикошетируют при ударах о воду, как брошенные «блиничком» камешки.

Нередко о торпедной атаке экипаж узнает, только увидев след идущих торпед. Быстро развернуться, уйти от удара большой корабль не успевает. Как

быть? Конечно, когда торпеды выпущены, решать задачи поздно. Но нужно заранее придумать, как поступать в этом случае.

188. Киль преткновения

Для строительства плотин используют саморазгружающиеся баржи. У них вдоль бортов расположены большие цистерны. При разгрузке открывают кран, и вода заполняет одну из цистерн, баржа наклоняется, и груз — щебень, камни — высыпается в воду. Ставшую легкой баржу возвращает в исходное положение тяжелый чугунный киль. Но вот для строительства Асуанской плотины в Египте потребовались баржи значительно большего водоизмещения. Для возвращения их в нормальное положение нужен и более тяжелый киль. Значит, часть полезного водоизмещения будет потрачена на то, чтобы возить... свой собственный киль! Как быть?

189. Где хранить нефть?

Танкеры привозят нефть и перекачивают ее на нефтеперегонный завод, стоящий на берегу. Для хранения нефти заводу нужны огромные резервуары. Где взять для них место? Все свободные пространства заняты городскими строениями.

190. Зададим перцу!

Каждый знает, как непросто чистить сладкий перец. Нужно аккуратно отрезать и вынуть шляпку с семенами. Но это еще приемлемо в домашнем хозяйстве, когда перчин немного. А как быть на консервном заводе, где надо переработать тонны перца?

191.

На крупной ферме выстроили большие новые коровники. Воздух в них должен быть чистым, поэтому руководитель работ пригласил ученых, чтобы проконсультироваться, хороша ли вентиляция в коровниках.

— Нужно исследовать движение воздуха в коровниках и измерить скорости воздушных потоков, — сказал один ученый.

Помещения огромные, потолки высокие. Движение воздуха зависит от температуры стен, крыши. Понадобится множество замеров. Работы месяца на два.

И тут появился изобретатель.

— Пока вы совещались, я получил данные по первому коровнику, — сказал он. — Для каждой точки, даже под потолком. Это очень просто...

Что придумал изобретатель?

192.

Насколько отличаются весом тонна дерева и тонна железа?

193. Прилив

Пока галиот «Секрет» стоял на якоре, Ассоль не покидала каюты. В полдень иллюминатор у ее койки находился в семи ярдах от воды. Во время прилива вода начала подниматься со скоростью 2 дюйма в минуту. Через какое время вода достигнет иллюминатора?

194. Всплывающее яйцо

Как заставить всплыть яйцо, погруженное в банку с водой, не прикасаясь руками ни к яйцу, ни к банке?

195. И в воде не тонет!

Всем известно, что мыло в воде тонет. А как пригодилось бы мыло, плавающее в ванне.

Ваши предложения?

196. «О бедном ковбое...»

При перестрелке с бандитами грудная клетка ковбоя была пробита с двух сторон. Легкие остались невредимыми, но ковбой сразу умер от удущья. Почему?

197. «О метком ковбое...»

Ковбой Билли, открыв в баре стрельбу, попал в полную бутылку, в пустую бутылку, в крутое яйцо и в сырое яйцо. Что произошло с каждой из мишней?

198. «Он десять суток мои раны зашивал!..»

Когда зашивают разрез после операции, утолщение нитки в ушке иголки разрывает живые ткани, и рана заживает очень медленно.

Можно ли предотвратить повреждение? Что бы вы предложили?

199. Физика преисподней

Оцените давление в центре Земли, Луны, других планет.

200.

Чем определяется наибольшая глубина, на которую способен донырнуть кит?

201. Открытие или ошибка?

Уже упомянутый мудрец Аристотель взвешивал кожаный мешок, надутый воздухом. Мешок весил

столько же, сколько ненадутый. Из этого Аристотель заключил, что воздух невесом.

Прав ли он?

202.

Может ли атмосферное давление удержать воду в опрокинутом стакане?

203. Архимеду и не снилось!

Как можно увеличить силу Архимеда, действующую на тело, — естественно, не меняя тела.

204. Дрессированный шарик

В металлическом корпусе прибора есть глухое отверстие, в которое запрессован шарик. Через некоторое время необходимо извлечь шарик, но сделать это трудно, так как он запрессован плотно. Как быть?

205. До лампочки

Придумайте удобное крепление переносной автомобильной лампы к днищу автомобиля, чтобы руки оставались свободными.

206. Кое-что новое о белой медведице (невыдуманная история)

Для белой медведицы в зоопарке построили бассейн, глубина которого была чуть выше ее роста — чтобы она не могла выкарабкаться из бассейна (прыгать белые медведи не склонны — слишком тяжелы). Бассейн на три четверти заполнили водой, запустили туда медведицу — и она, против ожиданий, тут же вылезла на берег. Как бы вы это объяснили?

207.

В полый куб доверху налита жидкость. Как отличаются друг от друга силы давления на различные грани куба?

208.

Деревянный кубик лежит на гладком дне пустого сосуда. Всплынет ли он, если в сосуд налить воду? Поставьте опыт для проверки вашего ответа и объясните результат опыта.

209.

В один из двух одинаковых цилиндрических сообщающихся сосудов, частично заполненных водой, поместили деревянный шарик массой 20 г. При этом в другом сосуде уровень воды поднялся на 2 мм. Чему равна площадь поперечного сечения каждого сосуда?

210.

Стальной шарик плавает в ртути. Изменится ли глубина погружения шарика в ртуть, если сверху долить воды?

211.

С какой глубины может поднять воду колодезный всасывающий насос?

212. Что дозволено слону...

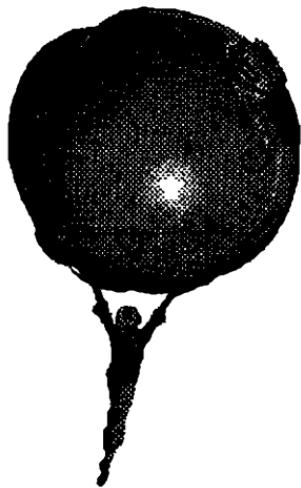
Слон может оставаться под водой, дыша через хобот, выступающий над ней. Когда же пробовали подражать слону люди, заменяя хобот трубкой, плотно прилегающей ко рту, то начиналось кровотечение изо рта, носа, ушей, кончавшееся тяжелым заболеванием или даже гибелью водолаза. Почему?

213.

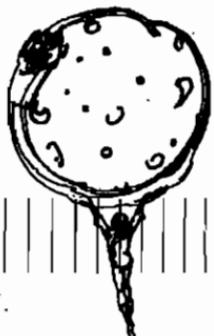
Отто Герике предполагал, что сосуды с разреженным газом должны подниматься в воздух. По проекту Франческо де Лана Герци воздушный корабль должен был состоять из лодки и 4 металлических шаров, из которых выкачен воздух. Можно ли осуществить такой проект? Почему?

214. «Атланты держат небо»

Каким станет давление атмосферы, если Мировой океан испарится?



Решения задач



Решения задач к первой части

1. а) 2,247 а.ед.; б) 0,801 а.ед.
2. 0,11; 0,13; 0,5; 0,7; 0,9.
3. 7,289 миль.
4. В 40 раз.
5. 148 см.
6. Нет. Ширина каюты 1,4 м.
7. 1,46 м.
8. Около 38,5 миль².
9. 160°.
10. 7/12.
11. 4/15.
12. 16/63.
13. «Увеличить на 300%» — значит прибавить к первоначальной цене еще 3 цены. Следовательно, цены были повышенены в 4 раза. «Уменьшить величину в 4 раза» значит оставить от нее одну четверть, а $3/4$ вычесть. Переводя эти $3/4$ в проценты, получаем 75%.
Например, если до 1 апреля буханка хлеба стоила 50 грошей, то после повышения на 300% (на 150 грошей) она будет стоить 200 грошей. 3 апреля ее цену уменьшили на 150 грошей, и это составляет 75% от ее новой цены.
Ответ: цены понизились на 75%.
- Многие люди считают, что словосочетания «в 4 раза» и «на 300%» — синонимы. Например, в одной из московских газет в 1994 г. можно было прочитать такое: «МММ снижает курс своих акций на 14900%». Между тем это верно только для увеличения. Если положительную величину уменьшить

на 300%, то это значит, что ее умножили на число -2, она станет отрицательной.

14. Около 446,1 тыс. км.

15. 40 см^3 .

16. 2,75 м.

17. Проигрыш составляет 4 талера.

18. Будем считать, что «скорость поглощения рома» у пиратов постоянна. Тогда за день Ерема выпивает $1/10$ бочки, а Емеля — $1/14$. Вместе они выпивают $1/10 + 1/14 = 6/35$ бочки в день. Следовательно, весь ром (1 бочка) будет выпит за $35/6$ дня.

Ответ: За $\frac{35}{6}$ ($5 \frac{5}{6}$) дня.

19. $\frac{4}{3}$.

20. -30; 8; $-1/6$.

21. 12, 14 и 6 голов.

22. а) 21 парус; б) 17 парусов.

23. В 5 раз.

24. 1000 картофелин (если они одинаковы по размерам) образуют куб с ребром, равным 10 картофелинам (проверьте). Следовательно, картошка лежит в ящице в 10 слоев. Если верхний слой мыши съели за 1 неделю, то остальных 9 слоев им хватит еще на 9 недель.

Ответ: На 9 недель.

25. 9 гвардейцев.

26. Уголок с ноготок

Используем чертеж «заклинание шамана» (рис. на с. 42) и выведенную с его помощью формулу $l/L = \phi/360^\circ$. Считая ширину ногтя $l = 7 \text{ мм}$, расстояние от глаз до ногтя вытянутой руки $r = 70 \text{ см} = 700 \text{ мм}$, учитя $L = 2\pi r$, получим из формулы $\phi = 0,5^\circ$.

27. Падающая башня

Измерив линейкой высоту человека, стоящего ближе всех к башне, получим 2 мм, высота самой башни на фото — 55 мм. Продольный размер башни (это не высота, поскольку башня наклонена) примерно во столько же раз больше человеческого роста.

та, во сколько раз продольный размер башни на фото больше высоты человека на фото. Принимая средний рост человека за 1,7 м, получим продольный размер башни 62,3 м. В справочниках фигурирует высота башни 55 м.

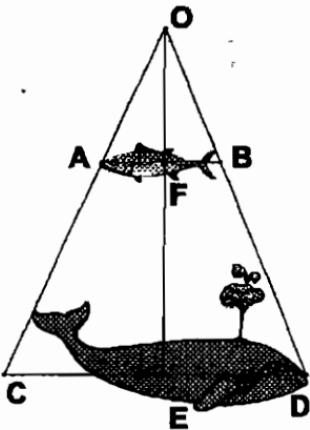
Остальные размеры (диаметр, высоту этажа и т.д.) определите сами.

28. Великая стена

Измерив линейкой высоту стены на фото, получим 1 мм. Длину участка на фото проще всего измерить, выложив участок ниткой, а потом нитку измерим линейкой — получается 52 мм. Если считать, что размеры на фото находятся в том же отношении, что и натуральные размеры, получим длину участка 226 м.

29. Про кита

Условие задачи означает, что кит в море и килька на ладони видны под одним и тем же углом. На чертеже точка О — точка наблюдения, точки А и В обозначают голову и хвост кильки, точки С и D — голову и хвост кита. Расстояние OF — длина вытянутой руки, на которой располагается килька, расстояние OE — расстояние от самолета до кита.



Из чертежа видно, что $OE/OF = CD/AB$, откуда $OE = CD \cdot OF/AB$. Будем считать, что длина кильки — 5 см, длина кита — 33 м, длина вытянутой руки — 70 см. Тогда высота, на которой летел самолет, составит 462 м.

30. Директор на ладони

Представьте, что вдалеке от вас во дворе школы находится директор, вы протягиваете руку перед глазами так, что директор покажется стоящим на вашей ладони (иллюзия будет выразительнее, если вы закроете один глаз). Если на место открытого глаза

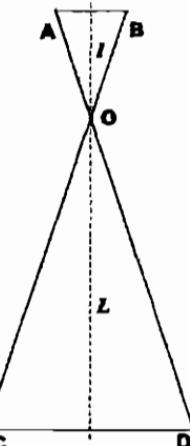
поместить фотоаппарат, можно получить фото, похожее на фото в книжке.

На рисунке точка O — точка наблюдения, CD — реальная фигура «директора», AB — видимое «положение» директора на ладони.

Тогда OD — расстояние до директора, $OB=70$ см — длина руки, $AB=2,3$ см — высота фигурки на фото, $CD=1,6$ м — средний женский рост (мы посчитали, что директор среднего роста). Из рисунка видно, что $OD/OB=CD/AB$, откуда $OD=CD \cdot OB/AB$. Подставляя числа, получим $OD=48,6$ м.

31. Двуглазый пират

На рисунке справа в точках A и B изображены глаза пирата, в точках C и D — нос и корма барка, в точке O — большой палец вытянутой руки пирата. Из этого чертежа видно, что выполняется соотношение $a/2:b/2=L:1$, откуда $L=al/b$. Подставляя числа, получим $L=923$ м.



33. Близко ли ближайшая звезда?

Расстояние до ближайшей зезды можно получить с помощью формулы и чертежа на с. 42. Подставив радиус земной орбиты $r=1,5 \cdot 10^{11}$ м, угол $\phi=0,75''$ и вспомнив, что угловая секунда составляет $1/60$ угловой минуты, т.е. $1/3600$ градуса, получим расстояние

$$r_* = 4,1 \cdot 10^{16} \text{ м} = 4,1 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

Это расстояние свет проходит больше, чем за 4 года.

34. Закатное солнце

Внимание! Смотреть на яркое Солнце можно только через закопченное стекло или специальный светофильтр!

Как выяснить, имеем ли мы дело с иллюзией или с явлением, которое происходит в действительности? Нужно измерить наблюдаемый эффект, в нашем случае нетрудно определить угловой размер Солнца среди дня и на закате. Если вы попробуете это сделать, окажется, что этот размер в любое время дня составляет примерно $0,5^\circ$.

Вы можете для наглядности вырезать из картона кружок, который точно заслоняет Солнце днем, если этот кружок взять в вытянутую руку, а потом проверить, заслоняет ли он Солнце на закате. Кстати, Луна тоже на закате кажется огромной, поэтому такую проверку можно сделать и для Луны.

35. Квадранты-гиганты

С помощью угломерного прибора — квадранта — астрономы определяли положение на небе небесных светил. Чем больше радиус окружности, тем длиннее дуга внутри одного и того же угла. Астрономы могли небольшие углы отмечать хорошо заметными большими дугами, т. е. они добивались большей точности в измерении углов.

36. Кляксы на Юпитере?

Определим сначала размер пятна. Очевидно, его натуральный диаметр во столько раз меньше натурального диаметра Юпитера, во сколько раз диаметр пятна на фото меньше диаметра Юпитера на фото. Измерив линейкой размеры на фото, получим, что пятно в 36 раз меньше Юпитера. По таблице на с. 53 находим, что диаметр Юпитера 140000 км, это значит, что диаметр пятна — примерно 3900 км. Это немного больше, чем диаметр Луны, — 3480 км.

Это сравнение размеров помогает понять происхождение пятна. Как сделать, чтобы на поверхности планеты появилось темное пятно размером примерно с Луну? Один из вариантов — на планету должна упасть тень от ее спутника.

Это предположение легко проверить, проследив за поведением пятна: пятно должно двигаться по поверхности планеты и появляться через определенные промежутки времени.

37—40. Задачи решаются точно так же, как задача №36.

41. Остров Сокровищ

Пираты могут до размещения сокровищ измерить, за какое время шахта заполняется по каналу водой, например, на дюйм. Если через канал проходит из моря один и тот же объем воды в минуту, время заполнения шахты легко вычислить, зная высоту шахты в дюймах. К примеру, шахта заполняется на дюйм за 2 мин, высота шахты — 80 дюймов, тогда шахта заполнится водой за 160 мин. Другой вариант — засечь время заполнения шахты легко найти, зная объем бочки и объем шахты.

42. «Жили-были книжки»

Предположим, что среднего размера книгу (около 300 страниц) человек читает 3—4 дня. Тогда за год он прочтет около 100 книг, а за 60 лет активной читательской жизни — около 6000 книг.

43. «Только раз в году»

РЕШЕНИЕ 1. Пусть для определенности вы живете в городе с населением 1 млн чел. (например, г. Ростов-на-Дону, в котором вышла эта книга). Если предположить, что с течением лет рождаемость меняется мало, то люди одного года рождения составляют около 1/70 населения города (средняя продолжительность жизни — около 70 лет). Предположим, что каждый из дней года рождается примерно равное количество детей, то каждый 365-й ваш ровесник родился именно в один день с вами. Значит, таких людей в городе $1000000/70/365 = 38$, причем около 19 из них — девочки.

РЕШЕНИЕ 2. Как известно, до 15 лет подавляющее большинство людей ходят в школу. В миллионном городе около 120 школ, в каждой из которых в среднем по 4 параллельных класса, а в каждом классе учатся около 30 ребят-ровесников. Получается 14400 человек, из которых каждый 365-й (и снова получаем 38) родился в один день с вами.

Для вашего города вычисления сделайте сами.

Примечание. В странах бывшего СССР примерно с 1992 г. рождаемость стала резко снижаться, так что ответ может уменьшиться примерно в 1,5—2 раза.

44. «Если бы парни всей Земли...»

Население Земли в наше время составляет около 5,5 млрд человек. Остается узнать, какую площадь занимает один стоящий человек. Это можно сделать экспериментально: поставьте нескольких ребят как можно плотнее друг к другу, обведите вокруг них мелом линию и измерьте площадь внутри нее. У автора получилось, что один человек занимает площадь около $0,33 \text{ м}^2$. Значит, площадь острова должна быть не менее $1,8 \text{ млрд м}^2$. Казалось бы, этот остров достаточно велик. Но стоит перевести его площадь в квадратные километры (1800 км^2), да еще и прикинуть его линейные размеры (около 42 км), то окажется, что он ненамного больше Москвы.

46. «В суету городов...»

Будем считать, что примерно половина всех людей на Земле живет в городах, т.е. количество горожан $2,7 \cdot 10^9$. Средним будем считать город с населением $100000 = 10^5$ человек. Тогда число условных «средних» городов составляет $N = 2,7 \cdot 10^4$.

Такой условный город будем считать квадратом со стороной $a = 10 \text{ км}$, площадь такого города $s = a^2$, а площадь всех условных городов $s = N \cdot a^2$. С другой стороны, площадь Земного шара $S = 4\pi R^2$, где $R = 6400 \text{ км} = 6,4 \cdot 10^3 \text{ км}$. Искомое отношение

$$x = \frac{s}{S} = N \cdot \frac{a^2}{4\pi R^2} = 0,005 = 0,5\%.$$

Поскольку суши занимает $1/3$ поверхности Земного шара, города занимают примерно $1,5\%$ суши.

Чтобы проверить наше грубо приближенное решение, можно было бы со спутника ночью сфотографировать всю поверхность Земли, при ясной погоде хорошо видна освещенная территория городов. Сравнив площади освещенной территории с площадью всей поверхности Земли, можно установить точнее, какая часть ее занята городами.

47. «А болтать-то мне когда?»

Практика (например, проверка техники чтения на уроках литературы) показывает, что человек может произносить около 150 слов в минуту. Следовательно, миллиард слов, произнесенных без передышки,

будет звучать около 6,7 млн мин. Переведя это в годы, получаем около 12,5 лет. То есть, если потратить шестую часть своей жизни на чистую болтовню, то цифру, указанную в условии задачи, можно и перекрыть.

48. Кто болтливее?

Сначала нужно договориться о величине, которую можно считать мерой болтливости. К примеру, это может быть среднее число слов, произносимых человеком в сутки. После этого нужно придумать способ измерения этой величины — например, с помощью записи на магнитофон. После этого нужно записать на магнитофон изрядное количество мальчиков и девочек, вычислить среднюю болтливость отдельно мальчиков и отдельно девочек и сравнить их.

49. Макароны по-флотски

Подсчитаем, какой длины линию можно выложить из 1 кг макарон. Плотность теста примерно равна плотности воды, значит, объем макарон 1000 см^3 .

Для простоты сделаем расчет для спагетти (в сечении — сплошной кружок, а не кольцо). Площадь сечения спагетти — 4 мм^2 . Следовательно, длина такой линии — 250 м. Здравый смысл подсказывает, что моряк может съедать в день до 1 кг макарон. Значит, за год получается примерно 90 км, а за 40 лет службы — около 3600 км. Между тем длина экватора — 40000 км. Получается, что эта линия из макарон не превосходит десятой части экватора. Выходит, что наш морской волк слегка преувеличивает.

56. «Умный в гору не пойдет, умный гору обойдет...»

Видимо, в книге описаны случаи, когда джентльмены, попавшие в горы впервые, воспринимали наклонные поверхности гораздо более крутыми, чем это показывали измерительные приборы.

Иллюзии такого рода вы можете испытать сами: если посмотреть со двора, например, на окно второго этажа, оно кажется довольно низким. Совсем другое впечатление получается, если стать (со всеми предосторожностями!) на подоконник этого же окна и посмотреть вниз.

57. Когда часы еще не тикали

Если вы поставите себя на место Галилея, то, наверное, зададите себе вопрос: «Есть ли в моем распоряжении устройство, отсчитывающее время?» В вашем распоряжении есть такое устройство, его работу вы можете проследить, приложив руку к собственной груди.

Галилей измерял время падения тел с башни, считая единицей времени промежутки между ударами собственного сердца. Кстати, именно он предложил использовать маятник в конструкции часов. Благодаря этой идее и создали точные часы, которых во времена Галилея не существовало.

58. Барон-обманщик

Король знает массу настоящей монеты и знает, что фальшивая монета на 1 гран легче настоящей. Значит, взвесив кучу из определенного числа монет, король может определить, сколько монет в этой куче фальшивые. Остается сформировать эту кучу так, чтобы количество фальшивых монет в ней прямо указывало на того, кто эти монеты принес. Это можно сделать, положив на весы разное количество монет из разных мешков: например, 1 монету из первого мешка, 2 из второго и т.д. до 10 монет из 10-го мешка. Недостаток в 1 гран будет означать, что в куче 1 фальшивая монета, а это значит, что в первом мешке все монеты фальшивые. Аналогично, если не хватает 8 гран, то на весах 8 фальшивых монет из 8-го мешка и т.д.

Любители математики могут решить и усложненную задачу: как быть, если король знает, что обманщиком может быть не один барон, а несколько (возможно, все)?

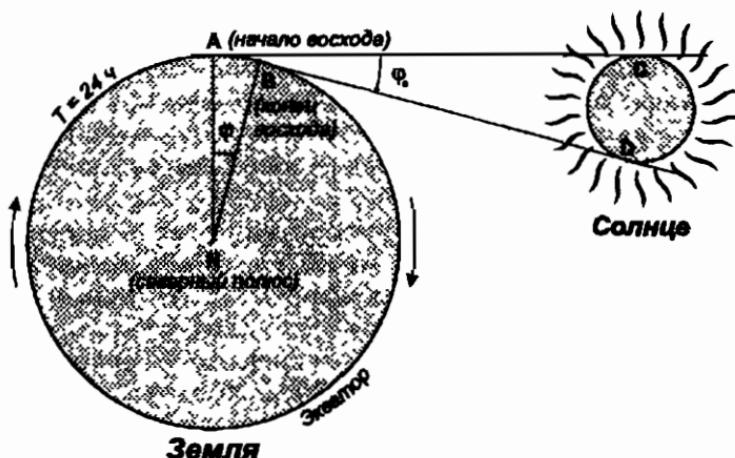
59. Змейки на линейке

Как измерить змею, не беря ее в руки? Можно сделать «копию змей» — сфотографировать их или подобрать сброшенные во время линьки шкуры. Измерение шкур даст длины змей напрямую, чтобы найти их длины по фотографии, вместе со змеями на фотографии должна быть линейка.

60. Известно, что сторона одного квадрата на бумаге в клетку равна 5 мм (проверьте). Толщина проволоки намного меньше. Но, плотно намотав несколько десятков витков, можно измерить с помощью клетчатой бумаги длину получившейся «пружины». Разделив ее на количество витков, получим диаметр витка.

61. Корень слова «стадион»

Рассмотрим самый простой случай — солнце восходит на экваторе (см. рисунок). Земля совершает полный оборот 360° за 24 ч. Угловой размер Солнца составляет $\Phi_e = 0,5^\circ$. Чтобы Солнце взошло, Земля должна повернуться на эти полградуса: $\phi = \Phi_e$.



На такой угол Земля повернется за $1/2:360=1/720$ суток или за 2 мин. Человек, идущий со скоростью 6 км/ч, за 2 мин пройдет в 30 раз меньше, чем 6 км, т.е. стадий на экваторе составляет примерно 200 м.

Точной эта единица не могла быть по двум причинам: во-первых, скорость человека может заметно отличаться от взятого нами числа, во-вторых, в разных широтах время восхода солнца различно и может достигать нескольких недель в полярных областях. К тому же время восхода зависит еще и от времени года.

62. Вот бы раздобыть сгибаемую линейку, например, рулетку или портновский метр, — но она не предусмотрена условием задачи. Пойдем на хитрость — воспользуемся подручным материалом — ниткой, веревкой, шарфиком, ремешком. Вы, наверное, догадались, что нужно опоясать шар по диаметру, отметить длину окружности на «поясе», измерить ее линейкой, а потом разделить на число π .

Если вам кажется, что так нечестно и диаметр шара нужно измерить напрямую, поставьте на стол две стопки книг, разместите между ними шар и сдвигайте их до тех пор, пока шар позволяет это делать. Потом измерьте линейкой расстояние между стопками.

Задача на вырост: Такими способами можно измерить диаметр шара «средних» размеров — от мячика для пинг-понга до очень большого арбуза. Можно ли с помощью линейки определить диаметр шара, размеры которого намного меньше или намного больше?

63. В любом случае толщина стопки монет будет измерена с точностью до 1 мм. Но точность измерения толщины одной монеты при этом будет разная. Например, в случае 5 монет этот «плюс-минус миллиметр» будет делиться на 5, а в случае 50 монет — на 50. В первом случае толщина монеты будет измерена с точностью до 0,2 мм, а во втором — до 0,02 мм.

64. Как селедки в бочке

Нужно измерить объем телефонной будки (как объем параллелепипеда) и разделить на средний объем тела взрослого человека. Как определить этот средний объем? Проще всего разделить среднюю массу человека (70 кг) на плотность человеческого тела, которая почти не отличается от плотности воды (1 кг/л) — получаем 70 л. Стандартная телефонная будка имеет размеры 0,5 м · 0,5 м · 2,5 м, т. е. ее объем равен $0,625 \text{ м}^3$, или 625 л. Значит, туда поместится не 20, а в лучшем случае 9 взрослых людей.

65. 100 м.

- 66. Указание:** объем вашего тела можно измерить, заметив, насколько повышается уровень воды, когда вы целиком погружаетесь в ванну, а можно просто приравнять ваш объем в литрах к вашей массе в килограммах — плотность человеческого тела близка к плотности воды.
- 67. Если,** бросив в мензурку с водой одну дробинку, вы не заметите повышения уровня воды, значит, точности мензурки недостаточно. Но вспомним задачу № 65: чем больше будет количество дробинок, тем точнее измерение. Бросив в воду, например, 20 дробинок, уже можно зафиксировать изменение уровня воды. Разделив объем вытесненной воды на 20, получим объем дробинки.

68. Золотая лихорадка

Если бы самородок помещался в мензурку, мы бы поступили стандартным способом: налили бы в мензурку воды, отметили ее объем, потом положили бы в воду самородок, отметили бы новый объем, разница нового и старого объема — это и есть объем самородка.

Если самородок в мензурку не помещается, а помещается, например, в кружку (без делений), поступаем точно также, только объемы жидкости в кружке измеряем с помощью мензурки. Скажем, наливаем полкружки воды, отмечаем ее уровень и опускаем в нее самородок. Вода в кружке дойдет до нового уровня. Отмечаем новый уровень, вынимаем самородок, дополняем кружку из мензурки водой до нового уровня. Объем воды, которую вам придется долить, — это и есть объем самородка.

Как быть, если самородок не помещается и в кружку, догадайтесь сами.

72. Зрители тоже плачут

Описанное в задаче «явление» подчиняется формуле

$$p = t^2,$$

где t — время (в неделях), а p — процент зрителей, бросивших смотреть сериал. Через 10 недель p будет равно 100% — все зрители бросят смотреть сериал.

74. «Выходи по одному!»

Для того чтобы отделить один микроб, нужно сделать так, чтобы микробы (хотя бы несколько из них) выстроились «в колонну по одному». Для этого от капли с микробами нужно провести водянную дорожку толщиной в один микроб (это можно сделать под микроскопом с помощью острия иглы). Рано или поздно в эту дорожку войдет микроб. Тогда дорожку нужно отделить от капли — и задача решена. Впервые ее решил Лазаро Спалаццани, один из первых исследовавший микробы с помощью микроскопа.

76. «Собака бывает кусачей»

Из таблицы видно, что кусачесть собаки не зависит от длины хвоста и равна примерно 16 единицам.

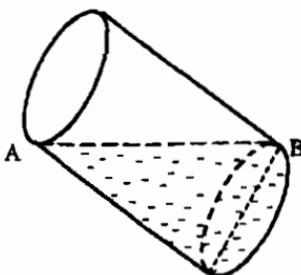
77. Почему Фалес на пирамиду не полез

В задаче явная подсказка: если дело происходит в солнечный день, можно измерить тень от дерева. Беда в том, что длина тени вовсе не обязательно равна высоте дерева. К счастью, длина тени в течение дня меняется. Наверное, вы уже догадались, что нужно дождаться момента, когда длина тени равна высоте дерева. А как поймать этот момент? Поскольку у вас в руках линейка, поставьте ее вертикально и дождитесь, когда тень от линейки сравняется по длине с самой линейкой. Как измерять длину тени от линейки, догадайтесь сами.

Таким способом знаменитый древнегреческий мудрец Фалес ухитрился с помощью длинной палки измерить высоту египетской пирамиды, не влезая на нее. Фалес очень гордился тем, что придумал такое решение.

80. В 1 м^3 содержится $1\text{ млрд}\text{ мм}^3$. Значит, на укладку кубиков уйдет 1 млрд секунд. Переведя это в годы, получаем 31,7 лет.

81. Кастрюля имеет цилиндрическую форму. Значит, кастрюлю можно залить водой точно до половины. Способ, как это сделать, показан на рисунке. Пустая часть кастрюли и ее часть, заполненная водой, — равные фигуры



ры (напомним, что в геометрии фигуры считаются равными, если они совпадают при наложении).

83. Рост снежного человека можно представить как дугу величиной 20° от окружности радиусом 100 м. Длина этой дуги (по формуле из раздела 4.2) равна 34,9 м.

84. Поезд уйдет через 5 минут

Нужно сделать, чтобы поезд мог уйти, но в то же время бревна остались у контролеров для измерения. Впрочем, контролерам от бревен нужны только диаметры. Значит, можно сфотографировать торец каждого вагона (масштабом могут служить ширина или высота вагона) и после этого спокойно отправлять поезд — контролеры прекрасно справляются со своей работой по фотографиям.

85. Стрелы Робин Гуда

Нужно сделать так, чтобы стрела попала именно в грудь лазутчику, куда бы ни стрелял стрелок. Для этого можно на груди у лазутчика прикрепить сильный магнит, а наконечник стрелы сделать стальным.

86. Защита от тигров

Если тигр не любит нападать на жертву спереди, идеальной защитой для человека было бы иметь два переда, как у двуликого римского бога Януса. Как сделать, чтобы тигр, находясь позади человека, был убежден, что находится спереди?

Эксперт по тиграм посоветовал на одежде сзади рисовать большое лицо. Нападения почти прекратились — оказывается, и тигры склонны к иллюзиям.

87. Много шума, мало шерсти...

На 25 км.

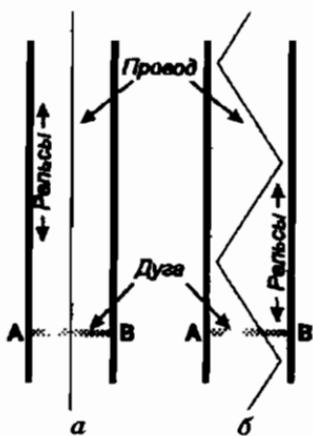
88. Наскальная живопись

На вопрос задачи можно придумать много ответов-версий. Интересно, какая из этих версий допускает проверку? Обоснованную версию можно получить, если вы догадаетесь пересчитать маленькие пятнышки — их, оказывается, 27, по числу дней в лунном месяце. Если вы обратите внимание, что средние пятнышки круглые, а крайние имеют форму серпов, обращенных в противоположные стороны, вы догадаетесь, что перед вами — самый древний в ис-

тории лунный календарь. Это, кстати, означает, что астрономия и математика (наблюдения за светилами и счет) появились раньше письменности.

89. Витки мясорубки сближаются по направлению к ножу, чтобы с большей силой прижимать к ножу мясо.

90. Непонятный зигзаг



Чтобы разобраться, в чем дело, нужно обратить внимание не только на провод и рельсы, но и на главное «действующее лицо» — трамвай. Понятно, имеет смысл рассматривать ту часть трамвая, которая взаимодействует с проводом, — дугу (на рисунке заштрихована). Этот алюминиевый стержень сильно прижимается к проводу, чтобы обеспечить надежный электрический контакт во время движения. По этой причине дуга в месте контакта истирается.

К чему приведет истирание в случаях *a* и *b* (см. рисунок)?

В первом случае (провод идет параллельно рельсам) истирание происходило бы на узком участке дуги, и провод очень скоро «перепилил» бы дугу пополам. Во втором случае (провод идет зигзагом) дуга будет истираться по всей ширине АБ, а потому прослужит во много-раз дольше.

91. «Открылась бездна, звезд полна...»

Основные препятствия для счета звезд возникают из-за того, что небосвод движется, поэтому многие звезды в течение ночи восходят и заходят, т.е. появляются и исчезают, причем в разные времена года появляются и исчезают разные звезды. На первый взгляд кажется, что нужно просто сфотографировать все участки неба за достаточно короткое время, а потом пересчитать звезды на фотографиях. Сложность в том, что фотопленка имеет не такую чувствительность, как человеческий глаз, и на ней будет зафик-

сировано не такое количество звезд, какое видно глазом. В книгах по астрономии пишут, что невооруженным глазом наблюдается около 3000 звезд.

Десятилетний мальчик Джеймс Клерк Максвелл полтора века назад с помощью отца осуществил такую идею: он сделал шар из плотной черной бумаги и уколами булавки наносил на этот шар точки, соответствующие положению видимых звезд. Затем в темной комнате внутрь шара — звездного глобуса — вставлялась свечка*, и на стенах появлялось изображение звездного неба.

92. «Дышите глубже, вы взволниваны!»

Измерьте, сколько вдохов вы совершаете за минуту. А лучше проведите этот опыт с несколькими людьми и вычислите среднюю частоту дыхания человека.

Врачи, проделавшие такие измерения, установили, что человек делает в среднем 16 вдохов в минуту. Следовательно, за 70 лет жизни он совершил около 600 млн вдохов.

93. Данные в таблице подчиняются формуле $y = 6x$, где y — количество невыученных билетов, а x — время до экзамена в сутках. Следовательно, за 1,5 суток до экзамена было не выучено 9 билетов.

94. 1 330 000 км.

95. Взвешивание с пристрастием

Один из законов Мэрфи гласит: «Измеряй микрометром. Отмечай мелом. Отрубай топором!»

Мы привыкли, чтобы и взвешиваемый предмет, и гири находились на чашах с одинаковыми плечами. Но как этого добиться, если весы неравноплечные? Сначала нужно уравновесить предмет не гирами, а «чем попало». А потом, убрав предмет, уравновесить это «что попало» гирами.

Этот способ действительно употребляется в лабораториях (ведь идеально равноплечих весов не бывает). Он называется «способом тарирования». Обычно

* Электрических ламп тогда еще не было, они появились как раз благодаря тому, что Максвелл, став взрослым, сумел разобраться в природе электричества.

предмет уравновешивается песком — это можно сделать буквально «с точностью до одной песчинки».

96. Включение и выключение секундомера тоже требует времени. Как бы проворен ни был человек, он не может среагировать на событие (например, на финиш бегуна) быстрее, чем за 0,05 с. Так что делать подобный прибор смысла нет.

97. На 840 м.

98. Сколько в море капель?

Чтобы решить задачу, нужно оценить (определить с точностью до порядка величины) объем Мирового океана и разделить его на объем одной капли.

Объем одной капли измерить напрямую трудно, но, если накапать 20 капель из одноразового шприца без иголки в мензурку, они занимают объем около 1 см³, т.е. объем одной капли $v = 1/20$ см³. Объем Мирового океана можно определить, зная из географии, что вода занимает 2/3 поверхности Земного шара и что средняя глубина океана — примерно 4 км. Площадь Земного шара указывается в географических атласах и составляет примерно 360000000 км². Умножив эту площадь на среднюю глубину, получим объем Мирового океана $V = 1440000000$ км³ = $= 1,44 \cdot 10^9$ км³ = $1,44 \cdot 10^{24}$ см³. Тогда число капель $N = V/v = 2,88 \cdot 10^{26}$.

Этот расчет на первый взгляд кажется недопустимо грубым — все числа подставлялись явно округленными. Но если вы подставите более точные числа, это не отразится на смысле результата — перед громадной величиной 10²⁶ будет, к примеру, стоять множитель не 2,88, а 2,41. Такие расчеты — грубые оценки по порядку величины — имеет смысл делать, если вы еще не представляете масштабов величины, которой интересуетесь, и хотите сориентироваться.

99. Чемпион всех времен

Говорят, что знаменитый боксер Оскар де ла Хойя (олимпийский чемпион 1992 г.) успевал нанести по телу падающего противника 17 ударов.

Проще всего снять бои, в которых участвуют претенденты, обычной кино-камерой. Съемка ведется со скоростью 24 кадра в се-

кунду, и можно прямо по кадрам на пленке сосчитать число ударов, которое в секунду наносит претендент. У кого это число (максимальное или среднее число ударов в секунду) будет больше — тот и наносил удары быстрее всех.

Другой вариант — измерить по кадрам, какое расстояние проходила рука, наносящая удар, за определенное время, и по этим данным сравнить скорости движения руки при нанесении удара. «Победителем» в этом варианте надо считать того супермена, у которого эта скорость будет больше всех.

100. Физика и спорт

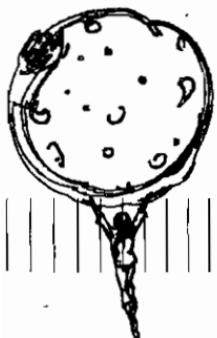
Как сделать, чтобы ледяная лента не ломалась там, где она уходит «под землю»?

Впрочем, обязательно ли она вся должна быть ледяной? Достаточно, чтобы лед был на ее наземной части, — там, где бежит спортсмен. Но каждый кусок ленты периодически бывает то над, то под землей.

Значит, лед должен появляться на куске ленты, когда этот кусок выходит на поверхность, и исчезать перед тем, как он спрячется под землю. Этого можно добиться, установив холодильную установку там, где лента выходит из-под земли, и нагреватель там, где лента уходит под землю.

101. Физика и война

Пресс мог бы опуститься в котлован без подъемного крана, почти «сам собой», если бы в распоряжении монтажников оказалось «нечто», способное удержать пресс над котлованом, а потом постепенно «исчезнуть». Поскольку дело происходило зимой, монтажники без труда нашли такое «нечто» — обыкновенный лед. В котлован налили воду, заморозили ее, поставили на лед пресс, а затем лед медленно растопили. Вода вытекла в специально подготовленное отверстие, а пресс занял свое место.



РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КО ВТОРОЙ ЧАСТИ



1. Спидометр Колумба и Магеллана

Представим себе, что судно идет с черепашьей скоростью в 1 узел (1 миля в час). За 30 с оно пройдет $1/120$ мили, т.е. 15 м 43 см. Именно на таком расстоянии и нужно завязывать узлы на веревке.

3. Рекордсмен моря

Дельфин прооплыает свою длину (1,9 м) за 8 кадров ($1/3$ с). По формуле

$$v = \frac{S}{t}$$

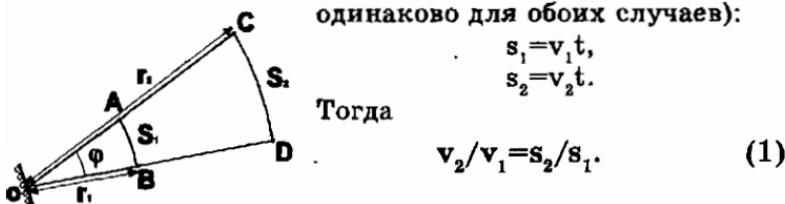
получаем $v = 5,7$ м/с.

4. «Есть женщины в русских селеньях...»

Всадник может перелететь через голову коня, сохранив его скорость. Такое случается, если конь останавливается внезапно.

8. Солнечный зайчик

На рисунке слева в точке О находится зеркало, АВ — расстояние, которое зайчик проходит по окну комнаты, СD — расстояние, которое он проходит по стене соседнего дома. Каждое из этих расстояний равно скорости зайчика, умноженной на время поворота зеркала (оно, очевидно, одинаково для обоих случаев):



Будем приближенно считать АВ и СД дугами окружностей с радиусами r_1 и r_2 . Поскольку угол поворота зеркала ϕ один и тот же, из чертежа видим, что

$$s_2/s_1 = r_2/r_1. \quad (2)$$

Здесь r_2 и r_1 — расстояния от зеркала до стены соседнего дома и до окна комнаты.

Из формул (1) и (2) получаем

$$v_2/v_1 = r_2/r_1. \quad (3)$$

Если расстояние до окна $r_1 = 3$ м, расстояние до соседнего дома $r_2 = 30$ м, из формулы (3) получаем $v_2 = 3$ м/с.

А теперь представьте, что зайчик из комнаты попал на воздушный шар, висящий на расстоянии $r_2 = 30$ км от зеркала.

Тогда его скорость будет равна 3 км/с, никакие тела на Земле с такими скоростями двигаться не могут, даже артиллерийские снаряды летят медленнее. Эта скорость близка к космическим скоростям.

Выходит, что, располагая «экран» для зайчика на достаточно большом расстоянии от зеркала, мы можем получить любую скорость движения зайчика по экрану, она может даже превышать скорость света (рассчитайте, на каком расстоянии должен располагаться экран в этом случае).

3. Путешествие в Царьград

Если посмотреть на географическую карту, станет понятно, что самый удобный путь для княгини — проплыть по Днепру около 1000 км до Черного моря, а по морю проплыть примерно 500 км до Царьграда (теперь этот город называется Стамбулом). Если считать среднюю скорость тогдашних судов 10 км/ч, чистое время движения по воде составляет 150 ч, т.е. чуть больше 6 суток. Нужно, однако, учесть, что в те времена Днепр от Киева до моря нельзя было беспрепятственно проплыть на судне из-за порогов, суда приходилось переволакивать по сушке, и реально путешествие занимало несколько недель.

Если вы хотите выступить в роли советника кня-

гини, вам нужно знать (или самому измерить) скорость судна на различных участках реки и моря, а также обстановку на берегах. После того, как вы, исходя из этого, определите время путешествия, вам придется решить несколько оценочных задач, чтобы определить количество судов, необходимых для перевозки снаряжения и людей.

10. Дузель в проливе Па-де-Кале

Если корабль движется с постоянной скоростью, выбор места не имеет значения.

11. Стрельба через винт

Как сделать, чтобы тяжелые пули не повреждали винт? Идеальный выход из положения — пули вообще не попадают в лопасти. Можно ли этого добиться? Да, если пули будут пролетать точно в промежутки между лопастями винта. Немцы придумали устройство, позволяющее пулемету стрелять только в тот момент, когда перед дулом не лопасть, а промежуток.

12. «А ты, улетающий вдаль самолет...»

Почему трудно наблюдать самолет, летящий вблизи, но легко — вдали. С какого расстояния наблюдение становится возможным?

РЕШЕНИЕ

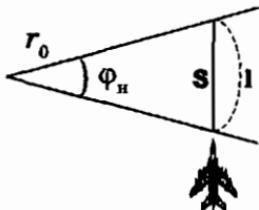
Известно, что время реакции человека $t_p \approx 0,1$ с, характерное время движения глаз («миг») $t_m \approx 0,3$ с. Можно также на собственном опыте убедиться, что за предметом удобно наблюдать, когда он находится перед наблюдателем в пределах угла $\phi_s \approx 30^\circ = \pi/6$.

Из чертежа видно, что чем дальше самолет от наблюдателя, тем большее расстояние он проходит в пределах удобного угла. Мы считаем, что наблюдение будет удобным, если самолет будет находиться

в пределах удобного угла ϕ_s , хотя бы в течение $t_m \approx 0,3$ с.

Критическое расстояние наблюдения r_o определяется условием

$$t_m = \frac{s}{v}. \quad (1)$$



Поскольку неточность исходных данных велика, видно, что мы имеем дело с задачей-оценкой. Поэтому для упрощения расчетов положим $s \approx 1$ (см. рисунок). Тогда из (1) имеем,

$$t_u = \frac{l}{v} = \frac{r_0 \Phi_H}{v}, \text{ где } v \text{ — скорость самолета.} \quad (2)$$

откуда

$$r_0 = \frac{vt_u}{\Phi_H}. \quad (3)$$

К примеру, при скорости самолета $v = 100 \text{ м/с}$ имеем

$$r_0 = \frac{100 \text{ м/с} \cdot 0,3 \text{ с}}{\%} \approx 60 \text{ м.}$$

Интересно, что даже при очень высокой скорости (например, 1-й космической) удобное наблюдение возможно, нужно только обеспечить расстояние $r_0 = 4600 \text{ м} = 4,6 \text{ км}$. А движение спутников на больших расстояниях ($r \approx 200 \text{ км}$) кажется даже медленным.

13. «Мы писали, мы писали...»

Стержень шариковой ручки имеет длину $l = 13 \text{ см}$ и площадь сечения $S = 7 \text{ мм}^2$. Значит, он содержит $V = 910 \text{ мм}^3$ чернил. На бумаге шариковая ручка оставляет канавку глубиной и шириной $0,1 \text{ мм}$, заполненную чернилами. Вычислим длину канавки, которую можно заполнить всеми чернилами, содержащимися в ручке.

Площадь канавки $S_1 = 0,01 \text{ мм}^2$. Чтобы ее объем был равен V , она должна иметь длину

$$l = \frac{V}{S_1} = \frac{910 \text{ 000} \text{ мм}}{0,01 \text{ мм}^2} = 910 \text{ м.}$$

15. Курс — на север

Измерив расстояние по глобусу* от юго-западной оконечности Аляски до Австралии (мы взяли точку

* Измерять расстояние нужно именно по глобусу (с помощью нитки). При измерении таких расстояний по карте возможна ошибка до 1000 км.

20° южной широты и 150° восточной долготы, поскольку в этом месте на побережье Австралии замечена выемка), получаем расстояние 9500 км. Скорость движения получим, разделив это расстояние на время в 275000000 лет. Получаем $v = 3,45 \cdot 10^{-5}$ км/год = = 3,45 см/год. Интересно, что как раз с такими скоростями растут живые организмы — растения и животные.

16. Бандитская пуля

За то время, за которое пуля пролетела расстояние $S_1 = 4$ м со скоростью $v_1 = 600$ м/с перпендикулярно рельсам, вагон успел проехать расстояние $S_2 = 0,1$ м с искомой скоростью v_2 . Имеем два движения с общим временем. Находим это время t по движению пули и, подставляя в формулу для движения вагона, находим v_2 :

$$t = \frac{S_1}{v_1};$$

$$v_2 = \frac{S_2}{t} = \frac{S_2 v_1}{S_1} = 15 \text{ м/с}.$$

17. Новый вид городского транспорта

Сначала разберемся, с какой скоростью движется гусеница танка с точки зрения танкиста. Понятно, что эта скорость такая же, как скорость движения танка относительно земли.

Теперь обратим внимание, что каждая точка гусеницы участвует одновременно в двух движениях: вместе с танком и относительно танка. Для верхней точки гусеницы (точки А) величины этих скоростей складываются, поскольку обе скорости направлены в одну сторону, так что скорость этой точки относительно земли 24 м/с; для нижней точки В эти две скорости противоположны, так что скорость этой точки относительно земли равна нулю. В этом легко убедиться, посмотрев на гусеницу танка или трактора во время движения. Участки гусеницы, соприкасающиеся с землей, явно неподвижны, они лежат на земле, а по ним движутся колеса. Верхние участки гусеницы движется явно быстрее, чем башня танка.

18. Пусть полное время движения пешехода равно t . Тогда в течение времени $2t/3$ он прошел расстояние $S_1 = v_1 \cdot 2t/3$, а за время $t/3$ — расстояние $S_2 = v_2 \cdot t/3$. Тогда его средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_1 + S_2}{t} = \frac{v_1 \cdot \frac{2}{3}t + v_2 \cdot \frac{1}{3}t}{t} = \frac{2v_1 + v_2}{3} = 4 \text{ км/ч}.$$

19. За $t = 6$ с велосипедист проедет $S_1 = v_1 \cdot t = 30$ м. Поезд длиной $l = 120$ м за это время пройдет расстояние $S_2 = S_1 + l = 150$ м. Значит, его скорость

$$v_2 = \frac{S_2}{t} = 25 \text{ м/с}.$$

20. Скорость сближения мальчика и лодки равна $v_1 + v_2 = 4$ м/с. Расстояние между ними уменьшилось на $l = 400$ м. Время, за которое это произошло,

$$t = \frac{l}{v_1 + v_2} = 100 \text{ с}.$$

Расстояние, которое дельфин проплыл за это время, $S = v_3 \cdot t = 500$ м.

21. Чтобы вся автоколонна длиной $l_1 = 400$ м прошла мост длиной $l_2 = 600$ м, головная машина должна пройти расстояние $S = l_1 + l_2 = 1000$ м. Зная скорость $v = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$, находим время $t = 100$ с.
22. На фото длина носовой части — 1 см, это означает, что все размеры и расстояния на фото в 1000 раз меньше, чем натуральные. Чтобы найти скорость самолета, нужно знать, какое расстояние он пролетел за время съемки (оно и называется выдержкой). Поскольку фотография смазана, нужно найти расстояние, пройденное хотя бы одной точкой самолета. Проще всего это сделать для кончика хвоста, тогда получим, что это расстояние на фото составляет 2 см. Тогда в реальности самолет пролетел за время съемки 20 м. Разделив это расстояние на время выдержки, получим $v = 200 \text{ м/с}$.

23. Еще один рассказ барона К.Ф.И. Мюнхгаузена

Если оба поезда идут с одинаковой скоростью $v_1 = 60 \text{ км/ч}$ и вышли со станции с интервалом $t_1 = 10 \text{ мин} = 1/6 \text{ ч}$, то с момента отправления второ-

го поезда расстояние между ними не меняется. Оно равно расстоянию, которое прошел первый поезд до отправления второго:

$$S = v_1 t_1 = 10 \text{ км}.$$

Рассмотрим движение барона от встречи с первым поездом до встречи со вторым. В момент встречи Мюнхгаузена с первым поездом расстояние между ним и вторым поездом было равно $S = 10 \text{ км}$. Так как он встретил второй поезд через время $t_2 = 6 \text{ мин} = 1/10 \text{ ч}$, то скорость сближения барона со вторым поездом

$$v_{\text{обр}} = \frac{S}{t_2} = 100 \text{ км/ч}.$$

Тогда скорость барона $v_2 = v_{\text{обр}} - v_1 = 40 \text{ км/ч}$.

24. Пусть расстояние от А до В равно S , скорость лодки относительно воды равна v , а скорость течения равна u . Плот плывет по течению со скоростью u , а лодка — со скоростью $v+u$. Известно что

$$\frac{S}{v+u} = t_1 = 3 \text{ ч};$$

$$\frac{S}{u} = t_2 = 12 \text{ ч}.$$

Нужно найти, за какое время t_3 лодка пройдет это расстояние против течения со скоростью $v-u$. Это время

$$t_3 = \frac{S}{v-u}.$$

Выразим из первых двух формул u и $v+u$:

$$u = \frac{S}{t_2};$$

$$v+u = \frac{S}{t_1}$$

и выразим $v-u$:

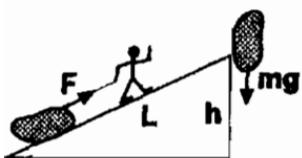
$$v-u = (v+u) - 2u = \frac{S}{t_1} - 2 \frac{S}{t_2} = S \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) = S \left(\frac{1}{3 \text{ ч}} - \frac{1}{12 \text{ ч}} \right) = \frac{S}{6 \text{ ч}}.$$

Подставляя в третью формулу, получаем $t_3 = 6 \text{ ч}$.

25. $1,3 \cdot 10^8$ с = 4,12 лет.
27. Шел бархан, преград не зная
На 3650 м.
28. Летите, голуби, летите!
25,5 ч.
29. $S = 4,7 \cdot 10^{11}$ м; $v = 30000$ м/с.
30. Кавказская пленница
Если пленница будет уверена, что ее похитители движутся все 2 ч с постоянной скоростью, то, посчитав количество километровых столбов, промелькнувших за 10 мин, и умножив его на 12 (объясните, почему), она узнает искомое расстояние.
31. Крыша поехала
В задаче описаны два движения с общим расстоянием. Дядя Васина крыша ехала 9 ч со скоростью 30 км/ч, следовательно, она проехала 270 км. Дядя Вася пробежал эти 270 км за 6 ч, следовательно, он гнался за крышей со скоростью 45 км/ч.
32. Плавали — знаем!
«Вся неделя, кроме 3 ч на передышки» — это 165 ч, или 9900 мин. Следовательно, ширина реки составляет $S = vt = 20 \text{ м/мин} \cdot 9900 \text{ мин} = 198 \text{ км}$ — это уже не ширина реки, а небольшое морское плавание (например, от Ялты до Керчи).
33. Ван Дамм может с вдвое меньшей силой разогнать Спящую красавицу до невероятной скорости, но ему понадобится для этого вдвое большее время.
34. В формулу (4) нужно подставить силу, которую прикладывает супермен-«паровоз» к поезду, время разгона, а также суммарную массу «вагонов».
35. Подставив в формулу (4) время $t = 1$ с и выражение для силы тяжести $F = mg$, где $g = 10 \text{ Н/кг}$, получим соотношение $v = 10 \text{ м/с}$. Как ни странно, скорость, которую тело приобретает под действием силы тяжести, не зависит от массы! Грубо говоря, пушечное ядро и дробинка, падая одно и то же время, приобретут одну и ту же скорость.
36. Работа, которую совершает человек, равна работе, произведенной над грузом: $A_1 = A_2$.
Поскольку трос в руке человека и груз проходят

при подъеме груза одинаковые расстояния, сила, приложенная человеком, равна силе тяжести груза. Так что никакого выигрыша в силе с помощью неподвижного блока получить нельзя. Используют его потому, что с помощью блока удобнее прикладывать нужную для подъема силу.

37. Опять учтем, что работа, совершенная человеком, равна работе, произведенной над грузом: $A_1 = A_2$. Если втащить груз по наклонной плоскости, прикладывая силу F , груз пройдет расстояние L , равное длине наклонной плоскости (см. рисунок), тогда $A_2 = FL$.



Подая вертикально с наклонной плоскости, груз может совершить работу $A_2 = mgh$. Из равенства этих работ следует: $F = mgh/L$. Это означает, что, втачивая груз по наклонной плоскости, мы выигрываем в силе: $F/mg = h/L$.

К примеру, если длина наклонной плоскости вдвое больше ее высоты, мы можем втянуть груз, прикладывая силу, вдвое меньшую, чем сила тяжести груза. Наклонная плоскость известна с древности, именно она позволяла поднимать грузы, неподходящие для подъема напрямую при сооружении египетских пирамид, греческих храмов и т.д.

38. «Эх вы, мускулы стальные...»

Если бы рука с портфелем разгибалась, она бы двигалась вокруг оси вращения O , расположенной в локтевом суставе. Будем считать, что рука представляет собой рычаг. С одной стороны, на нее действует сила тяжести портфеля $F_T = mg$ (m — масса портфеля), с другой стороны, на нее действует сила со стороны бицепса F_b . По правилу моментов этот рычаг будет в равновесии при условии $mgd_1 = F_b d_2$, где d_1 и d_2 — плечи сил. В нашем случае (см. рис. на с. 283) $d_1 = 25$ см — расстояние от локтя до портфеля, $d_2 = 2,5$ см — расстояние от локтя до точки прикрепления бицепса к локтевой кости. Из правила моментов видно, что сила бицепса должна быть в 10 раз больше, чем сила тяжести портфеля.

39. По определению мощности $N=A/t$. Работа А по подъему бадьи в нашем случае складывается из двух

частей: работы $A_1=m_1gh$, необходимой для поднятия самой бадьи, и работой, необходимой для поднятия тяжелой цепи. Сложность в том, что разные точки цепи приходится поднимать на различные высоты: верхняя точка цепи почти не поднимается, а нижняя поднимается на ту же высоту, что и бадья. Мы будем считать, что цепь в целом поднимается на высоту, равную половине глубины колодца, тогда $A_2=m_2gh/2$. Подставляя обе работы в формулу мощности, получим

$$N = (2m_1 + m_2)gh/2t.$$

Подставляя данные, учтем, что масса цепи $m_2=18$ кг, и не забудем перевести время в секунды. Получается $N=270$ Вт.

40. «Человек-машина?»

Во всех примерах будем рассчитывать мощность по формуле $N=A/t=mgh/t$.

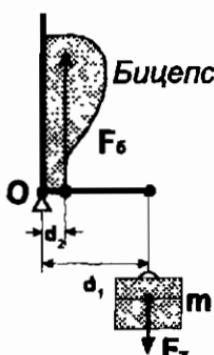
Подъем по лестнице (на один этаж): $m=50$ кг, $h=2,5$ м, $t=5$ с, $N=250$ Вт, примерно треть лошадиной силы.

Прыжок в высоту: Допустим, вы прыгнули на высоту $h=1,7$ м. Чтобы правильно рассчитать мощность, нужно учесть, что вы совершаете работу только до тех пор, пока не оторвались от земли. Будем считать, что это время $t=0,1$ с. Тогда развиваемая вами мощность $N=8500$ Вт, примерно 11,5 лошадиных сил.

«Упал-отжался!»: Будем считать, что солдат массой $m=80$ кг при отжимании поднимается на высоту $h=0,5$ м. Тогда $N=480$ Вт. Для рекордсмена из Книги рекордов Гиннеса считаем, что он, стоя на руках, каждый раз поднимается на длину вытянутых рук, т.е. на высоту $h=0,7$ м. При массе $m=80$ кг получаем мощность рекордсмена $N=309$ Вт.

41. «Ку-ку!»

В часах-ходиках работу производят поднятая гиря, которая постепенно опускается. Раз в сутки гирю подтягивают — поднимают на высоту около 1,5 м.



Масса гири приблизительно равна 200 г. Отсюда можем найти мощность

$$N = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{24 \cdot 3600 \text{ с}} = 0,000035 \text{ Вт.}$$

43. Образец таких рычагов — конечности человека и животных. К примеру, бицепс при сгибании руки, поднимающей груз, должен развивать гораздо большую силу, чем сила тяжести груза (см. задачу №39). Зачем нужно такое свойство природных рычагов? Скажем, человек увидел опасного хищника и должен быстро вскочить на ноги или быстро поднять камень для защиты. Его выживание зависит от выигрыша в скорости движения. Для этого нужно до предела уменьшить время движения и увеличить расстояние, на которое за это короткое время перемещается конечность. Проигрывая в расстоянии, мы в такой ситуации проиграли бы жизнь.

45. Поезд едет сам собой

Что делать, если паровоз уехал (вместе со своим двигателем), а поезд нужно срочно увезти из-под носа врагов? Нет ли у инженера Коржевникова в запасе еще какого-нибудь двигателя? Есть! Это двигатели самолетов, стоящих на платформах.

Коржевников приказал запустить моторы самолетов. И поезд поехал вперед на их тяге.

46. Безмен

Напрашивающиеся ответы, что безмен покажет 130 Н (100+30) или 70 Н (100-30), неверны. Для того, чтобы безмен показал 100 Н, необходимо приложить к обоим его концам силы в 100 Н. В нашем случае сила в 100 Н, приложенной взрослым, противодействует сила ребенка, которая не превышает 30 Н. Поэтому взрослый не сможет тянуть безмен с силой более 30 Н — именно такую величину и покажет указатель безмена.

Кому это представляется неправдоподобным, пусть рассмотрит случай, когда ребенок, держа безмен, вовсе не тянет его к себе: сможет ли взрослый в этом случае вытянуть на безмене хотя бы один грамм?

(По Я. Перельману)

47. «На всякого мудреца»

Аристотель считал, что «антиподы» свалились бы с Земного шара «вниз». После того, как выяснилось, этого не происходит, стало понятно, что «низ» — это направление к центру Земли и эти направления для разных точек на Земле различны.

48. Для ясности предположим, что трение между бочкой и доской мало. В случае б) сила, с которой приходится удерживать бочку, приложена к одному участку веревки, в случае а) эта же сила распределяется на два участка — верхний и нижний. Это означает, что человек в случае а) должен прикладывать силу вдвое меньшую, чем в случае б).

49. Спор в Цветочном городе

И забивая гвоздь, и ввинчивая шуруп (того же диаметра), мы должны совершить примерно одну и ту же работу, которая идет на разрушение дерева. Но при забивании гвоздя сила прикладывается на расстоянии, равной длине гвоздя, а при вкручивании шурупа — на расстоянии, равной длине винтовой линии, которая явно больше. Из равенства работ следует, что сила, необходимая для ввинчивания шурупа, меньше, чем для забивания гвоздя.

50.

$$V_n = d_n^3 = \frac{1}{10^{27}} \text{ м}^3;$$

$$m_n = \pi V_n = \frac{1}{10^{24}} \text{ кг}.$$

1

51. В капле бензина примерно 10^{18} молекул, в микробе — $5 \cdot 10^{12}$, в пылинке — от 10^{12} до 10^{17} , в теле взрослого человека около $7 \cdot 10^{26}$ молекул.

52. Весь миллион тонн нефти растечется тонким слоем — толщина этого слоя будет равна диаметру молекулы. Поэтому

$$S = \frac{V}{d_n} = \frac{m}{\rho d_n} = \frac{10^6 \text{ кг}}{800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{1}{10^{24} \text{ м}}} = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ м}^2.$$

Эта площадь больше площади земной поверхнос-

ти ($5,1 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$) приблизительно в 2,45 раза и больше площади Мирового океана ($2/3$ поверхности Земли) в 3,67 раза. Следовательно, нефть покроет весь мировой океан слоем в 3—4 молекулы.

Площадь Мирового океана составляет $2/3$ поверхности Земли, т. е. $3,4 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$. Тогда объем нефти должен быть равен этой площади, умноженной на диаметр молекулы, а чтобы найти массу, необходимо этот объем умножить на плотность нефти:

$$V = S \cdot d_m = 3,4 \cdot 10^{14} \text{ м}^3;$$

$$m = \rho V = 2,7 \cdot 10^6 \text{ кг} = 270000 \text{ т.}$$

53. Вес спасателя нужно разделить в первом случае на площадь его ступней, а во втором — на площадь, которую он занимает, лежа на льду. Пусть масса спасателя — 75 кг (вес $F = 750 \text{ Н}$), площадь ступней $S_1 = 560 \text{ см}^2 = 0,056 \text{ м}^2$, а площадь, которую он занимает лежа, $S_2 = 0,85 \text{ м}^2$. Тогда в первом случае он оказывает на лед давление $p_1 = 13400 \text{ Па}$, а во втором — $p_2 = 880 \text{ Па}$.
54. Разведчик должен оказывать на лед возможно меньшее давление. Это можно сделать, либо уменьшив силу, с которой разведчик давит на лед, либо увеличить площадь опоры.

Уменьшить силу можно, если при сильном ветре растянуть над собой кусок материи, например, одежду. Часть силы, с которой ветер будет действовать на одежду, будет направлена вверх. Увеличить площадь опоры можно, прикрепив к ногам лыжи или другие легкие предметы с большой площадью, скажем, тонкие листы фанеры.

- 55—58. Во всех этих случаях увеличивается площадь опоры, и поэтому уменьшается давление на грунт.
59. Чтобы определить давление, надо знать силу давления и площадь опоры. Силу давления определить нетрудно, она равна силе тяжести шара $F = mg$, массу m можно найти взвешиванием. Определить площадь опоры s кажется вообще невозможным. Может быть, она равна нулю, поскольку шар соприкасается с плоской плитой одной точкой? Тогда дав-

ление должно быть бесконечно большим и должно разрушить сам шар и плиту, что никак не соответствует действительности. В чем же дело?

Представим для начала, что на плите находится воздушный шар. Видно, что он из-за деформации соприкасается с плитой не одной точкой, а площадкой в форме круга.

Стальной шар тоже деформируется, но площадка получается очень маленькой. Можно ли все-таки определить ее площадь? Хорошо было бы, если бы шар оставил какой-нибудь след своего контакта с плитой. Как этого добиться? Проще всего покрыть шар сажей — тогда на плите после снятия шара останется черный след. Если он слишком мал для измерения, след можно рассмотреть под специальным микроскопом или сфотографировать с известным увеличением.

60. «Райское наслаждение»

Давление танка на лед можно узнать, разделив вес танка $F=mg$ на площадь обеих его гусениц $S=2l \cdot d$:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{2l \cdot d} = \frac{1600\text{кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{2 \cdot 2\text{м} \cdot 0,2\text{м}} = 20000\text{Па}.$$

Поскольку лед выдерживает только давление в 18000 Па, танк провалится и пойдет ко дну.

61. Нужно определить давление, которые оказывают на стойку полный и пустой стакан. Как и в задаче 70, силы давления определить нетрудно обычным взвешиванием, основная трудность — определить площади соприкосновения стакана со стойкой в обоих случаях. Наверное, вы уже догадались, как это сделать: нужно «испачкать» дно и ободок стакана сажей, мелом или еще чем-нибудь в этом роде. Если ковбой будет возражать, чтобы его стакан пачкали, можно поставить стакан на копирку, а под копирку подложить лист миллиметровой бумаги. Подсчитав число клеточек в отпечатке, вы найдете его площадь.

- 62.** Масса Пизанской башни $m = 1,4 \cdot 10^7$ кг, радиус ее основания $r = 5$ м. Тогда давление, которое она оказывает на почву,

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\pi r^2} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

- 63.** Объем каждого слитка $V = 1000 \text{ см}^3 = 0,001 \text{ м}^3$. Каждый из археологов повез 5 золотых слитков и 2 платиновых, следовательно, масса груза на каждом велосипеде

$$m = V \cdot (5\pi_3 + 5\pi_n) = 0,001 \text{ м}^3 \cdot \left(5 \cdot 19320 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 2 \cdot 21460 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) = 139,52 \text{ кг.}$$

Добавив массы самих велосипедистов, получаем, что на велосипед Недоспатоса нагружена масса 199,52 кг, а на велосипед Табуретоса — 209,52 кг. Следовательно вес, действующий на велосипед Недоспатоса, равен 1995,2 Н, а на велосипед Табуретоса — 2095,2 Н. Значит, Недоспатос доедет до гостиницы, а Табуретосу придется вести велосипед пешком.

- 64.** Непрерывно уменьшается плотность теста, когда оно «подходит»: масса его почти не меняется, а объем заметно увеличивается. Плотность воздушного шарика непрерывно уменьшается, когда мы его надуваем, и непрерывно увеличивается, если воздух выходит из него.

- 65. Дают — бери!**

Объем V солдатских карманов не зависит от того, что в них лежит. Поэтому масса медных монет в карманах $m_m = \rho_m V$, а масса золотых монет $m_z = \rho_z V$. По условию масса медных монет равна половине пуда, или 8 кг. Значит,

$$m_z = \rho_z V = \rho_z \frac{m_m}{\rho_m} = 19320 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{8 \text{ кг}}{8940 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 17,3 \text{ кг.}$$

- 66. Почти даром**

У куба 6 одинаковых граней. Поэтому площадь одной грани кубика равна 49 см^2 , а ребро куба дли-

ной $l = 7$ см. Тогда объем кубика равен $V = l^3 = 343$ см³ = 0,000343 м³. Найдем плотность кубика:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0,8575 \text{ кг}}{0,000343 \text{ м}^3} = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Междуду тем плотность алмаза равна 3500 кг/м³. Найденная нами плотность близка к плотности стекла (2400—2700 кг/м³). Следовательно, этот кубик покупать не следует.

67. Чепуха на постном масле...

Напомним, что літр — единица *объема*, а килограмм — единица *массы*.

Путаница возникла из-за того, что покупательница считала: літр всегда имеет массу ровно килограмм. Легко убедиться, что это не так: в літровую бутылку влезет, например, около 2 кг меда и больше 30 кг ртути. Літр вмещает в точности килограмм только одного вещества — воды, да и то, если она имеет температуру 4°C. Это совпадение происходит потому, что килограмм когда-то и определили как массу одного літра вот такой холодной воды.

Поскольку продавец брал деньги за 40 л, покупательнице он не должен.

68. Мягкая вода

«Мягкую воду» легко наблюдать во время обычной стирки: даже на ощупь пена мягче обычной воды. Если бы неловкий прыгун ударился не о воду, а о пену — травм можно было бы избежать. Можно ли получить пену без мыла? Посмотрите на бутылку, шампанского или газировки, когда ее открывают: жидкость сильно вспенивается с помощью растворенного газа. Прыгунам не обязательно прыгать в шампанское — можно вспенить воду, продувая через нее обычный воздух под сильным давлением. Включать продувание мог бы тренер, видя, что прыжок не удался.

69. Воздушные создания

Проведем расчет для человека массой 40 кг (типичная масса семиклассника). Пусть вы живете в комнате размерами 5 м · 3 м · 3 м. Тогда объем

комнаты $V_1 = 45 \text{ м}^3$, а масса воздуха в ней $m_1 = \rho V = 58,5 \text{ кг}$, что в 1,46 раза больше массы семиклассника. Впрочем, и семиклассники, и комнаты, в которых они живут, бывают разные.

Стандартные размеры класса $10 \text{ м} \cdot 6 \text{ м} \cdot 3 \text{ м}$. Значит, его объем $V_2 = 180 \text{ м}^3$, а масса воздуха в нем равна 234 кг, что в 5,85 раз больше, чем принятая нами средняя масса семиклассника.

70. «Не лезь в бутылку!»

Вспомните историю «Чаепитие на Бейкер-стрит», когда в стакан, полностью занятый водой, поместились изрядная порция сахара. Мы объяснили этот опыт, представив себе, что все вещества состоят из молекул, между которыми есть пустое пространство, поэтому молекулы одного вещества могут размещаться между молекулами другого. Это же явление происходит при растворении спирта в воде. Из-за этого смесь может занимать меньший объем, чем отдельные вещества: если вы в полное ведро с яблоками всыпаете полведра пшена, объем смеси составит одно ведро.

Выступая экспертом в суде, вы можете всё это рассказать, а в доказательство слить прямо в суде полмензурки спирта и полмензурки воды (мензурки одинаковые). Полученная смесь не заполнит мензурку.

71. В таблице на с. 344 находим массу Земли $M=6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ и там же находим массу молекулы воды $m_b=3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$. Массы молекул могут отличаться в 100 раз, будем считать среднюю массу молекулы $m=10m_b=30 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$. Тогда число молекул $N=M/m=2 \cdot 10^{49}$.

72. Как сделать, чтобы молекулы воздуха проникли наружу, если шарик герметично закрыт? С «точки зрения» молекулы, находящейся внутри шарика, перед ней не сплошная стена из резины, а толпа других молекул, между которыми есть промежутки размером опять же с молекулу. Поскольку и молекулы воздуха, и молекулы резины быстро и беспорядочно движутся, неудивительно, что молекулы воздуха через промежутки между молекулами резины постепенно оказываются снаружи.

73. Молекулы пахучих веществ отделяются от них и, постепенно проникая между молекулами воздуха, достигают носа — в этот момент мы чувствуем запах. В пользу такой точки зрения свидетельствует то, что чем ближе к нам пахучее вещество, тем скорее мы почувствуем запах, и тем сильнее будет это ощущение. Если вещество или воздух нагреты — запах распространяется быстрее и становится сильнее. Это понятно, если вспомнить, что большая температура означает большую скорость движения молекул.
74. Понятно, что площадь опоры кирпича не изменяется при наклоне доски, но что происходит с силой давления? Нетрудно понять, что она уменьшается, когда возрастает угол наклона. Когда доска вертикальна, кирпич не давит на нее, он просто падает, скользя вдоль доски. В том, что с ростом угла наклона сила давления кирпича на опору уменьшается, можно разобраться буквально на собственной шкуре. Положите кирпич (или, скажем, гирю) на ладонь и медленно наклоняйте ладонь, сгибая руку в локте. Вы почувствуете, что давление уменьшается.
75. Крепость волоса можно измерять предельной нагрузкой, которую можно на него подвесить до того, как волос порвется. Если реклама не врет, волос после мытья должен выдержать нагрузку, в 2,5 раз большую, чем до него.
76. «В флибустьерском дальнем синем море...»
Высота корабля на фотографии — примерно 1 мм, высота ножки гриба — 12 мм. Считая, что натуральная высота корабля $h = 15$ м, получаем высоту водяного столба $H = 180$ м: это уже не столб, а водяная гора!
Давление, которое удерживает этот столб, создано взрывом. Оценить его можно с помощью известной формулы $P = \rho g H = 10^3 \cdot 10 \cdot 180 = 1,8 \cdot 10^8$ (Па) = = 18 атм.
77. Марианский желоб.
Давление будет равно $1,1 \cdot 10^8$ Па. Типичный батискаф имеет длину 10 м и ширину 5 м. Тогда площадь продольного сечения батискафа — 50 м², а сила — $5,5 \cdot 10^9$ Н.

78. «Лечь бы на дно, как подводная лодка...»

Люк подводной лодки имеет площадь около 1 м^2 (в него свободно должен пройти человек). Если лодка находится на глубине 100 м, то давление

$$p = \rho gh = 1 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Сила давления $pS = 1 \cdot 10^6 \text{ Н}$, такую силу не может приложить даже тяжелоатлет-рекордсмен.

79. Диковинная рыба

Глубоководные рыбы находятся под огромным давлением воды. При глубине 2 мили (3,7 км) это давление составляет $3,7 \cdot 10^7 \text{ Па}$, или 370 атм. Подводная лодка, оказавшаяся на такой глубине, будет раздавлена, как яичная скорлупа. Почему же это колоссальное давление не раздавит рыбу? Потому, что внутри у нее поддерживается такое же давление, и на глубине рыба никакого давления не ощущает. Но если эту рыбу быстро вытащить на поверхность, внешнее давление упадет в 370 раз, и внутренне давление просто разорвет ткани рыбы. Может быть, глубоководная рыба останется невредимой, если поднимается на поверхность медленно, чтобы внутреннее давление успевало выравниваться с внешним. Но постоянно жить в таких непривычных условиях рыба вряд ли может. Так что Врунгель скорее всего присоединил.

80. Мировой рекорд

$$1,05 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

81. Тонометр для жирафы

Давление должно быть достаточным, чтобы удержать столб крови на высоте, равной росту жирафы. Если ее рост $h \approx 6 \text{ м}$, то давление крови $p = \rho gh = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3 \cdot 10 \text{ м}/\text{с}^2 \cdot 6 \text{ м} = 6 \cdot 10^4 \text{ Па} = 459 \text{ мм рт.ст.}$ (мы считали плотность крови примерно равной плотности воды).

Не слишком ли это много? Точных ответа авторы не знают. Но если вы хотите убедиться, что ответ правдоподобен, переведите нормальное давление человека в единицы «кровяного столба»:

$$P_c = 120 \text{ мм рт.ст.},$$

$$h_{kp} = h_{pm} \frac{\rho_{pm}}{\rho_{kp}} = 0,12m \cdot 13,6 = 1,63 \text{ м} — \text{ величина, близ-}$$

кая к среднему росту человека.

82. «Змея, смири!»

Чтобы змея погибла, должна выйти из строя какая-либо из систем змейного организма: опорно-двигательная, нервная или кровеносная. Порваться под действием собственного веса змея вряд ли может: нагрузки, которые она испытывает в обычной жизни, спасаясь от преследования или бросаясь на жертву, никак не меньше, чем сила тяжести змеи.

Представить, что змея погибла от нервного стресса оттого, что ее взяли в руки, тоже затруднительно: змеи — очень спокойные животные, и вы наверняка часто видели, как дрессировщики или биологи держат змею без всякого вреда для нее. Чтобы выяснить, как обстоят дела с кровеносной системой, вспомним, что она «расчитана» на определенное давление: этого давления должно быть достаточно, чтобы сердце могло поднять кровь на высоту, на которой находится голова (см. задачу №98 «Тонометр для жирафы»). При обычном образе жизни голова метровой змеи поднимается на $h=20—25$ см, так что нормальное давление крови у нее можно оценить по формуле $P_1=\rho gh=10^3 \cdot 10 \cdot 0,25=2500$ (Па). Если ту же змею расположить вертикально ($H=1$ м), необходимо давление крови $P_2=\rho gH=10000$ (Па), т.е. в 4 раза большее. Если змея вертикально расположена головой вверх, ее сердце теперь не сможет обеспечить кровью голову; если головой вниз, то давление в сосудах головы будет слишком большим, и сосуды не выдерживают.

83. Как поссорились королева Анна и герцог Бекингем

Северное море сообщается через Ла-Манш с Атлантическим Океаном, который в свою очередь через Гибралтарский пролив сообщается со Средиземным морем. Значит, английскому министру и французской королеве ссориться незачем — высоты, отсчитанные от Средиземного моря и от Северного равны, — эти моря представляют собой сообщающиеся сосуды.

85. Эврика!

Нужно найти вес короны в воздухе и в воде. Их разность — выталкивающая сила, действующая на корону со стороны воды. Сравнив ее с весом короны в воздухе, находим плотность металла, из которого сделана корона:

$$F_A = \rho_a g V;$$

$$F_{\max} = \rho_w g V;$$

$$\rho_m = \rho_a \frac{F_{\max}}{F_A}.$$

Такое измерение плотности намного точнее, чем измерение методом вытесненной воды.

86. Покорение стихии

Для всплытия и погружения рыба может использовать два механизма:

1) изменить свою среднюю плотность — для этого рыбы используют плавательный пузырь. Уменьшая или увеличивая объем пузыря, рыба меняет среднюю плотность своего тела. При наименьшем объеме пузыря плотность рыбы больше плотности воды, при наибольшем объеме — меньше.

2) рыба может всплывать или погружаться «человеческим» способом — отталкиваясь от воды и сдавая за счет этого силу тяги в нужном направлении. Понятно, человек отталкивается от воды руками и ногами, а рыба — хвостом.

Подводные лодки всплывают и погружаются способом, похожим на первый рыбий способ. Роль плавательного пузыря в подводных лодках играют специальные цистерны, которые для погружения заполняются водой, а для всплытия продуваются сжатым воздухом, вытесняющим воду.

88. И на крышку, и на стенки сундука действует сила атмосферного давления

$$F = p_a S = 10^5 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^2 = 10^5 \text{ H}.$$

Чтобы открыть крышку сундука, нужно приложить силу около 20 Н. Такое несоответствие объяс-

няется тем, что воздух изнутри сундука тоже оказывает на крышку давление, равное атмосферному.

Чтобы сила атмосферного давления стала ощущимой, следует выкачать из сундука воздух и герметично закрыть крышку. Тогда для того, чтобы открыть крышку, надо будет приложить силу, равную 10^5 Н.

Не верите? Тогда возьмите стеклянный стакан, приложите его ко рту и втяните воздух из стакана через рот. Сможете ли вы оторвать стакан ото рта до тех пор, пока не выдохнете воздух обратно в стакан?

89. Из объема присоски выталкивается воздух, и давление внутри нее поэтому понижается. На внутреннюю поверхность действует пониженное давление P , а на внешнюю по-прежнему действует атмосферное давление P_A . Из-за разности давлений возникает сила $F = (P_A - P)S$, направленная внутрь присоски (S — площадь поверхности присоски).

90. Выдох заканчивается, когда давление в легких сравнивается с атмосферным давлением. Вдох начинается с того, что специальные мышцы принудительно расширяют грудную клетку. Давление в ней уменьшается, поэтому наружное (атмосферное) давление вгоняет свежий воздух в легкие, и они расширяются вместе с расширением грудной клетки до тех пор, пока давление в легких не сравняется с атмосферным. При выдохе мышцы принудительно сжимают грудную клетку, давление в легких повышается и воздух выходит из них до тех пор, пока давление внутри не сравняется с атмосферным.

Вода при питье втягивается в рот вместе со струей воздуха, которая устремляется в рот при расширении грудной клетки.

92. Как только давление падает, воздух из областей высокого давления устремляется в зону пониженного давления — поднимается ветер. Если приходит влажный воздух — возможен дождь.

93. Выталкивающая сила со стороны атмосферы

$$F_A = \rho_{\text{возд}} g V_{\text{чел.}}$$

Подставляя объем тела человека

$$V_{\text{чел}} = \frac{m_{\text{чел}}}{\rho_{\text{чел}}},$$

получаем

$$F_A = m_{\text{чел}} g \frac{\rho_{\text{воды}}}{\rho_{\text{чел}}}.$$

Подставляя $m_{\text{чел}} = 70 \text{ кг}$, $\rho_{\text{чел}} = 1040 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{\text{воды}} = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$, получаем $F_A = 0,0875 \text{ Н}$.

94. Плотность атмосферы должна быть равной плотности самого Винни-Пуха, т.е. примерно плотности воды. Это примерно в 800 раз больше, чем плотность обычного воздуха у поверхности земли.
95. Сравним мячик, всплывающий из-под воды, и воздушный шарик, всплывающий в атмосфере. Плотности воды постоянна, на мячик внутри жидкости действует постоянная выталкивающая сила до тех пор, пока он не дойдет до поверхности, в результате мячик выскакивает из воды. Воздушный шар всплывает в атмосфере, плотность которой убывает с высотой. Поэтому архимедова сила будет постепенно уменьшаться и в конце концов исчезнет, когда плотность окружающего воздуха сравняется со средней плотностью шара.

Дальше шар подниматься не будет.

Есть и еще одна особенность атмосферы, которую нужно иметь в виду: у нее нет «поверхности», четкой границы, которой мог бы достигнуть поднимающийся шар.

96. Давление столба жидкости

$$p = \rho gh,$$

где ρ — плотность жидкости, а h — высота столба жидкости. В изображенных на рисунках сосудах столб одной и той же жидкости (воды) имеет одну и ту же высоту, следовательно, давление на дно будет одинаково во всех сосудах.

У ртути плотность в 13,6 раз больше, чем у воды, а у спирта — в 1,25 раза меньше, чем у воды. Значит, если заменить воду ртутью, то давление увеличится в 13,6 раз, а если спиртом — то уменьшится в 1,25 раза.

97. Загадочный колодец.

Как сделать, чтобы яма снова наполнилась водой до прежнего уровня? Один из вариантов — она может сообщаться с другим водоемом, содержащим намного больше воды (например, с горным озером). Уровень воды в колодце будет совпадать с уровнем воды в озере. При этом озеро может находиться очень далеко — важно, чтобы озеро и колодец были сообщающимися сосудами.

98. Понятно, что больше всего воды в первом сосуде: легко увидеть, что второй сосуд можно целиком разместить внутри первого, а третий сосуд — внутри второго. Поэтому сила тяжести воды наибольшая в первом сосуде, наименьшая — в третьем. Но, как ни удивительно, давление на дно во всех трех сосудах одинаково. Во-первых, это видно из формулы давления для столба жидкости $P = \rho gh$. Откуда понятно, что давление столба жидкости зависит только от высоты столба. В этом легко убедиться на опыте, сделав дно каждого сосуда не из стекла, а из резиновой пленки, например, от детского воздушного шарика. Во всех трех сосудах такое дно под давлением воды будет прогибаться одинаково. Эта особенность жидкостей — независимость давления от формы сосуда — называется гидростатическим парадоксом.

99. Так как давление столба жидкости $P = \rho gh$, то давления жидкостей на дно каждого из стаканов разные: для воды $P_w = \rho_w gh$, а для керосина $P_k = \rho_k gh$. Поскольку эти разные давления создают одну и ту же силу давления, ДОНЬЯ этих сосудов (да, множественное число от слова «дно» образуется именно так!) имеют разные площади. Можно вычислить отношения этих площадей:

$$F_w = F_k;$$

$$P_w S_w = P_k S_k;$$

$$P_w gh S_w = P_k gh S_k;$$

$$\frac{S_k}{S_w} = \frac{P_w}{P_k} = \frac{1000 \text{ кг/м}^3}{800 \text{ кг/м}^3} = 1,25.$$

У сосуда с керосином площадь дна в 1,25 раза больше, чем у сосуда с водой.

100. Ступенька в океане

Видимо, в сезон дождей в один из океанов в зоне Панамского канала с суши втекает много пресной воды (например, из разлившихся рек). Эта пресная вода настолько разбавляет океансскую воду в этой зоне, что у нее уменьшается плотность. Из решения задачи №102 видно, что жидкости разных плотностей в сообщающихся сосудах имеют разные уровни.

102. «По воде, яко по суху»

Предположим, что при растворении соли в воде объем вообще не увеличивается. Чтобы люди нетонули в пруду, плотность воды в нем должна стать равной плотности человеческого тела ($1036 \text{ кг}/\text{м}^3$). Так как плотность пресной воды равна $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, нужно засыпать в пруд 36 кг соли на каждый кубический метр воды.

Объем пруда равен $1,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Следовательно, в него следует засыпать $43,2 \cdot 10^6 \text{ кг}$ соли, что составляет 8640 пятитонных ЗиЛов или 864 50-тонных КамАЗов.

103. На шарик, наполовину погруженный в воду, действует архимедова сила, равная весу воды в объеме половины шарика. Динамометр покажет разность сил — тяжести и Архимедовой, — действующих на шарик:

$$F = mg - \rho_s g \frac{V}{2}.$$

Объем шарика можно найти по его массе и плотности мрамора:

$$V = \frac{m}{\rho_{mp}}.$$

Подставляя это в первую формулу, получаем

$$F = mg - \rho_s g \frac{m}{2\rho_{mp}} = mg \left(1 - \frac{\rho_s}{2\rho_{mp}} \right).$$

Подставляя $mg = 1,62 \text{ Н}$, $\rho_s = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{mp} = 2700 \text{ кг}/\text{м}^3$, получаем $F = 1,32 \text{ Н}$.

104. Для того, чтобы система из деревянного и алюминиевого брусков не тонула и не всплывала, нужно,

чтобы сумма сил тяжести, действующая на эти бруски вниз, была равна сумме выталкивающих сил, действующих вверх:

$$F_{\text{тяж}} + F_{\text{выт}} = F_{41} + F_{42}.$$

Сила тяжести, действующая на тело массы m , равна $F_{\text{тяж}} = mg$, а выталкивающая сила

$$F_4 = \rho_{\infty} g V = mg \frac{\rho_{\infty}}{\rho}.$$

Подставляя в первое уравнение, имеем

$$m_1 g + m_2 g = m_1 g \frac{\rho_{\infty}}{\rho_1} + m_2 g \frac{\rho_{\infty}}{\rho_2}.$$

Найдем из этого уравнения m_2 :

$$m_2 \left(1 - \frac{\rho_{\infty}}{\rho_2} \right) = m_1 \left(\frac{\rho_{\infty}}{\rho_1} - 1 \right);$$

$$m_2 \frac{\rho_2 - \rho_{\infty}}{\rho_2} = m_1 \frac{\rho_{\infty} - \rho_1}{\rho_1};$$

$$m_2 = m_1 \frac{\rho_2 (\rho_{\infty} - \rho_1)}{\rho_1 (\rho_2 - \rho_{\infty})}.$$

Подставляя $\rho_{\infty} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\rho_1 = 520 \text{ кг/м}^3$ (для сосны), $\rho_2 = 2700 \text{ кг/м}^3$, $m_1 = 54 \text{ кг}$, получаем $m_2 = 79,2 \text{ кг}$.

105. Оторвались!

На льдину действуют такие силы: ее собственная сила тяжести $m_y g$, вес находящихся на ней учеников $m_y g$ (обе эти силы направлены вертикально вниз) и сила Архимеда, равная $\rho_s V_s g$ и направленная вертикально вверх. Чтобы льдина находилась в равновесии, сила Архимеда должна уравновешивать сумму двух других сил:

$$m_y g + m_y g = \rho_s V_s g.$$

Сокращая на g и выражая массу льдины через ее объем и плотность, получаем

$$\rho_s V_s + m_y = \rho_s V_s.$$

Отсюда можно получить объем льдины

$$V_s = \frac{m_y}{\rho_s - \rho_s}.$$

Откуда площадь льдины

$$S_y = \frac{V_y}{h} = \frac{m_y}{(\rho_s - \rho_w)h}$$

Подставляя $m_y = 1000$ кг, $\rho_s = 900$ кг/м³, $\rho_w = 1000$ кг/м³, $h = 0,4$ м, получаем $S_y = 25$ м².

106. «И за борт ее бросает...»

Для простоты представим, что лодка очень легкая, а гиря сделана из сверхплотного вещества: имеет большую массу — скажем, 100 кг — но ничтожный объем — как у копеечной монеты. Пусть масса гири будет как раз такая, что лодка с этим грузом погружается в воду почти до кромки борта, но внутрь лодки вода не заливается. Если лодка в равновесии, это значит, что архимедова сила равна силе тяжести лодки с гирей.

Теперь выбросим гирю из лодки. Сила тяжести лодки уменьшится, архимедова сила вначале останется прежней и вытолкнет лодку на поверхность. Значительный объем, который занимала лодка, займет вода, и уровень воды в пруду за счет этого уменьшится.

Правда, поскольку в воду нырнула гиря, она вытеснит немного воды, и уровень воды за счет этого чуть-чуть поднимется. Итоговый результат — в пользу понижения уровня.

107. Свет на посадочную площадку!

Как вы думаете, для чего нужен баллон в лампе? Он защищает нить накала от окружающего воздуха: если раскаленная нить соприкасается с воздухом, она моментально сгорает. Поэтому, кстати, внутри лампы воздуха нет, его специально откачивают. Теперь подумайте, нужно ли защищать нить накала от воздуха на Луне, которая не имеет атмосферы?

Эта история с непрочными баллонами действительно произошла при подготовке к полету станции на Луну. Проблему решили так: отрезали баллон напрочь! На Луне, в безвоздушном пространстве, лампа прекрасно сработала и без него.

108. Для того, чтобы присоска удерживала груз массы m , необходимо, чтобы сила атмосферного давления, дей-

ствующая на присоску вертикально вверх (по закону Паскаля) уравновешивала вес груза

$$F_{\text{атм}} = mg;$$

$$P_{\text{атм}} S = mg.$$

Отсюда можем найти площадь присоски (массу человека примем равной 70 кг):

$$S = \frac{mg}{P_{\text{атм}}} = \frac{70\text{кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{100000 \text{Па}} = 0,007 \text{ м}^2 = 70 \text{ см}^2.$$

Присосок такого размера у осьминога, скорее всего, не бывает.

109. Атмосферный столбик

Если считать площадь поверхности человеческого тела примерно в 1 м², то на него со стороны атмосферы действует сила $F = P_A S$, при $P_A = 10^5 \text{ Н/м}^2$ получим $F = 10^5 \text{ Н}$. С такой силой давил бы на человека груз массой в 10000 кг=10 т. Человек не ощущает этой немалой силы потому, что внутри у человека также само собой поддерживается атмосферное давление.

110. Пещера

Нельзя ли добиться, чтобы измерение высоты произошло само собой? Для этого необходимо, чтобы «нечто» само поднялось к потолку пещеры и измерило высоту, на которой потолок находится. Что может само подниматься в воздухе вверх? Птица, насекомое — или то, что легче воздуха. Например, воздушный шарик, наполненный горячим воздухом или гелием. Как сделать, чтобы шарик, поднимаясь к потолку, измерял высоту? К шарику нужно привязать достаточно длинную нитку, а когда шарик достигнет потолка, сматывать нитку и измерять ее. Впрочем, нитку можно «проградуировать» заранее, завязав на ней узелки через каждый метр. Тогда во время подъема шарика нитку следует пропускать через кулак. Сколько узелков пройдет через вашу руку, столько и метров до потолка.

111. Как поживаешь, колесо?

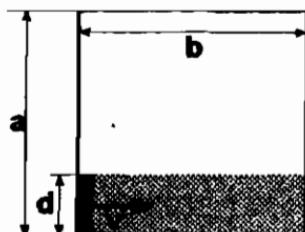
Как сделать, чтобы колесо «остановилось», продолжая крутиться? Нужно сделать так, чтобы коле-

со было видно только тогда, когда оно находится в определенном положении. Если время одного оборота колеса меньше 0,05 с (времени реакции глаза), то наблюдатель будет просто видеть, что колесо стоит на месте.

Это можно сделать, освещая колесо светом, мигающим с той же частотой, с какой вращается колесо. Лучше, если колесо само управляет включением и выключением света (например, к колесу приделан контакт, включающий электрическую лампу только тогда, когда колесо находится в определенном положении).

112. Газонокосильщик

Допустим, нужно косить прямоугольную лужайку площадью $S=ab$. Видно, что машинка за один проход вдоль газона может выкосить полоску площадью $s=db$, где d — ширина захвата, b — длина лужайки (см. рисунок). Если машинка движется с постоянной скоростью v , время скашивания одной полоски $t=b/v$. Лужайка с общей площадью S содержит $N=a/d$ таких полосок, поэтому полное время работы



$$T = Nt = \frac{ab}{dv} = \frac{S}{dv}.$$

Из этой формулы видно: чтобы определить время работы, нужно измерить размеры участка a и b , ширину захвата d и скорость движения косилки при работе v .

113. Барон Мюнхгаузен рассказывает...

В случае б) времена движения барона со скоростями v_1 и v_2 равны: $t_1 = t_2$. По формуле средней скорости

$$v_{\varphi} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2}.$$

Выразив S_1 и S_2 через t_1 и t_2 и учитывая равенство времен, получаем

$$v_{\varphi} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{t_1(v_1 + v_2)}{2t_1} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 75 \text{ км/ч}.$$

В этом случае средняя скорость является средним арифметическим скоростей на двух участках.

В случае а) расстояния, пройденные Мюнхгаузеном со скоростями v_1 и v_2 равны $S_1 = S_2$. По формуле средней скорости

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2}.$$

Выразив t_1 и t_2 через S_1 и S_2 и учитывая равенство расстояний, получаем

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_1 + S_2}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2}} = \frac{2S_1}{\frac{S_1}{v_1} + \frac{S_1}{v_2}} = \frac{2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 48 \text{ км/ч}.$$

Как видите, эта величина отличается от среднего арифметического. Если брать в этом случае среднее арифметическое, можно получить абсурдный результат. Представим, что v_2 вообще равно нулю. Тогда среднее арифметическое равно $v_1/2$, в то время как реальная средняя скорость равна нулю (барон никогда не достигнет точки назначения). А формула для случая а) даст правильный результат: $v_{\text{ср}} = 0$.

114. Лестница-чудесница

Пусть длина эскалатора (точнее, его видимой части) равна S . Если скорость человека равна v , а скорость эскалатора равна u , то

$$\frac{S}{u} = t_1 = 1 \text{ мин};$$

$$\frac{S}{v} = t_2 = 3 \text{ мин}.$$

Если человек идет по движущемуся эскалатору, то его скорость относительно земли $v_{\text{отн}} = v+u$. Исходное время подъема

$$t_3 = \frac{S}{v_{\text{отн}}} = \frac{S}{v+u};$$

$$\frac{1}{t_3} = \frac{v+u}{S} = \frac{v}{S} + \frac{u}{S} = \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_1} = \frac{t_1 + t_2}{t_1 t_2};$$

$$t_1 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{3}{4} \text{ мин} = 45 \text{ с}.$$

115. Сохраним обозначения из предыдущей задачи. В первом случае скорость человека относительно земли равна $v+u$, а во втором — $2v+u$. Тогда времена подъема

$$t_1 = \frac{S}{v+u} = 60 \text{ с};$$

$$t_2 = \frac{S}{2v+u} = 45 \text{ с}.$$

Время подъема человека, стоящего на эскалаторе

$$t_1 = \frac{S}{u}.$$

Для того чтобы его найти, выразим скорости из двух первых формул:

$$v+u = \frac{S}{t_1};$$

$$2v+u = \frac{S}{t_2}.$$

И найдем u :

$$u = 2(v+u) - (2v+u) = \frac{2S}{t_1} - \frac{S}{t_2} = S \left(\frac{2}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) = S \frac{2t_2 + t_1}{t_1 t_2}.$$

По формуле

$$t_3 = \frac{S}{u} = \frac{t_1 t_2}{2t_2 + t_1} = 90 \text{ с}.$$

116. Полное время движения

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{S_1}{v_1} + \frac{S_2}{v_2} + \frac{S_3}{v_3} = \frac{100}{10} + \frac{300}{11} + \frac{100}{13} \approx 45 \text{ (с)}.$$

Тогда средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t} = \frac{500}{45} = 11,1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

117. «Волга, Волга, мать родная...»

Обозначим скорость течения через u , а скорость теплохода относительно воды через v . Тогда скорость парохода по течению равна $v+u$, а против течения — $v-u$. Разность этих скоростей $(v+u)-(v-u)=2u$.

Подставляя исходные данные, получаем

$$2u = 264 \text{ км/сут}, \text{ а } u = 132 \text{ км/сут} = 5,5 \text{ км/ч}.$$

118. Без трения

Как сделать, чтобы какое-либо тело начало перемещаться в нужном направлении? Нужно действовать на него в этом направлении какой-либо силой. Сила возникает при взаимодействии с другими телами. Если в вашем распоряжении есть некие тела — портфель, шапка или ботинок, — можно ими воспользоваться: толкнуть их в сторону, противоположную той, в которую нам нужно перемещаться. Скажем, если вы бросили ботинок вправо — он будет действовать на вас силой, направленной влево, и эта сила будет точно равна силе, с которой вы швырнули ботинок.

- 199.** Когда ребенок закрывает дверь, он прикладывает свою небольшую силу на большом расстоянии, проходя два-три шага вместе с закрывающейся дверью, разгоняя ее. В результате работа, совершаемая над дверью, велика при небольшой приложенной силе. Когда ребенок тянет на себя закрытую дверь, дверь неподвижна, работа над ней не совершается и скорость двери остается равной нулю. Некоторые дети находят выход из положения: ударяют всем телом в дверь с разгону. Ребенок при этом совершает работу по разгону самого себя, а потом с помощью удара часть этой работы совершается над дверью.

120. Хитрые бутсы

Как сделать, чтобы мяч не отскакивал от бутсы? Очевидно, на мяч в момент контакта с бутсой должна действовать какая-то сила. Хитрые футболисты решили использовать магнитную силу: вмонтировали в мяч тонкую железную пластинку, а в бутсы — небольшие, но сильные магниты.

- 121.** Вы спросите, а с какой стати облако должно падать? Дело в том, что облако состоит из капель воды. Выпустите из пипетки, пластиковой бутылки или брызгалки несколько капель воды — будут ли они висеть в воздухе после того, как отделятся от сосуда? Почему же тогда капли воды в облаке часами могут висеть в небе?

Чтобы разобраться, в чем дело, проведем на улице простой опыт. Если в тихую погоду из рук вы-

пустить листок бумаги из тетрадки, он упадет на землю. Разорвем тот же листок на очень мелкие клочки. Эти клочки будут долго парить в воздухе, а иногда и подниматься вверх. Что же их поддерживает? Еле ощущимые восходящие потоки воздуха, которые существуют даже в самую тихую погоду. Такие потоки могут удерживать и мелкие капельки воды в облаке*.

Иногда эти капли растут, сила тяжести капли становится больше, чем поддерживающая сила со стороны потока, тогда капли падают: идет дождь.

122. Режущие поверхности сделаны криволинейными, чтобы участок инструмента, который соприкасается с деревом, имел наименьшую площадь. Прямолинейное лезвие соприкасается с материалом всей своей поверхностью, а криволинейное — только частью. Поэтому при небольшой силе будет возникать большое давление. Чем больше давление — тем легче разрушить материал, т.е. тем легче его обработать.

123. 0,4 кг.

124. Пусть длина ребра большого куба равна l . Тогда его объем $V = l^3$, ребро маленького куба $l_1 = l/2$, а его объем $V_1 = l_1^3/8 = V/8$. Так как маленький кубик состоит из того же вещества, что и большой, его масса тоже будет в 8 раз меньше, чем у большого: $m_1 = m/8 = 0,3125$ кг.

125. Не все то золото, что блестит!

Объем вещества, из которого сделан полый куб, равен произведению площади его наружной поверхности на толщину стенок (если толщина стенок намного меньше ребра куба):

$$V = Sh = 216 \text{ см}^2 \cdot 0,2 \text{ см} = 43,2 \text{ см}^3.$$

Тогда масса куба

$$m = \rho V = 8,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 43,2 \text{ см}^3 = 367,2 \text{ г.}$$

* Если скорость воздушных потоков возрастает, они могут удерживать в воздухе не только мелкие капли и пылинки, но и крупные предметы. Вы наверняка слышали о смерчах, которые могут поднимать в воздух рыбок, лягушек, а бывает, что дома и автомобили.

- 126.** Обозначим объем каждой из деталей через V . Тогда масса железной детали $m_x = \rho_x V$, а масса алюминиевой — $m_a = \rho_a V$. Разность их масс $\Delta_m = 2,75$ г. Составим уравнение:

$$\rho_x V - \rho_a V = \Delta m;$$

$$V = \frac{\Delta m}{\rho_x - \rho_a} = \frac{2,75 \text{ г}}{7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} - 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} \approx 0,54 \text{ см}^3.$$

Отсюда находим $m_x = 4,2$ г и $m_a = 1,46$ г.

- 127. Как взвесить Землю?**

Архимед жил примерно в одно время с Эратосфеном, который впервые измерил радиус Земли. Вычислять объем шара, радиус которого известен, Архимед умел. Массу земного шара он мог бы примерно определить, умножив объем Земли на среднюю плотность известных к тому времени минералов, равную $4 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$.

- 128.** Попробуйте поместить в цилиндрическую кружку или банку деревянный брускок в форме цилиндра, который занимает почти весь объем сосуда. Будем наливать в эту кружку воду, пока брускок не всплынет. После этого вынем брускок — окажется, что воды в кружке очень мало. Получается, что малая масса воды удерживает на плаву брускок гораздо большей массы. Почему? Дело в том, что давление жидкости зависит только от высоты ее столба, и небольшая порция жидкости, поднимаясь до краев сосуда, создает большое давление. Так же происходит и в сухом доке при его сужении. Оказывается, чтобы огромный корабль держался на плаву, под его днищем достаточно иметь слой воды высотой в 1 см.

- 129. «Прибежали в избу дети...»**

Потому что средняя плотность мертвого тела через несколько дней становится меньше плотности воды: ткани человека при разложении выделяют много газов.

- 130. Взвесить без весов?**

Слитки одинакового веса имеет одинаковый объем. Значит, нужно погрузить в сосуд с водой стальную

деталь нужного веса, заметить, до какого уровня поднимется вода, а потом погружать слиток в воду до тех пор, пока вода не поднимется до того же уровня. В тот момент под водой будет находиться кусок стали необходимого объема (и массы).

131. Упрямый пират

Если пират не врет, то сокровища должны находиться на корабле. Раз во время обыска сокровищ не нашли, значит, «не там искали». Наверное, сокровища находились в какой-то детали самого корабля. Что на корабле должно быть тяжелым? Якорь! Это решение хорошо еще и тем, что во время стоянки якорь находится глубоко под водой, и во время обыска его просто не видно.

Итак, Сюркуф отлил из награбленного золота якорь и спокойно возил его с собой.

132. По закону Паскаля давления столбов жидкости h_1 и h_2 должны передаваться по всем направлениям, в том числе и на нижнюю часть сосуда. Поэтому суммарное давление на дно $\rho g H_1 + \rho g H_2 + \rho g H_3 = \rho g (H_1 + H_2 + H_3)$.

133. Хулиганский опыт...

При ударе палкой по горлышку бутылки на жидкость оказывается большое давление. По закону Паскаля оно передается через жидкость по всем направлениям. Поэтому бутылка разбивается на мелкие осколки. Именно Блез Паскаль и скрыт под псевдонимом «мистер Икс».

134. Человек при письме давит на ручку с силой примерно 10 Н. Это можно проверить, положив на торговые весы тетрадь, написать на ней что-нибудь и посмотреть, насколько изменились во время письма показания весов. Эта сила приходится на площадь острия ручки, которая равна приблизительно $0,01 \text{ мм}^2$, или $1/10^8 \text{ м}^2$. Значит, давление ручки на бумагу равно $1 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

135. «Буль-буль!» — сказал профессор Буль...

Пусть масса стеклянной бутылки $m_0 = 200 \text{ г}$, а ее объем (внешний) $V = 600 \text{ см}^3$. Для того, чтобы бутылка с водой начала тонуть, сила тяжести, дей-

ствующая на нее, должна быть больше силы Архимеда:

$$(m_s + m_c)g > \rho_e g V.$$

Из этого неравенства найдем минимальную массу воды:

$$m_s > \rho_e V - m_c = 400 \text{ г.}$$

136. Без перекоса

Может ли одинаковый уровень для всех свай установиться сам собой? Котлован — огромный сосуд, в дно которого вбиты сваи. Вы скорее всего догадались, что этот сосуд надо залить водой до отметки, сделанной на любой свае. Уровень воды будет таким же и у всех остальных свай. Именно так Монферан и действовал: залил котлован водой, отметил на всех сваях уровень воды, выпустил воду и обрезал сваи по сделанным отметкам.

137. Полый шар плавает в воде во взвешенном состоянии, потому что выталкивающая сила F_A , действующая на него вертикально вверх, уравновешивает силу тяжести mg . Сила F_A равна $\rho_e g V$, где ρ_e — плотность воды, а V — объем всего шара. Шар состоит из полости объемом V_n и медной оболочки объемом V_m . Запишем равновесие сил в виде формулы:

$$mg = \rho_e g V = \rho_e g (V_n + V_m)$$

Раскроем скобки, сократим на g и выразим объем оболочки через ее массу и плотность меди (массой воздуха, содержащегося в полости, можно пренебречь в сравнении с массой оболочки):

$$m = \rho_e V_n + \rho_e \frac{m}{\rho_m}.$$

Из этого уравнения найдем массу шара:

$$m = \frac{\rho_e V_n}{1 - \frac{\rho_e}{\rho_m}}.$$

Подставляя $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$, $\rho_m = 8,94 \text{ г/см}^3$, $V_n = 7,75 \text{ см}^3$, получаем $m = 8,73 \text{ г}$.

138. По молекуле на брата

Найдем массу 1 л воздуха:

$$m = \rho V = 1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 0,013 \text{ кг} = \frac{1,3}{10^3} \text{ кг.}$$

При откачке воздуха из сосуда его плотность уменьшилась в 10^6 раз. Следовательно, в сосуде осталось $1,3/10^9 \text{ кг}$ воздуха. Поскольку масса молекулы приближенно равна $5/10^{26} \text{ кг}$, то в сосуде останется около $2,6 \cdot 10^{16}$ молекул. А население Москвы составляет 10^7 человек. Следовательно, из этого «пустого» сосуда каждому москвичу достанется 2,6 млрд молекул.

139. Навстречу катастрофе...

Шутка в том, что в задаче сказано «однажды летом», но не сказано, что это происходило в одно и то же время. Столкновения не произошло, потому что поезда проходили через туннель не одновременно.

141. Пусть $S = 200 \text{ м}$ — длина колонны, $v = 7 \text{ м/с}$ — скорость велосипедиста, а $u = 1 \text{ м/с}$ — скорость всей колонны (в том числе вожатого и замыкающего). Когда велосипедист едет к вожатому, то с точки зрения вожатого он должен проехать расстояние S со скоростью $u-v$. Когда он возвращается назад, то с точки зрения замыкающего он проезжает это расстояние со скоростью $u+v$. Тогда полное время его движения

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S}{v-u} + \frac{S}{v+u} = 58 \frac{1}{3} \text{ с} \approx 58,3 \text{ с.}$$

142. Пусть длина каждого поезда $l = 360 \text{ м}$, а их скорости $v = 54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с}$. Тогда в момент встречи тепловозов расстояние между последними вагонами равно $2l$, а их относительная скорость равна $2v$. Значит, искомое время

$$t = \frac{2l}{2v} + \frac{l}{v} = 24 \text{ с.}$$

- 143.** Скорость самолета $v = 390$ км/ч — это его скорость относительно воздуха. Значит, при попутном ветре, дующем со скоростью $u = 150$ км/ч, скорость самолета относительно земли равна $v+u$, а при таком же встречном ветре — $v-u$. Тогда полное время полета

$$t = \frac{S}{v-u} + \frac{S}{v+u} = \frac{1080}{540} + \frac{1080}{240} = 6,5 \text{ ч.}$$

144. Дело в шляпе

Легче всего решить эту задачу, перейдя в систему отсчета, связанную со шляпой, которая плывет по течению. Скорость лодки относительно воды (и шляпы) постоянна, в каком бы направлении шляпа ни плыла. Если лодка удалялась от шляпы в течение получаса, то назад к шляпе она возвращалась тоже полчаса. Значит, шляпа плыла по течению ровно 1 ч. Так как шляпа за это время проплыла по течению 4 км, скорость течения реки составляет 4 км/ч.

Эта величина не зависит от скорости лодки и первоначального направления ее движения, т. е. на второй вопрос задачи ответить нельзя.

- 145.** Для решения этой задачи воспользуемся результатами задачи №113 о бароне Мюнхгаузене и его лошади. Времена движения на втором и третьем участках равны, следовательно, средняя скорость v_{23} на второй половине пути равна среднему арифметическому v_2 и v_3 :

$$v_{23} = \frac{v_2 + v_3}{2} = 30 \text{ км/ч.}$$

Так как путь, пройденный со скоростью v_1 , равен пути, пройденному со средней скоростью v_{23} , для нахождения средней скорости на всем пути можно воспользоваться формулой для случая а):

$$v_{cp} = \frac{2v_1 v_{23}}{v_1 + v_{23}} = 40 \text{ км/ч.}$$

146. С 8-го этажа.

147. Через 90 с.

148. Как кошка с собакой

Спайк сможет укусить Тома, если Том обгонит его на круг, т.е. на $l = 1500 \text{ м} = 1,5 \text{ км}$. За время t

Том пробежит расстояние $S_1 = v_1 t$, а Спайк — расстояние $S_2 = v_2 t$. Значит, когда Том обгонит Спайка на круг, будет выполняться соотношение

$$v_1 t - v_2 t = l.$$

Решив это уравнение, получим

$$t = \frac{l}{v_1 - v_2} = 0,1 \text{ ч} = 6 \text{ мин.}$$

149. Кубок Большого Таракана

Очевидно, таракан, побежавший по готовой дорожке, пройдет ее всю за время

$$t_1 = S : v_1 = \frac{300 \text{ см}}{15 \text{ см/с}} = 20 \text{ с.}$$

После этого он пробежит еще некоторое время по песку, где и встретится с другим тараканом. Обозначим время, прошедшее от старта до встречи, через t . Тогда первый таракан будет бежать по песку время $t - t_1$, а второй — время t . Очевидно, сумма расстояний, пройденных ими по песку, будет равна длине песчаной части. Составим уравнение:

$$v(t - t_1) + v_2 t = S.$$

Подставляя числовые данные, имеем

$$12(t - 20) + 12t = 300.$$

Решив это уравнение, получим, что $t = 22,5$ с.

150. Приморченная пуля

Человек мог бы поймать пулю, если бы скорость пули относительно него была бы не слишком велика. Может ли человек двигаться со скоростью, намного меньшей, чем скорость пули? Да, на самолете. К концу своего пути — на излете — пуля имеет скорость всего лишь несколько десятков метров в секунду, что сравнимо со скоростью самолета. Так оно и было: во время первой мировой войны французский летчик поймал немецкую пулю, летевшую мимо него (самолеты тогда строили с открытыми кабинами).

151. «Остановите Землю, я сойду!»

Земля движется по орбите со скоростью 30 км/с — и люди вместе с ней. При резкой остановке Земли люди стремились бы сохранить свою скорость. На том полушарии, которое было в тот момент «передним», земля ушла бы у людей из-под ног, а на «заднем» полушарии люди, наоборот, вдавились бы в почву. Даже когда резко тормозит автобус, ехавший со скоростью всего лишь 10—15 м/с, пассажиры, сидящие лицом по ходу автобуса, чувствуют, что слетают с кресел, а сидящих спиной вперед инерция прижимает к спинкам кресел.

152. На мууху во время полета вверх продолжает действовать сила тяжести, но мууха противопоставляет силе тяжести силу, с которой она крыльями отталкивается от воздуха.

153. «Хорошо живет на свете Винни-Пух!»

Чтобы веревка оборвалась, вес Винни-Пуха должен составить $F = 400$ Н, а его масса

$$m = \frac{F}{g} = \frac{400}{10} = 40 \text{ кг.}$$

Чтобы достичь такой массы, Пух должен съесть 20 кг яблок, поднявшись на высоту 20 м. Упав с такой высоты, он набьет себе 10 шишек.

154. Вездеход на Марсе

Знаете ли вы устройство, которое невозможно опрокинуть? Знаете — это известная игрушка «Ванька-встанька». Наверняка вы знаете и причины устойчивости «Ваньки-встаньки» — у него тяжелый низ и легкий верх. Получается, что вездеход можно сделать устойчивее, если утяжелить его внизу. Самые низкие точки вездехода — части колес, соприкасающиеся с почвой. Поэтому космонавты могли бы залить внутрь колес воду или засыпать песок так, чтобы была заполнена только нижняя часть шины. Этот дополнительный груз, занимая самое низшее из возможных положений, заметно повысил бы устойчивость вездехода.

155. На всю катушку

Идеальный вариант, чтобы катушки сами перестали кататься по вагону. Для этого они должны быть не круглыми. Но этого не изменить — завод выпускает кабель в круглых катушках, да и электромонтерам лучше, чтобы катушки были круглыми и хорошо перекатывались. Круглая форма мешает только при транспортировке. Вот бы они становились некруглыми при погрузке в вагон и возвращались к круглой форме после выгрузки.

Как сделать из круглых катушек некруглые? Очень просто — связать их парами — в виде цифры 8. Такая «восьмерка» из катушек уже не будет кататься по вагону.

156—157. Работа эскалатора по подъему пассажира, если пассажир сам движется вверх, меньше, чем работа по подъему неподвижного пассажира. Но эта работа выполняется соответственно за меньшее время — мощность двигателя одинакова.

158. Для определенности возьмем гирю массой $m = 0,1\text{ кг}$ и представим, что она падает с высоты $H = 1\text{ м}$. Упав на ногу, гиря затормаживается веществом ноги, скажем, кожей и мягкими тканями в месте падения. Этот тормозной путь $h \approx 1\text{ см}$.

Теперь попробуем применить золотое правило механики: работу силы тяжести по разгону гири $A_1 = mgH$ приравняем работе силы торможения $A_2 = Fh$. Сила торможения F — это и есть интересующая нас сила удара (напомним, что с какой силой нога действует на гирю, с такой же силой гиря действует на ногу). Из равенства работ получим $F = mg \cdot H/h$.

Получается, что сила удара больше «номинала», т.е. силы тяжести гири во столько раз, во сколько высота падения больше, чем «тормозной путь». В нашем случае — в 100 раз.

159. Волшебный кран

Если кран не падает, значит, какая-то сила противодействует тяжести. Скорее всего действует самая обычная сила упругости со стороны опоры, только опора эта невидима.

Как сделать опору невидимой? Почти невидима прозрачная опора — из стекла, прозрачного пластика или даже изо льда. А если по такой опоре течет вода, опора станет совсем незаметной. Скорее всего это и наблюдал Илья Фоняков: в кран, наглухо закрытый с той стороны, которая висит в воздухе, вставлена не очень плотно прозрачная трубка, изнутри трубки в кран поступает вода, которая выливается из крана снаружи трубки и по трубке стекает в резервуар. Трубка, поддерживающая кран и подводящая воду, незаметна.

160. Кое-что новое о взвешивании

В этой задаче вся проблема заключается в том, чтобы удержать кота на весах до того, как можно будет прочесть их показания. Что может удержать кота на весах? Не что, а кто — любимый хозяин. Хозяин должен взвеситься сначала с котом в руках, а потом отпустить кота и снова посмотреть на показания весов. Разность этих двух значений и будет весом кота.

162. Сверхмагнит

Представим себе, что железная пудра сама, как в волшебной сказке, отделилась от магнита. А теперь подумаем, при каких условиях такое отделение могло бы произойти.

Ответ очевиден: пудра должна прилипнуть к чему-нибудь мягкому, чтобы не повредить магнит. Мягкие и липкие вещества хорошо известны — например, оконная замазка, пластилин. В описанном реальном случае воспользовались пластилином.

163. Ураган над Кремлем

Может ли кремлевская звезда сама поставить себя в безопасное положение — ребром к ветру? Устройство, которое само собой располагается ребром к ветру, вы знаете: это обычный флюгер. В этом и состояло второе предложение: позволить звезде, как флюгеру, свободно вращаться на оси. Чем сильнее ветер, тем скорее он развернет звезду к себе ребром. Иногда можно заметить, как звезды поворачиваются при перемене ветра.

164. Бей своих, чтобы чужие боялись!

Реактивный снаряд, в отличие от артиллерийского, имеет «оперение» — стабилизаторы на хвосте. Как сделать, чтобы реактивный снаряд развернулся? Запустить его хвостом вперед. Вы можете сами это проверить, запустив хвостом вперед бумажный самолетик или заостренную палочку с прикрепленным к ней простейшим оперением. В крайнем случае подойдет кусочек пластилина с вставленными в него тремя птичьими перьями.

Как же снаряд мог полететь хвостом вперед, если с самолета его запускали назад? Во первых, реактивный снаряд медленно набирает скорость. Во вторых, он в момент старта сохраняет еще и скорость самолета. Ситуация похожа на прыжок человека с идущего на большой скорости поезда: даже если человек прыгнет с поезда назад, он все равно по отношению к земле будет двигаться вперед, т.к.. перед прыжком он был как бы частью поезда и сохранил его скорость. Вот так и получилось, что скорость самолета оказалась больше стартовой скорости снаряда, и он в момент пуска летел хвостом вперед в том же направлении, что и самолет, а потому сразу разворачивался. Реактивный двигатель снаряда продолжал работать, снаряд набирал полную скорость, которая значительно больше, чем у самолета, и догонял свой же самолет.

Вы, наверное, уже догадались, как устраниТЬ «самодиверсию». Нужно, чтобы снаряд стартовал назад сразу со скоростью, которая больше, чем скорость самого самолета. Так и поступили: выстреливали снаряд с самолета с помощью катапульты, а потом включался реактивный двигатель снаряда.

165. Странная авария..

Как сделать, чтобы пострадали только водители, а машины остались невредимыми? Очевидно, для этого нужно, чтобы столкнулись именно водители, а не машины.

Так и произошло: в густом тумане водители встречных машин высунули головы из окна, чтобы лучше видеть, и на ходу столкнулись головами.

166. Хитрый боксер

Перед началом боя, когда судья проверял перчатки, камня в них не было. Но по ходу боя камень в них появился. Есть ли такое вещество, которое само со временем становится твердым? Есть — гипс или цемент. Боксер перед боем засыпал в перчатки порошок гипса. Во время боя пот с рук боксера попадал в перчатки, гипс смешивался с водой и твердел — к концу боя перчатки были твердыми, как камень.

167. Чтобы шарик был шариком

Вспомните задачу «Мягкая вода». Проблема с каплями та же самая, что была с прыгунами в воду. Решение в точности такое же: вода вспенивается, сила удара капель о воду многократно уменьшается.

168. «На волю выпустим джина из бутылки!»

На первый взгляд кажется, что газообразный живой организм невозможен, поскольку любая порция газа (к примеру, джинн, выпущенный из бутылки) довольно быстро рассеется на молекулы, все более удаляющиеся друг от друга. Опыт показывает, что газ, выпущенный из любого сосуда, расплывается, т.е. стремится занять весь доступный объем. Однако все это верно в привычных для нас средних масштабах. В планетарном масштабе, когда становится существенной сила тяжести, картина меняется.

Очевидный пример внутренне устойчивой порции газа — атмосфера Земли. Благодаря притяжению к Земле средняя плотность атмосферы постоянна. Известно, что между разными частями атмосферы существует постоянное взаимодействие. Так что в принципе существование газообразного живого организма не противоречит физическим законам. Можно вообразить, что атмосфера какой-нибудь планеты (а может быть, и Земли) представляет собой живой организм.

169. Тысяча атмосфер под пальцем

Втыкая пальцем острую иглу или булавку в ткань, мы производим давление в 1000 атм (100 млн Па).

Сила, с которой давит палец, достигает 3 Н (это можно проверить с помощью весов). Площадь острия булавки (радиус около 0,1 мм) равна приблизительно $0,03 \text{ мм}^2 = 3/10^8 \text{ м}^2$. Следовательно, давление булавки на ткань равно 10^8 Па . Портной, работая иглой, поминутно пользуется давлением в 1000 атм., сам не подозревая, что развивает пальцами руки такое чудовищное давление.

(По Я. Перельману)

170. На ком Земля держится?

Размер животного может ограничиваться двумя причинами:

1. Нагрузки на скелет, вызванные собственным весом, могут быть такими большими, что скелет не выдерживает (известно, что и у людей-тяжеловесов чаще случаются травмы). К примеру, кит, выброшенный на сушу, гибнет от собственной тяжести.

2. Между частями организма, расположеными на больших расстояниях, связь может быть запоздалой: очень большие животные склонны к медлительности.

Палеонтологи, изучающие останки животных, считают, что на Земле существовали животные крупнее кита и слона, но из-за медлительности проиграли борьбу за существование, когда появились хищники современных видов — быстрые и умеющие вести коллективную охоту. Грубо говоря, эти хищники съели тяжеловесов, хотя «съедение» могло растянуться на миллионы лет.

171. «Ну, подумаешь, укол!»

Обозначим скорость штока через v_1 , а скорость струи через v_2 . Пусть площадь поршня в шприце равна S , а площадь сечения канала в игле, через который выходит жидкость, равна s . За время t шток проходит расстояние $l_1 = v_1 t$, при этом объем жидкости $V = Sl_1 = Sv_1 t$ выходит из шприца в иглу. Такой же объем жидкости выходит за это время из иглы в воздух (или в пациента). При этом струя проходит расстояние

$$l_2 = \frac{V}{s} = \frac{Sv_1 t}{s}.$$

$$v_2 = \frac{l_2}{t} = \frac{S}{s} v_1.$$

Пусть радиус поршня — R , а радиус канала в игле — r . Тогда $S = \pi R^2$, а $s = \pi r^2$. Откуда

$$v_2 = \frac{\pi R^2}{\pi r^2} v_1 = v_1 \left(\frac{R}{r} \right)^2.$$

Подставляя $v_1 = 5$ мм/с, $R = 8$ мм, $r = 0,2$ мм, получаем $v_2 = 8$ м/с.

- 172.** Как это ни смешно, дальше всех (если нет ветра) улетит «летательный аппарат» в виде комка, причем скомкать лист нужно как можно плотнее. Все дело, конечно, в силе сопротивления воздуха, которая для этого комка будет наименьшей.
- 173.** Из того, что объем большого чемодана намного больше объема маленького, вовсе не обязательно следуя, что большой чемодан тяжелее. Пустой чемодан размером $100 \cdot 50 \cdot 30$ см имеет массу около 1 кг, в то время как масса чемоданчика-«дипломата» (размеры $50 \cdot 30 \cdot 8$ см), наполненного золотом, равна 230 кг.
- 174.** Большую часть объема этого материала занимает воздух.

175. Вода и воздух

Практически вся вода на земном шаре находится в Мировом океане. Массу воды в Мировом океане можно найти, зная плотность воды: $\rho = 103$ кг/м³ и оценив объем Мирового океана: $M = \rho V$, где $V = 2Sh/3$ (здесь S — площадь поверхности земного шара, $h = 4$ км — средняя глубина океана. Напомним, что Мировой океан занимает $2/3$ поверхности Земли). Итак, масса всей воды на земном шаре

$$M = 2\rho Sh/3. \quad (1)$$

Массу всей атмосферы оценим, зная атмосферное давление $P_A = 10^5$ Па. Поскольку давление $P = F/S$, а сила давления атмосферы на поверхность Земли — это сила

тяжести атмосферы $F=mg$, получим $P_a = mg/S$, откуда масса атмосферы

$$m = P_a S / g. \quad (2)$$

Найдем отношение масс воды и воздуха, разделив (2) на (1):

$$\frac{M}{m} = \frac{2\rho gh}{3P_a} \approx 267.$$

Выходит, что масса всей воды почти в 300 раз больше, чем масса атмосферы.

176. Задача ювелира

Будем считать, что объем сплава равен сумме объемов золота и серебра. Объем сплава

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{400z}{14 \frac{z}{cm^3}} = 28,57 cm^3.$$

Пусть m_1 и m_2 — массы золота и серебра соответственно. Тогда объемы золота и серебра

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1};$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}.$$

Известны масса и объем всего сплава. Поэтому

$$m_1 + m_2 = m,$$

$$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} = V.$$

Выразим m_2 из первого уравнения:

$$m_2 = m - m_1$$

и подставим во второе:

$$\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m - m_1}{\rho_2} = V.$$

Приведем к общему знаменателю:

$$m_1 \rho_2 + (m - m_1) \rho_1 = V \rho_1 \rho_2$$

и выражим m_1 :

$$m_1 = \frac{m\rho_1 - V\rho_1\rho_2}{\rho_1 - \rho_2}.$$

Подставляя $\rho_1 = 19,32$ г/см³ и $\rho_2 = 10,5$ г/см³, получаем $m_1 = 219$ г.

177. Всякая жидкость с открытой поверхности испаряется, а пары ртути очень ядовиты.
178. Дым состоит из газов — продуктов сгорания, а также из пылинок несгоревшего топлива. Все это постепенно смешивается с окружающим воздухом: молекулы газов — продуктов сгорания в своем хаотическом движении проникают между молекулами воздуха. По пути они толкают пылинки, которые тоже приобретают хаотическое движение, хотя движутся пылинки медленнее, чем молекулы.
179. Силы, действующие на стенку, одинаковы, но давления различны, поскольку площадь острия шила в миллионы раз меньше площади ладони.
180. При одинаковой силе бритва создает гораздо большее давление, поскольку площадь лезвия бритвы значительно меньше, чем площадь лезвия ножа. С помощью микроскопа можно измерить ширину лезвия ножа и ширину лезвия бритвы. Если считать, что инструмент тем опаснее, чем большее давление он создает, то бритва опаснее ножа во столько раз, во сколько ширина лезвия ножа больше ширины лезвия бритвы (если считать, что длины режущей части у бритвы и ножа одинаковы).
181. Динары с дырками

Вспомните задачу «Тысяча атмосфер под пальцем». Ясно, что иголка даже под действием небольшой силы может создать огромное давление. А что, если приложить большую силу — например, ударить по иголке молотком? Вполне можно пробить монету — лишь бы иголка выдержала удар и не переломилась. Этого можно добиться, поместив перед ударом иголку в корковую пробку от бутылки так, чтобы из пробки высывалось только ушко иголки.

182. Сто тысяч атмосфер силою насекомого

Оса вонзает жало в тело жертвы с силой всего в 0,0001 Н. Но жало осы, пожалуй, самая острая вещь

в природе — радиус закругления его острия не превышает 0,00001 мм. Подставляя эти данные в формулу

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi r^2},$$

получаем, что давление осиного жала составляет $3,1 \cdot 10^{11}$ Па = 3 100 000 атм.

При столь чудовищном давлении оса могла бы прошить крепчайшую стальную броню, если бы само жало обладало достаточной прочностью,

(По Я. Перельману)

183. Поскольку объемы дров и дыма по условию одинаковы, отношение масс равно отношению плотностей. По таблице находим плотность сухого дерева, например, для сосны $\rho_1 = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$. Поскольку дым всплывает в воздухе, его плотность немного меньше плотности воздуха. Для оценки будем считать, что плотность дыма по порядку величины равна плотности холодного воздуха, по таблице $\rho_2 = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$. Отношение $\rho_1/\rho_2 = 390$.

184. «Бесстрашная килька»

Приняв груз бананов на борт, «Бесстрашная килька» глубже погрузится в воду, чтобы сила Архимеда, действующая на судно, снова сравнялась с силой тяжести.

Увеличение силы тяжести, действующей на «Кильку»,

$$\Delta F = \Delta m \cdot g = 200000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 2 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

На такую же величину должна увеличиться и выталкивающая сила. Для этого объем части судна, погруженной в воду, должен увеличиться. Найдем увеличение объема:

$$\Delta F_A = \Delta F;$$

$$\rho_s g \Delta V = \Delta F;$$

$$\Delta V = \frac{\Delta F}{\rho_s g} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ Н}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 200 \text{ м}^3.$$

Найдем, насколько изменится глубина погружения:

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{200 \text{ м}^3}{100 \text{ м}^2} = 2 \text{ м}^3.$$

Следовательно, пробоина теперь будет находиться на глубине $h = 3$ м. Найдем давление воды на пробоину:

$$p = \rho_0 g h = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 3 \text{ м} = 30000 \text{ Па.}$$

Это больше максимального давления, которое способна выдержать пробоина. Бананы достанутся рыбам.

- 185.** По условию задачи понятно, что аборигены отправились в океан за пресной водой. На дне океана, как и на суше, встречаются родники — источники пресной воды. Абориген опускает трубку, закрытую ладонью сверху, в глубину. Пока трубка закрыта, морская вода не может ее заполнить — препятствует воздух, запертый в трубке. Когда нижний конец трубки достигнет родника, верхний конец открывается, и пресная вода сама заполняет трубку. После этого верхний конец опять закрывается, трубка поднимается на поверхность, и пресная вода сама выльется в приготовленную для нее посудину, если опять открыть верхний конец трубки. Вы можете разобраться, как все это происходит, если нальете в бацкту подкрашенной воды, а сверху осторожно нальете прозрачной воды.

Теперь можно взять стеклянную трубку и с ее помощью добыть порцию подкрашенной воды со дна банки.

Интересно, как аборигены узнают, в каком месте океана и на какой глубине есть родники?

- 186. Воздушный океан**

Давление атмосферы определяется, как известно, ее тяжестью. При охлаждении до -200°C в жидкое состояние перейдут азот и кислород атмосферы — более 99% ее массы. Значит, давление воздушного океана на его дно будет равно атмосферному давле-

нию. Это давление можно выразить как давление столба жидкости:

$$\rho = \rho gh,$$

где ρ — плотность жидкого воздуха, а h — глубина воздушного океана. Отсюда получаем

$$h = \frac{\rho}{\rho g}.$$

При $\rho = 10^5$ Па, $\rho = 860$ кг/м³ и $g = 9,8$ Н/кг получаем, что воздушный океан имеет глубину $h \approx 12$ м. Так что ошибочно считать, что жидкий воздух затопит все континенты — вся суша, находящаяся на высоте более 12 м над уровнем моря (прежнего), останется сушей.

Полезно сравнить получившуюся глубину воздушного океана со средней глубиной нынешнего (водного) океана — 4400 м.

187. Спасти от торпеды

Известный изобретатель Алекс Осборн описал случай, когда моряки попытались сбить торпеду с курса водяной струей специального насоса — помпы, и у них это получилось.

188. Киль преткновения

Хочется, чтобы тяжелый киль существовал, когда баржу надо вернуть в исходное положение, и исчезал, когда танкер идет в порт назначения. Возможен и вариант, чтобы киль был легким на маршруте и становился тяжелым при разгрузке. Может быть, вы уже нашли идею решения: киль сделали пустым внутри и заполняли его забортной водой в нужный момент.

189. Где хранить нефть?

Вокруг завода, стоящего на берегу моря, очень много пространства: поверхность земли и воды, пространство под землей и под водой, воздушное пространство. Поверхность земли занята заводскими строениями. По водной поверхности должны плавать морские суда, а хранилище в воздухе (на столбах или воздушных шарах) будет мешать авиации. Строительство подземных хранилищ может вызвать

разрушение зданий. Остается подводное пространство. Следует затопить старый танкер и использовать его как подводный резервуар для нефти.

Известен такой факт: во время Сталинградской битвы в Волге затонула баржа с бензином. Поднять ее было практически невозможно под обстрелом. И тогда водолазы протянули к ней под водой трубу и спокойно качали топливо под носом у немцев.

190. Зададим перцу!

Место, где прикрепляется шляпка, — самое «слабое» в стручке перца. Если создать внутри перца область повышенного давления, то давление по закону Паскаля будет передаваться по всем направлениям, а разрыв произойдет в самом слабом месте — там, где прикрепляется шляпка. Таким образом, шляпка отделится от стручка, что нам и нужно.

На практике это выглядит так: в большой бак засыпают сразу сотни килограммов перца. Плотно завинчивается крышка, и медленно поднимается давление. Сквозь поры в стенках стручков воздух постепенно проникает внутрь. За 5—10 мин давление в баке (и внутри перцев) достигает нескольких атмосфер. А потом открывается клапан, и воздух в доли секунды вырывается из бака наружу. Давление в баке сразу падает до атмосферного. А воздух внутри перца не может так быстро уйти через мельчайшие поры. На какое-то время внутри стручка давление становится намного больше, чем снаружи. Воздух ищет выхода и находит его в самом слабом месте — у шляпки. И шляпки вылетают вместе с семенами — перец очищен. Все сотни килограммов сразу.

191. В роли изобретателя выступил знаменитый американский физик Роберт Вуд. Примерный ход мысли у него был такой: «Нельзя ли сделать так, чтобы потоки воздуха САМИ показали, с какой скоростью они движутся?» Для этого потоки должны быть видимыми. Вы сами наверняка наблюдали движение воздушных потоков с помощью дыма — это движение показывают мелкие частицы, движущиеся вме-

сте с потоком. Может быть, вы видели, как прове-ряют тягу в дымоходах: подносят горящую бумажку к отверстию и смотрят, втягивается ли пламя в отверстие. Но, поскольку нужно измерить скорость движения, частицы, движущиеся с потоком, должны быть покрупнее. Роберт Вуд придумал использование мыльных пузырей: он выпустил в помещении множество пузырей, и они наглядно показали всю картину. Измерить скорости движения нескольких пузырей тоже не составило особого труда.

192. Вопрос задачи на первый взгляд кажется бессмыс-ленным: как могут отличаться по весу тела одинаковой массы? Однако, если вспомнить, что вес — это сила, с которой тело давит на весы, у вопроса появляется смысл. И тонна дерева, и тонна железа находятся в воздухе, и со стороны воздуха действует архимедова сила и на кусок дерева, имеющий массу 1 т, и на кусок железа такой же массы. Поскольку архимедова сила направлена вверх, каждый кусок будет давить на весы с силой, которая меньше, чем сила тяжести.

Для наглядности представьте себе стартующий воздушный шар с грузом в 1 т: он совсем не будет давить на опору, и если такой шар поставить на весы, никакого веса они не покажут.

Теперь понятно, что отличие по весу тонны дерева и тонны железа — разность архимедовых сил, действующих на тонну дерева и тонну железа.

Поскольку архимедова сила $F_A = \rho g V$, в нашем слу-чае для дерева $F_1 = \rho g V_1$, для железа $F_2 = \rho g V_2$, тогда

$$F = F_1 - F_2 = \rho g (V_1 - V_2).$$

Выразим объем через массу и плотность: $V_1 = m / \rho_1$, $V_2 = m / \rho_2$, тогда

$$F = \rho mg \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right).$$

Подставляя плотность воздуха $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$, плот-ность дерева $\rho_1 = 500 \text{ кг/м}^3$, плотность железа $\rho_2 = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $m = 10^3 \text{ кг}$, $g = 10 \text{ Н/кг}$, получим

$F=24$ Н. По сравнению с «номинальным» весом $F_0=mg=10000$ Н разница очень небольшая, но на очень точных весах зафиксировать ее, похоже, можно.

193. Прилив

Подсказка: подумайте, как будет вести себя во время прилива сам корабль. Очевидно, он тоже будет подниматься вместе с уровнем воды, поэтому вода никогда не достигнет иллюминатора.

194. Всплывающее яйцо

Для того, чтобы яйцо, погруженное в банку с водой, всплыло, нужно либо уменьшить среднюю плотность яйца, либо увеличить плотность воды. Первое недостижимо — ведь по условию задачи к яйцу руками прикасаться нельзя, а само тело с очень маленькой плотностью, которое должно соединиться с яйцом, уменьшив его среднюю плотность, не будет погружаться в воду к яйцу. Остается увеличить плотность воды. Это можно сделать, растворив в воде большое количество соли (соль можно всыпать в сосуд, не прикасаясь к нему руками). Как только плотность солевого раствора станет больше средней плотности яйца, оно всплывает.

195. И в воде не тонет

Чтобы мыло не тонуло в воде, нужно каким-то образом уменьшить его среднюю плотность. Это можно сделать, сделав кусок мыла пористым (например, спрессованным из порошка). Такое мыло в воде будет всплывать.

196. «О'бедион ковбое...»

Как воздух втягивается в легкие при дыхании? Вдох начинается с расширения грудной клетки, это делают специальные мышцы. Объем грудной клетки в результате увеличивается, а давление воздуха внутри нее уменьшается и становится меньше атмосферного. В результате атмосферное давление вгоняет воздух в легкие. Когда грудную клетку ковбоя пробили с двух сторон, внутрь грудной клетки вошел атмосферный воздух и расширение грудной клетки не уменьшает давление внутри нее, раз-

ность давлений не возникает и воздух в легкие не входит.

197. «О метком ковбое...»

Полная бутылка и сырое яйцо разлетелись на мелкие части: жидкость передала большое давление, созданное пулей, во всех направлениях, в результате полная бутылка и сырое яйцо взрываются. В пустой бутылке и крутом яйце пуля пробьет отверстия.

198. «Он десять суток мои раны зашивал...»

Без иголки можно было бы обойтись, если бы нитка сама могла прокалывать кожу. Конец нитки увлажняли, потом замораживали, а потом затвердевший конец нитки срезали наискось, как иголку шприца. Понятно, что зашивать рану нужно было немедленно, пока острый конец не нагрелся.

199. Физика преисподней

Оценим по порядку величины давления в центре Земли. Будем для простоты считать Землю жидким шаром с известным радиусом $R = 6,4 \cdot 10^3$ км = $= 6,4 \cdot 10^6$ м и плотностью, равной плотности горных пород: $\rho = 5,5 \cdot 10^3$ кг/м³. Мы можем находить давление столба жидкости высотой h по формуле $P = \rho gh$. Будем считать, что на центр Земли давит столб жидкости — вещества Земли — с высотой, равной радиусу Земли: $h = R$.

Тогда давление в центре можно оценить по формуле $P = \rho g R$, где $g = 10$ Н/кг. Подставляя числа, получим $P = 3,5 \cdot 10^{11}$ Па = $3,5 \cdot 10^6$ атм. Интересно, что такое огромное давление в миллионы атмосфер умеют получать в лабораториях.

200. Наибольшая глубина определяется давлением, которое кит способен выдержать. По формуле $P = \rho gh$ легко подсчитать, что каждые 10 м глубины создают давление в одну атмосферу: $1\text{Ат} = 10^5 \text{Н/м}^2$. Это означает, что на каждый квадратный метр поверхности тела действует сила, равная весу 10-тонного груза. Предельная глубина погружения кита — 1500 м, т.е. он выдерживает дополнительное давление в 150 атм.

201. Открытие или ошибка?

Аристотель не знал об архимедовой силе (он жил до Архимеда) и не учел, что сила тяжести воздуха в объеме мешка уравновешивается архимедовой силой со стороны окружающего воздуха.

202. Давление атмосферы может удержать воду в перевернутом стакане. Вы можете сами в этом убедиться. Погрузите стакан в любую емкость с водой, дайте ему наполниться, переверните вверх дном и медленно вытаскивайте его из воды. Вы сможете довести открытый край перевернутого стакана до самой поверхности воды, и вода будет удерживаться в нем, пока край стакана не оторвется от поверхности.

Другой способ можно показывать, как фокус. Вы наполняете стакан водой так, чтобы больше налить было нельзя, накрываете стакан листком бумаги (например, половинкой тетрадного листа), а потом аккуратно переворачиваете стакан, придерживая листок. После этого, не делая резких движений, можно убрать руку от листка — вода будет удерживаться в перевернутом стакане.

В принципе удивляться надо не тому, что атмосферное давление удерживает столб воды в 10 см — как мы знаем, оно может удержать столб воды высотой около 10 м. Удивительно, почему вода выливается из перевернутого стакана или бутылки и атмосферное давление этому не мешает. Секрет в том, что от случайного толчка поверхность воды в перевернутом сосуде колеблется и на свободившееся от воды место попадает порция атмосферного воздуха с таким же — атмосферным — давлением. Когда ушедшая с этого места порция воды возвращается, пузырь атмосферного воздуха ее непускает, и она выливается из сосуда. Поскольку колебания продолжаются, вода порция за порцией замещается пузырями воздуха с характерным звуком «буль-буль».

203. Архимеду и не снилось!

Вспомним, что архимедова сила — это сила тяжести вытесненной жидкости. Формула $F_A = \rho g V$ содержит

жит плотность жидкости ρ и величину g , которая характеризует силу притяжения, действующую на тело массой в 1 кг (поскольку по условию задачи тело не меняется, его объем считаем постоянным). Теперь понятно, что для увеличения силы Архимеда можно, во-первых, взять более плотную жидкость, а во-вторых, увеличить силу притяжения. Если не искать планет с силой тяжести, большей, чем на Земле, можно создать искусственную тяжесть. Один из вариантов увеличения силы Архимеда — магнитная жидкость, когда в жидкости размешивается железный порошок, а потом эта жидкость помещается в зону действия сильного магнита. Если магнитная сила действует по направлению вниз, появляется как бы дополнительная искусственная тяжесть. В такой жидкости силу Архимеда можно менять, изменяя силу действия магнита.

204. Прессированный шарик

Как сделать, чтобы шарик покинул «гнездо», в котором плотно сидит? Для этого на шарик должна подействовать сила, направленная наружу. Если бы внутри «гнезда» как-нибудь создать повышенное давление... Это можно было бы сделать, нагревая внутри жидкость или газ. Так проблему и решили: в отверстие, перед тем как запрессовать туда шарик, помещается капля жидкости. В нужный момент «гнездо» нагревается, жидкость испаряется, и давление пара выталкивает шарик.

205. До лампочки

Пусть вместо наших рук лампочку держит... атмосферное давление. Для этого лампочку следует снабдить присоской.

206. Кое-что новое о белой медведице

Строители бассейна не учли архимедову силу. У медведицы не хватало сил подтянуться передними лапами, чтобы вылезти из пустого бассейна. При заполненном бассейне архимедова сила уравновешивает большую часть веса медведицы.

207. Пусть ребро куба h . Тогда давление на нижнюю грань куба $p = \rho gh$, а сила давления будет $F_u = pS = \rho gh^3$.

Давление жидкости на уровне верхней грани и сила давления на верхнюю грань будут равны нулю.

Давление жидкости на боковую грань будет различным на различных уровнях — от нуля на уровне «крышки» до ρgh на уровне дна. Силу давления воды на каждую из боковых граней можно найти, умножив среднее давление $\rho gh/2$ на площадь грани h^2 :

$$F_{\text{б}} = \frac{\rho gh^3}{2}.$$

- 209.** Найдем, какой объем воды вытеснит брошенный в воду деревянный шарик массой m . Он погрузится в воду настолько, что сила Архимеда, равная весу вытесненной воды и направленная вверх, будет уравновешивать силу тяжести, направленную вниз:

$$\rho_s g V_{\text{выт}} = mg.$$

Откуда

$$V_{\text{выт}} = \frac{m}{\rho_s}.$$

Вытеснение воды вызовет подъем ее уровня в обоих сосудах. Изменение уровня воды будет равно объему вытесненной воды, деленному на суммарную площадь поперечного сечения обоих сосудов:

$$\Delta h = \frac{V_{\text{выт}}}{S_1 + S_2} = \frac{V_{\text{выт}}}{2S} = \frac{m}{2S \cdot \rho_s}.$$

Отсюда можно найти площадь сечения каждого из сосудов:

$$S = \frac{m}{2\rho_s \cdot \Delta h} = \frac{20}{2 \cdot 1g/cm^3 \cdot 0,2cm} = 50 \text{ cm}^2.$$

- 210.** Когда шарик плавает на границе ртути с воздухом, его силу тяжести уравновешивает выталкивающая сила со стороны ртути (выталкивающей силой со стороны воздуха можно пренебречь, так как плот-

нность воздуха в 10000 раз меньше, чем у ртути, и в 6000 раз меньше, чем у стали):

$$mg = \rho_{pm} V_{11} g.$$

Выразив массу шара через его объем и плотность, найдем объем части шара, погруженной в ртуть:

$$V_{11} = V \frac{\rho_{cm}}{\rho_{pm}}.$$

В случае, когда шарик плавает на границе ртути с водой, силу тяжести уравновешивают две выталкивающие силы — со стороны ртути и со стороны воды:

$$\rho_{cm} V g = \rho_{pm} V_{12} g + \rho_s V_{12} g.$$

Сократим на g и выразим объем «верхней части» шарика через объем его «нижней части»:

$$\rho_{cm} V = \rho_{pm} V_{12} + \rho_s (V - V_{12}).$$

Из этого уравнения можно найти объем «нижней части» шарика:

$$V_{12} (\rho_{pm} - \rho_s) = V (\rho_{cm} - \rho_s).$$

$$V_{12} = V \frac{\rho_{cm} - \rho_s}{\rho_{pm} - \rho_s}.$$

Подставляя $\rho_{pm} = 13600 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{ct} = 7800 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$, получаем, что в первом случае в ртуть погружено 0,57 объема шара, а во втором — 0,54 его объема.

- 211.** При работе всасывающего насоса вода устремляется в область, из которой откачен воздух, под действием атмосферного давления. Поэтому, если давление столба жидкости в колодце, из которого поднимают воду, превысит атмосферное, то вода до поверхности не дойдет. Значит, предельная глубина та, на которой давление столба жидкости равно атмосферному:

$$\rho g h = p_a.$$

Откуда

$$h = \frac{P_a}{\rho g} = \frac{100000 \text{ Па}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 10 \text{ м.}$$

212. Что дозволено слону...

Изнутри, со стороны легких, давление воздуха равно атмосферному, а снаружи на грудную клетку давит и атмосфера (через воду), и столб воды высотой, равной глубине погружения. При глубине погружения в 0,5 м грудная клетка находится под избыточным давлением в $5 \cdot 10^3$ Па. Это заметно затрудняет дыхание: приходится дышать, когда на грудь давит груз в 15—20 кг. Но гораздо серьезнее нарушение кровообращения. Кровь вытесняется из частей тела, где давление выше (ноги, полость живота) в области меньшего давления — в грудь и в голову. Переполненные кровью сосуды препятствуют оттоку крови от сердца и аорты. Аорта и сердце непомерно расширяются от избытка крови, и в результате — если не смерть, то тяжелое заболевание.

Почему же не погибает слон, оставаясь под водой с выступающим хоботом? Потому что он слон: обладай мы крепостью слоновьего организма, его могучей мускулатурой, мы тоже могли бы безнаказанно погружаться на подобную глубину.

213. Можно себе представить, что мы берем кусок пластилина, который, конечно, не будет держаться в воздухе, потому что его плотность в тысячи раз больше плотности воздуха. Если делать из пластилина шар все большего радиуса со все более и более тонкими стенками, мы будем увеличивать объем шара при неизменной массе, так что средняя плотность будет уменьшаться. Когда средняя плотность сравняется с плотностью воздуха, шар сможет висеть в воздухе. Для этого нужно, чтобы внутри шара воздуха не было, иначе средняя плотность заполненного шара будет больше плотности окружающего воздуха. Но тогда атмосферное давление сплющит тонкостенный шар.

Примерно то же произойдет, если стенки шара будут металлические. Чтобы шар висел в воздухе,

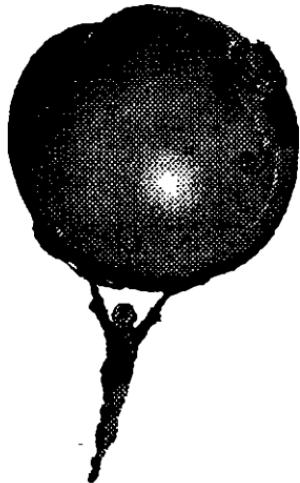
стенки должны быть тоньше бумажного листа. При большом радиусе шара у него будет большая площадь, и атмосферное давление будет на него действовать с большой силой.

Поэтому смогли полететь только шары, заполненные газом (с плотностью меньшей плотности окружающего воздуха). Газ внутри оболочки не позволяет ей сплющиться под действием атмосферного давления.

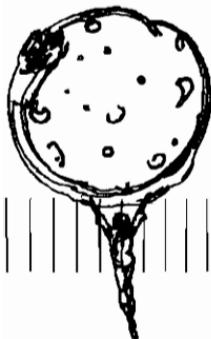
214. «Атланты держат небо»

Если Мировой океан испарится, вся его масса перейдет в атмосферу и сила тяжести всей воды создаст дополнительное атмосферное давление $P^*=mg/S$, где S — площадь поверхности земного шара, $m=2\rho SH/3$ — масса воды в Мировом океане. Учтено, что Мировой океан занимает $2/3$ земной поверхности, $H=4$ км = $4 \cdot 10^3$ м — средняя глубина океана, $\rho=10^3$ кг/м³ — плотность воды. С учетом этого $P^*=2\rho g H/3=2,7 \cdot 10^7$ Па = 270 Ат.

Выходит, что дополнительное давление в 270 раз будет превышать нынешнее атмосферное давление.



Приложения



Толковый словарь к первой части



Явление — любое событие, происходящее в действительности. События, которые происходят во сне, в мечтах, в воображении, физики явлениями не считают.

Величина — число, которое описывает какое-нибудь свойство тела или явления. Величина не всегда что-нибудь великое. Масса комара — тоже величина, хотя и равна всего лишь 10 мгм.

Гипотеза — предположение о том, что было, есть или будет, но не любое, а только такое, которое подлежит проверке. Например: «Ангел имеет форму человека с крыльшками» — не гипотеза, а «Вся наблюдаемая Вселенная возникла 15 млрд лет назад» — гипотеза. Гипотеза в физике — тоже самое, что версия в криминалистике.

График — описание происходящего с помощью линии на координатной плоскости (так сказать, ожившая таблица).

Закон — правило, которому подчиняется физическое явление. Часто (но не всегда) закон выражается формулой. Пословица «Закон что дышло — куда повернул, туда и вышло» к физическим законам непри-

менима. Лучше и не пробуйте — может выйти боком. А вот пословица «Нет правил без исключений» справедлива и для физических законов.

Измерение — сравнение какой-либо величины с другой величиной того же названия — например, рост удава с ростом попугая. (Роста попугая в этом примере называют единицей измерения.)

Измерительный прибор — устройство для измерения какой-либо величины. Разные измерительные приборы устроены по-разному, но все они имеют шкалу и почти все — указатель (кроме линейки, для которой указателем служит само измеряемое тело).

Наблюдение — говорят, что человек наблюдает какое-либо явление, если смотрит на него, никак не пытаясь вмешаться. Иначе это уже не наблюдение, а эксперимент. Наблюдение всегда имеет цель.

Таблица — описание величин в виде строчек или столбиков с числами. Таблица хороша тем, что ее можно составить только по результатам опыта, а плоха тем, что, глядя на таблицу, не всегда можно предсказать, как поведут себя величины в следующий раз.

Тело — любой предмет, существующий в природе. Физикам наплевать, камень это, мышь, человек, тигр, планета или звезда, — они называют все это физическими телами.

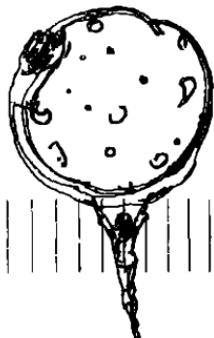
Теория — связный рассказ о том, как и почему происходят явления, каким законам они подчиняются. Этот рассказ обычно сопровождается изрядным количеством формул, графиков и таблиц. Теория должна точно описывать ход явлений, кроме того, она должна предсказывать новые явления. Например, теория движения планет предсказывает на тысячи лет вперед, где бу-

дет находиться любая планета. Главный судья в теории — опыт. «Теория, не подтвержденная фактами, — все равно, что святой, не сотворивший чуда». (*Парацильс, средневековый мудрец и врач*)

Формула — математическое выражение, связывающее физические величины. Зная формулу, можно предсказать, как будет происходить явление. Физическая формула больше ни для чего и не нужна.

Цена деления — отнюдь не стоимость одного из действий арифметики, а количество единиц измерения, приходящееся на промежуток между двумя соседними штрихами шкалы измерительного прибора.

Эксперимент — явление, которое должно происходить так, как мы задумали. Это — вопрос Природы: «А что будет, если мы сделаем вот так?» Природа отвечает на вопрос, движая стрелки измерительных приборов, — больше вы от нее ничего не добьетесь. При этом природа не врет, но и не подсказывает. «Господь Бог хитер, но не зловреден». (*А. Эйнштейн*)



Приложение 1

■ «Правила игры» развивающего обучения (вольный перевод с Репкина)

1. Сверхзадача.

Ученик — действующая личность. Цель обучения — развитие личности. Содержание обучения — система научных понятий.

2. Барьер.

Каждое новое понятие вводится с помощью ситуации, с которой ученики не могут справиться, пользуясь только старыми понятиями.

3. Зона.

Поставленные цели должны находиться в зоне ближайшего развития учеников.

4. Путь.

В ходе решения ученики в свернутом и упрощенном виде должны воспроизвести действия, которые совершают исследователь при решении задачи. При этом ученики сами открывают для себя внутреннюю логику предмета.

5. Поиск.

Поиск решения задачи проводится совместно учителем и учениками. При этом деятельность между ними распределяется.

6. Модель.

В ходе решения учебной задачи должна появиться модель, определяющая принципы построения действий с понятиями.

7. Проба.

Полученная модель должна быть испробована и на других задачах.

8. Запечатление.

Результаты работы должны быть зафиксированы.

9. Серый кардинал.

Роль учителя — в координации совместных действий:

- a) выработка плана совместных действий;
- b) преобразование задачи после каждого шага.

Преобразование должно проводиться так, чтобы ученики сами могли найти следующий шаг.

10. Свобода выбора.

Формы работы — любые, если они обеспечивают, во-первых, свободу, а во-вторых, направление на цель.

11. Бой быков.

Одна из форм диспута — коллективный учебный диалог, в котором допускается столкновение точек зрения. Учитель при этом помогает прояснить точки зрения, сформулировать их, взвесить все «за» и «против».

12. Скоро сказка сказывается...

Настройка такой работы требует значительного времени. При этом «время настройки» может для различных классов сильно меняться. Ситуация неплохо описывается одним из законов Мерфи: «Нельзя измерить глубину лужи, прежде чем в нее не попадешь».



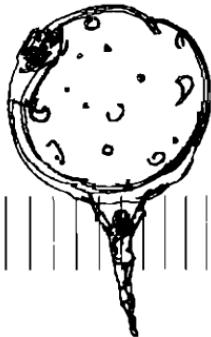
Приложение 2

■ Организация групповой работы

1. Класс делится на группы (команды) по 5—9 человек. Состав групп определяется взаимным выбором ребят.
2. Группам дается задание (вопрос для обсуждения или открытая задача). Определяется, сколько времени дается на обсуждение.
3. Все мнения, высказанные членами группы, кратко записываются. На этом этапе по «правилам игры» всякая критика запрещена.
4. После того, как мнения зафиксированы, группа критически обсуждает все предложения.
Слепые не могут глядеть гневно,
Глухие не могут кричать яростно,
Безрукие не могут держать оружие,
Безногие не могут идти вперед.
Но — глухие могут глядеть гневно,
Но — слепые могут кричать яростно,
Но — безногие могут держать оружие,
Но — безрукие могут идти вперед.
5. Предложения, «выжившие» внутри группы, записываются на доске «спикером» группы. При этом не допускается критика ни со стороны других групп, ни со стороны учителя. Дополнения допустимы.

Геннадий Головатый

6. Предложения критически обсуждаются в «бою», проходящем между группами. «Выжившие» мнения комментирует учитель. Довольно часто оказывается, что «контрольное решение» (то, которое считает правильным сам учитель) «вымерло» при критическом обсуждении еще на первом этапе (п. 4).
7. Если группы и учитель
пришли к согласию, под- **Закон природы**
водятся итоги. Они долж- *Повторяйте же на дорогу*
ны быть кратко зафиксиро- *не для кружева слова,*
рованы. Если согласия нет, если все шагают в ногу —
итоги считаются предвари- *а поверьте же, ей-богу,*
тельными. При этом у не- *из все шагают в ногу —*
согласных сохраняется *мост обрушивается...*
возможность подобрать к следующим урокам мате-
риал в защиту своей точки зрения (при помощи учи-
теля).
8. За соблюдением «запрета на преждевременную кри-
тику» внутри группы (п. 3) следит капитан команды,
а на втором этапе (п. 5) — учитель. В свою очередь
«спикеры» следят, чтобы учитель тоже соблюдал это
правило.



Таблицы величин



Пустые клетки заполните сами.

■ Размеры. Расстояния. Высоты

Диаметр молекулы кислорода	0,0003 мм
Длина вируса	0,0003 мм
Длина бактерии	0,003 мм
Диаметр красной кровяной клетки	0,0075 мм
Диаметр пули от автомата	
Ширина спичечной коробки	
Длина спичечной коробки	
Калибр ствола Царь-Пушки	0,89 м
Длина ствола Царь-Пушки	5,34 м
Размеры кирпича	
Диаметр винта вертолета	21 м
Длина синего кита	33 м
Длина самолета Ил-86	59,5 м
Миля английская	1609 м
Миля морская	1852 м

Длина Нила	6670 км
Радиус Земли	6370 км
Расстояние до ближайшей звезды	4×10^{16} м
Ваш рост	
Высота футбольных ворот	
Рост страуса	до 2,8 м
Рост жирафа	до 6 м
Высота одного этажа	около 3 м
Высота падающей башни в Пизе	54,5 м
Высота пирамиды Хеопса	137 м
Высота австралийского эвкалипта	до 150 м
Высота Московского университета	240 м
Высота Останкинской башни	540 м
Высота Монблана (Альпы)	4807 м
Высота Эльбруса (Большой Кавказ)	5642 м
Высота Джомолунгмы (Гималаи)	8848 м
Мировой рекорд высоты полета на реактивном самолете	37650 м
Рекордная глубина погружения батискафа в море	10919 м
Глубина Марианской впадины	11022 м

Скорости

Улитка	1,4 мм/с
Черепаха	5—14 см/с
Эскалатор метро	0,75—0,9 м/с
Пешеход	1,2—1,7 м/с
Муха	5 м/с
Мировой рекорд в беге на 10000 м	6,12 м/с
Акула	8,3 м/с
Мировой рекорд в беге на 100 м	10,16 м/с
Борзая	16 м/с
Штормовой ветер	19—21 м/с
Автобус	
Поезд метро (средняя скорость)	15 м/с
Скворец	20,6 м/с
Гепард	31 м/с
Самолет Ил-18	160 м/с
Звук в воздухе	330 м/с
Снаряд современного орудия	1000 м/с
Современный боевой самолет	до 3 км/с
Луна вокруг Земли	1 км/с
Космический корабль вокруг Земли	Около 8 км/с
Земля вокруг Солнца	29,8 км/с
Свет (самая большая скорость в природе)	299792 км/с

Твердые вещества

Пробка	220 - 260 кг/м ³
Литий (наименее плотный металл)	540 кг/м ³
Сосна сухая	520 кг/м ³
Дуб сухой	780 кг/м ³
Лед	900 кг/м ³
Пчелиный воск	970 кг/м ³
Тело человека	1040 кг/м ³
Кирпич	1800 кг/м ³
Поваренная соль	2200 кг/м ³
Фарфор	2200—2500 кг/м ³
Стекло	2500 кг/м ³
Алюминий	2700 кг/м ³
Цинк	7100 кг/м ³
Олово	7300 кг/м ³
Железо, сталь	7800 кг/м ³
Латунь	8500 кг/м ³
Медь, бронза	8940 кг/м ³
Серебро	10500 кг/м ³
Свинец	11340 кг/м ³
Золото	19320 кг/м ³
Платина	21460 кг/м ³
Осмий	22610 кг/м ³

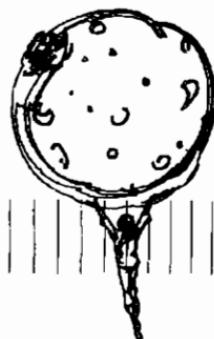
Жидкости

Бензин	700 кг/м ³
Керосин	800 кг/м ³
Нефть	800 кг/м ³
Спирт	800 кг/м ³
Подсолнечное масло	925 кг/м ³
Вода	1000 кг/м ³
Вода морская	1015-1050 кг/м ³
Кровь	1050 кг/м ³
Мед	1345 кг/м ³
Ртуть	13600 кг/м ³

Газы (при нормальных условиях)

Водород	0,09 кг/м ³
Гелий	0,18 кг/м ³
Метан (горючий газ)	0,72 кг/м ³
Азот	1,26 кг/м ³
Воздух	1,29 кг/м ³
Кислород	1,43 кг/м ³
Углекислый газ	1,98 кг/м ³

Электрон	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Атом водорода	$1,76 \cdot 10^{-27}$ кг
Молекула воды	$3 \cdot 10^{-26}$ кг
Вирус гриппа	$6 \cdot 10^{-19}$ кг
Красная кровяная клетка	$1 \cdot 10^{-13}$ кг
Бактерия	$5 \cdot 10^{-12}$ кг
Крылышко муки	$5 \cdot 10^{-8}$ кг
Колибри	0,0017 кг
Пуля от автомата	0,0079 кг
Хоккейная шайба	0,16 кг
Футбольный мяч	0,4 кг
Велосипед "Турист"	12,5 кг
Первый искусственный спутник	83,6 кг
Слон	4500 кг
Синий кит	до 150000 кг
Московский университет	500000000 кг
Земля	6×10^{24} кг
Солнце	2×10^{30} кг
Наша Галактика	$2,2 \times 10^{41}$ кг



ОГЛАВЛЕНИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ



1. Прелюдия, или Как играть с Природой

1. Входной математический тест	18
2. Несовершенство органов чувств. Зрительные и тепловые иллюзии	25
3. Измерение. Пределы измерения, процесс изме- рения, необходимость единой системы мер	28
4. Измерение расстояний до недоступных объектов и их размеров. Размеры удаленных объектов и расстояния до них	39
5. Величины разных масштабов	45
5.1. «Лестница масштабов»	45
5.2. Измерения больших размеров и расстояний. Астрономия — первая отрасль физики	47
5.3. Измерение малых размеров и расстояний	54
6. Большие и малые промежутки времени	61
6.1. Измерение больших промежутков времени	62
6.2. Измерение малых промежутков времени	65
7. Таблицы, графики, формулы — способы сохранить и точно передать информацию. Математика — язык физики	68
8. Структура физической задачи. Предсказание — главная цель науки	72
9. Научный метод: наблюдение, размышление, эксперимент. Гипотезы, их проверка и отбор	77
10. Связь физики с другими науками	85

11. Наука — система решенных задач	92
11.1. Природа — источник задач	92
11.2. Приемы активизации поисков при решении задач.	
Выбор физической модели	94
11.3. Преодоление психологической инерции	97
12. Задачи	100
13. Итоговый тест	107
14. Контрольные вопросы к Прелюдии	109

II. **Физика собственной персоной**

Предисловие ко второй части для учителя	112
Слово — знатокам!	116
1. Движение	119
1.1. Как описать движение	119
1.2. Относительность движения	124
1.3. Сложение движений	130
1.4. Типичные задачи на движение	133
1.5. Задачи к 1-й главе	136
2. Силы	143
2.1. Сила — мера взаимодействия	143
2.2. Измерение сил	145
2.3. Сила упругости	147
2.4. Сила изменяет скорость	150
2.5. Механическая работа	156
2.6. Простые механизмы	158
2.7. Мощность	163
2.8. Задачи к 2-й главе	166
3. Строение вещества и его характеристики	168
3.1. Плотность	168
3.2. Молекулярное строение вещества	179
3.3. Давление	188
3.4. Задачи к 3-й главе	194
4. Гидроаэростатика	197
4.1. Давление в жидкости и газе	197
4.2. Давление столба жидкости	203
4.3. Сообщающиеся сосуды	207

4.4. Плавание тел	210
4.5. Физические свойства атмосферы	219
4.6. Равновесие тела в газе	227
4.7. Задачи к 4-й главе	229
5. Задачи	233
5.1. Задачи к 1-й главе	233
5.2. Задачи к 2-й главе	235
5.3. Задачи к 3-й главе	235
5.4. Задачи к 4-й главе	236
5.5. Задачи на разные темы	238

III.

Решения задач

Решения задач к первой части	256
Решения задач ко второй части	274

IV.

Приложения

Толковый словарь к первой части	336
Приложение 1. «Правила игры»	
развивающего обучения	344
Приложение 2. Организация групповой	
работы	341
Таблицы величин	343
Размеры. Расстояния. Высоты	343
Скорости	345
Таблицы плотностей	346
Массы	348
Оглавление для учителя	349

Серия «Учение с увлечением»

Камин Александр Леонидович
ФИЗИКА.
РАЗВИВАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ
КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ
7-й класс

**Ответственный редактор Э. А. Юсупянц
Обложка В. Кириченко
Корректоры: В. Югобашян, В. Иванова**

**Лицензия ЛР № 065194 от 02 июня 1997 г.
Сдано в набор 24.10.2002. Подписано в печать 25.01.2003.
Формат 84×108/32. Бум. тип № 2.
Гарнитура SchoolBook. Печать высокая. Усл. п. л. 18,48.**

Тираж 5000 экз. Заказ № 813.

**Издательство «Феникс»
344002, г. Ростов-на-Дону, пер. Соборный, 17
Изготовлено с готовых диапозитивов в ФГУИПП «Курск»
305007, г. Курск, ул. Энгельса, 109**



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

OZON.RU



29036378

ISBN 5-222-03030-X



9 785222 030301