

Приложение для любознательных

Самым непонятным в нашем мире является то, что он все-таки понятен.
А. Эйнштейн

РЕАЛЬНЫЙ МИР; МОДЕЛИ; СИММЕТРИЯ

1. РЕАЛЬНЫЙ МИР И МОДЕЛИ



В своем воображении я свободен рисовать как художник.

Воображение важнее знания. Знание ограничено.

Воображение охватывает весь мир.

А. Эйнштейн

Вспомним и уточним понятие «модель», о котором упоминалось во Введении.

Окружающий мир познаем. Это значит, что из сложного и непонятного можно выделить простое и ясное в виде некоторой **совокупности признаков** рассматриваемого объекта. Такую упрощенную схему будем называть **моделью** реального объекта.

Наблюдая мир, мы интуитивно выделяем некоторые признаки окружающих объектов. Каждый делает это по-своему. Поэтому у каждого *своя картина мира*.

Совокупность признаков объекта можно запомнить или записать на бумаге. Но их можно и **материализовать** в виде детской игрушки (куклы), мраморной статуи, литературного произведения или научной теории, математической модели (турбореактивного двигателя, популяции животных, социальных процессов в обществе), технического устройства и т.п. Всё это **модели**.

Любая **модель**, являясь **схемой реального объекта**, **всегда отличается от него**.

Научная картина мира — это тоже сложная **модель**, построенная на тщательно отобранных и проверенных моделях явлений, созданных многими поколениями исследователей. В процессе развития науки происходит постоянное обновление существующих и создание новых научных моделей, более полно (но не до конца!) отражающих реальность. *Научная картина мира — не догма и не абсолютная истинка. «Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой» — А. Эйнштейн.*

Отличие модели от реального объекта принципиально и устранимо быть не может. В этом смысле любая реальность остаётся «вещью в себе». Всегда остаётся «что-то», о чём мы сказать ничего не можем.

Изображение (**модель**), полученное на принтере, можно воспроизвести с различным разрешением, но копия **всегда** будет отличаться от исходного прототипа. Не существует способа точного повторения оригинала.

Гениальные произведения искусства и технические устройства, составляющие основу современной цивилизации, тоже **овеществленные модели, не вполне адекватные прототипу**. Лучшие из них прекрасно соответствуют **целям, поставленным** их создателями. Но ни один самый совершенный литературный роман не воспроизводит всех тоностей жизненных ситуаций. Современные летательные аппараты летают быстрее и дальше своих прототипов — птиц. Они весьма многообразны и соответствуют своему назначению, но ни один из них не может, например, прыгать с ветки на ветку. Компьютер во многом превосходит, но не заменяет человеческий мозг.

Отсюда, в частности, следует, что

- процесс познания **бесконечен**;
- невозможно создать ничего, **полностью совпадающее с реальным объектом**.

Содержание математики можно определить как систему математических моделей. Все естественные и общественные науки занимаются созданием и изучением своих моделей.

Например, математика занимается изучением **непрерывных и дискретных объектов** (моделей). Непрерывные объекты (**пространство, силовое поле, сплошные среды — вода, воздух**) не имеют определённых границ и формы. Напротив, дискретные объекты (**яблоко, треугольник, окно**) имеют чётко выраженные границы и форму. Дискретные объекты можно обозначить буквами или числами.

Простейшей моделью **дискретного** объекта, размерами которого можно пренебречь, является **точка**. Такую модель удобно использовать в задачах типа: «**объект M перемещается из пункта A в пункт B**».

Очень удобной физической моделью объекта, формой и размерами которого можно пренебречь, является **материальная точка**, учитывающая факт существования и инертность (массы **m**) объекта (два признака).

Две **точки** — это уже простейшая модель **системы** тел. Можно говорить о состоянии их **относительного покоя** или **движения**. **Система из двух материальных точек** позволяет исследовать их **взаимодействия**.

Модели непрерывных объектов — это «бесконечные множества точек», обладающих определёнными свойствами. Например, все точки «пустого» ньютоновского пространства совершенно одинаковы и свободны от каких-либо воздействий других тел или полей. Вода — сплошная среда, «бесконечное множество точек», обладающая определёнными свойствами. Для математического описания таких моделей используются функции координат и времени. Например, скорость **v** в каждой точке **(x,y,z)** потока воды может изменяться и со

временем (t). Таким образом: $\mathbf{v} = \mathbf{v}(x, y, z, t)$. Графически в каждой точке потока вектор скорости \mathbf{v} представится соответствующей стрелкой, рис. 1. Причём такая картинка может непрерывно изменяться со временем t .

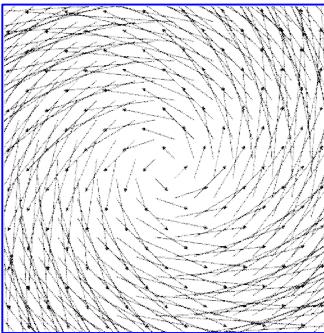


Рис. 1. Приблизительно так выглядит поле скоростей в стакане с чаем при его размешивании.

Очень часто модели (в математике и не только) представляют собой «предельные» идеализированные образы. Такие модели возникают, например, в результате мысленных экспериментов.

Окружность – геометрическое место точек, равноудалённых от точки-центра. Но окружность можно представить, как предел, к которому стремится правильный многоугольник при увеличении числа его сторон (см. рис. 10 во «Введении»). Вообще, кривая – это предел, к которому можно приблизиться ломаной линией, если уменьшать длину и увеличивать число отрезков, из которых она состоит, рис. 2.

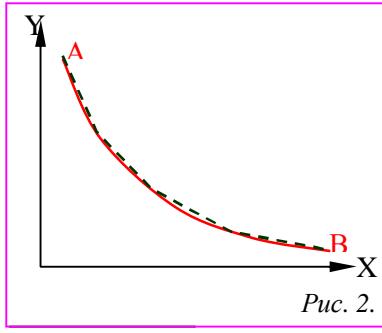


Рис. 2.

Закон инерции – фундамент, на котором покоится все учение о движении тел. И вместе с тем к **абсолютно свободному, инерциальному движению можно лишь приближаться**, устранивая внешние воздействия других тел. Это тоже пример *предельной модели*.

Модели отличаются по своей сложности – например, по *числу признаков*. При этом **простейшие модели** наиболее универсальны, а **сложные – индивидуальны**, уникальны.

Яхту и планету Земля можно считать точками при исследовании, например, их положений в океане (на карте, глобусе) и на околосолнечной орбите соответственно. Если их принять за материальные точки с массами m и M , задать начальное состояние и действующие силы, то уравнения Ньютона позволят рассчитать их координаты и скорости в каждый момент времени. Получение более глубоких и подробных сведений об этих объектах потребует дальнейшего усложнения их моделей и самих исследований.

Классическая механика Галилея-Ньютона, сделавшая революцию в естествознании и по сей день имеющая чрезвычайно широкое применение, построена на *простейших* моделях (см. Приложение №4). Классические произведения искусства и современный ускоритель элементарных частиц – примеры *的独特* по сложности, но не столь универсальных моделей.

Познавательные и творческие модели преследуют, вообще говоря, различные цели.

Цель *первых* – из сложного и непонятного выделить простое и ясное. Это требует чёткости, максимальной простоты модели, умения пренебречь второстепенным.

Перед *вторыми* обычно стоят многогранные задачи. Это, как правило, сложные и очень сложные модели.

Реальность доступна нам только через модели: познание и творчество возможно только через создание и изучение соответствующих моделей. С появлением компьютеров возможности создания и исследования моделей значительно увеличились.

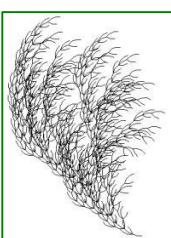


Рис. 3. Модель ветки дерева. Фрактал.

Сравнительно недавно научились создавать математические (позволяющие делать количественные оценки) модели таких сложных объектов, как движущаяся броуновская частица (см. рис. 17.1б, Глава 1), ветки деревьев, рис. 3, облако. Раздел математики, позволяющий разрабатывать такие модели, получил название *фрактальной*¹ геометрии.

Совокупность моделей – это наше осознание мира. Эта совокупность у каждого своя. Она определяет наше индивидуальное отношение к реальному миру в процессах его познания и преобразования. О её соответствии реальности можно судить, прежде всего, по результатам практической деятельности данного человека.

Элочка-людоедка, рис. 4 — персонаж юмористического романа «Двенадцать стульев» И. Ильфа и Е. Петрова. Словарь Элочки-людоедки составлял 30 слов, но ими она могла выразить любую свою мысль. В переносном смысле, «Элочка-людоедка» — литературная модель человека с ограниченным словарным запасом.

Прозвище «людоедка» ей дано авторами как сравнение с людоедами племени Мумбо-Юмбо, чей словарный запас был всё же в 10 раз больше – 300 слов.

Основным смыслом существования Элочки были наряды и «светская», гламурная жизнь. По всей видимости, Элочка не имела себе равных в своём кругу, поэтому соревнование вела с заморской Вандербильдихой, о которой читала в модных журналах.



Рис. 4. Бронзовая скульптура Элочки-людоедки.

¹ От лат. "fractus", — дробленый, ломаный, разбитый

2. СИММЕТРИЯ

Основа природы – инварианты.

2.1. ЧТО ТАКОЕ СИММЕТРИЯ?

Вы знаете, что законы физики проще всего выглядят в **инерциальной** системе координат. Но существует ли самая разумная точка зрения, самая разумная «система координат» для понимания **всего** сущего?

Подобными вопросами задавались многие поколения наших предков. Так появилось слово «симметрия», что в переводе с греческого означает **соподчиненность**. Посредством *идеи симметрии*, интуитивно или сознательно, человек на протяжении тысячелетий пытается постигнуть и воспроизвести порядок, красоту, совершенство. Симметрия с незапамятных времён обладала притягательной силой. Многим творениям человеческих рук придаётся симметричная форма. Античные философы считали симметрию сущностью вечного и прекрасного; порядка и определенности. Архитекторы, художники, поэты и музыканты всегда следовали законам симметрии.

Идея симметрии проходит через всю историю человеческой цивилизации. Её широко используют все без исключения направления современной науки, техники и искусства. Принципы симметрии играют важную роль в физике и математике, химии и биологии, технике и архитектуре, живописи и скульптуре, поэзии и музыке, в нашей повседневной жизни. При более близком рассмотрении оказывается, что и законы природы, управляющие неисчерпаемым

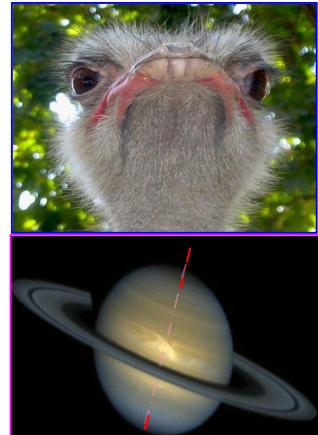


Рис. 5. Симметрия в живой и неживой природе.



Рис. 6. 1). Симметричный во всём Мавзолей Тадж-Махал в Индии – символ вечности. 2). Симметрия самолёта и спокойной поверхности океана.



Рис.7. Зеркальная симметрия 1) бабочки; 2) фонтана и парковой архитектуры.

многообразием явлений, подчиняются принципам симметрии.

Нам нравится смотреть на проявление симметрии в природе, на симметричные сферы планет и Солнца, рис.5, кристаллы, снежинки (см. рис. 25.1; 26.1, § 12). На цветы, на бабочек рис.6, 7, которые почти симметричны...

Но что же такое **симметрия** в современном представлении?

Симметрия – это **сохранение чего-то (некоторых признаков, состояний, свойств, процессов, уравнений, формул) в результате каких-либо преобразований**. При этом то, что сохраняется, называют **инвариантами** (от лат. *invarians* — неизменный).

Асимметрия – **нарушение симметрии**. Чем сложнее объект, тем труднее ему сохранять симметрию.

Можно дать следующее определение симметрии.

Симметрия – совокупность инвариантных свойств объекта.

Взаимодействуя с природой (познавая и преобразуя её) мы опираемся на инвариантность наших моделей реального мира. Ведь модель определяет то, что мы смогли понять или пытаемся создать.

Симметрия (инвариантность) является одним из наиболее фундаментальных свойств мироздания: неживой, живой природы, человека, общества.

Например, может ли существовать что-либо общее между такими объектами как яблоки, горы, звёзды на небе, птицы на ветке? Оказывается да! Это дискретные объекты. У них есть общее свойство, которое сохраняется — количество. В этом и состоит их **симметрия**. Может быть **два яблока, две горы, две звёзды, две птицы**. Причём

два + три = пять – это будет верно для яблок, гор, звёзд, птиц. Поняв это, люди **научились считать**. Это было гениальное открытие. Возникли невиданные до этого возможности познания мира. Началось развитие арифметики, а затем и других разделов математики – основного языка общения с природой.

Мир бесконечно многообразен и непрерывно изменяется. Пытаясь разобраться в окружающем, мы стремимся в многообразии выделить нечто общее, инвариантное сохраняющееся. Поиск и анализ симметрий помогает этому. Например, открытые человеком **законы природы** – это положения, выделяющие **общее, инвариантное в частном многообразии**.

2.2. ПРИМЕРЫ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ СИММЕТРИЙ

О **зеркальной симметрии двух объектов** говорят, когда один из них является зеркальным отражением другого, рис. 8. При этом каждый из этих объектов может быть асимметричным.

Однажды профессор математики из Оксфорда, доктор Чарльз Доджсон разговаривал с маленькой девочкой. «В какой руке ты держишь апельсин? — спросил он.— В правой, — ответила девочка. — А в какой руке апельсин у девочки в зеркале? — В левой.— Как же это объяснить? — спросил доктор Доджсон. — Очень просто, — сказала девочка. — Ведь если бы я стояла за зеркалом, апельсин был бы у моего зеркального отражения в правой руке». Доктор Доджсон (а он был автором знаменитой книги «Алиса в стране чудес» под псевдонимом Льюис Кэрролл) пришел в восторг от этого ответа и написал

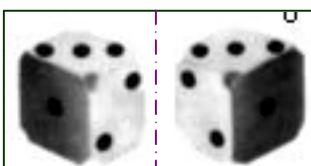


Рис. 8. Зеркало не просто копирует объект, но и переставляет передние и задние по отношению к зеркалу части объекта.

Зазеркальный двойник оказывается **вывернутым** относительно плоскости зеркала.

Правая рука – зеркальное отражение левой.



Рис. 9. Алиса перед зеркалом и в зазеркалье.

другую книгу — «Алиса в Зазеркалье», рис.9. Героиня её так описывает свой дом, отраженный в Зеркале: «Во-первых, там есть вот эта комната, которая начинается прямо за стеклом. Она совсем такая же, как наша гостиная, только там все наоборот!.. А книжки там очень похожи на наши, только слова написаны задом наперед. Я это точно знаю, потому что я показала им нашу книжку, а они показали мне свою!»

Чтобы проверить зеркальную симметрию какой-то установки, можно построить такую же установку, в которой все детали и их расположение будут зеркально симметричны. Если обе установки будут давать одинаковый результат, значит, они зеркально симметричны.

.При взаимодействии тел силы действия и противодействия зеркально симметричны (см. 3-й закон Ньютона § 31.3): $F_{21} = -F_{12}$.

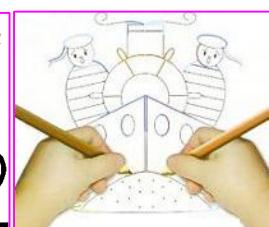
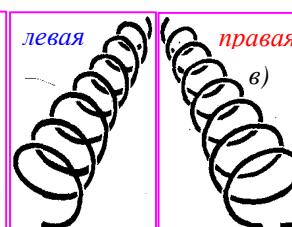
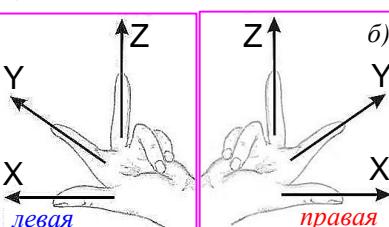
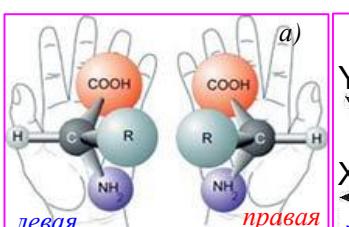


Рис. 10. Киральные – зеркально асимметричные объекты, которые совместить невозможно: а) левая и правая молекулы аминокислоты; б) правая и левая системы координат; в) левая и правая спирали.

Рис. 11. Рисунки левши и правши.

На рис.10 изображены пространственные модели двух зеркально симметричных молекул аминокислоты. Никакими перемещениями и поворотами нельзя их совместить. Они отличаются, как отличаются друг от друга левая и правая перчатки, левые и правые ботинки, левые и правые винты и т. п. Это свойство, проявляющееся в том, что объект оказывается нетождественным со своим зеркальным образом, называют киральностью – от греческого «кир», что означает «рука».

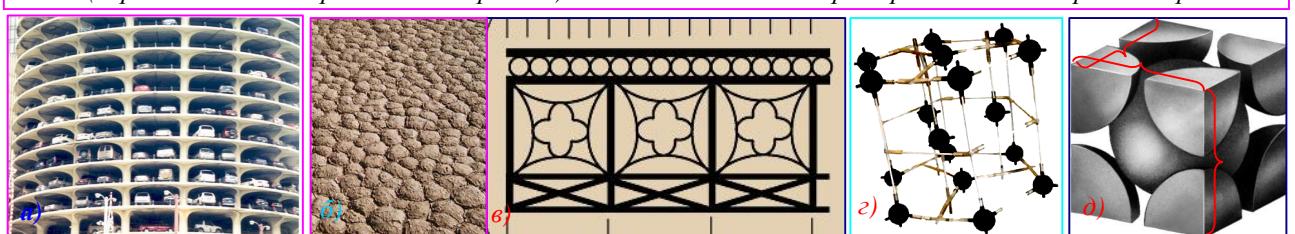
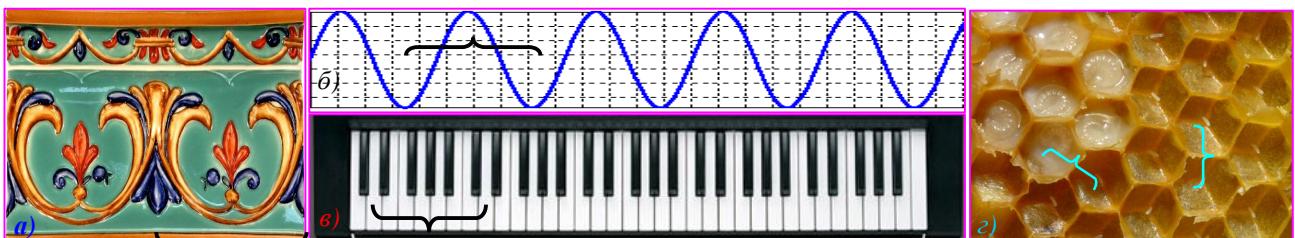
Молекулы, из которых построены живые организмы, зеркально киральны. Они встречаются в природе лишь в каком-то одном варианте – либо «левом», либо «правом». Так, двойная спираль молекулы ДНК всегда **правая**:

если смотреть вдоль ее оси, то при движении по винтовой линии по часовой стрелке точка будет удаляться от наблюдателя, *рис. 10*.

Зеркально симметричным считается объект, состоящий из двух половин, переходящих друг в друга при отражении в зеркальной плоскости, которую называют плоскостью симметрии, см. *рис. 5–7*. Зеркальная симметрия явлений природы — неточная, как и большинство других симметрий, см. *рис. 12, 13*.



Очень часто встречается **симметрия переноса**¹. О такой симметрии говорят тогда, когда при переносе фигуры вдоль прямой на какое-то расстояние «*a*», либо расстояние, кратное этой величине, она совмещается сама с собой. Прямая, вдоль которой производится перенос, называется **осью** переноса, а расстояние «*a*» — **периодом**. С данным типом симметрии связаны различные (одно-, двух- или трёхмерные) периодические структуры: одна и та же структура периодически повторяется, *рис. 14, 15*.



Такой симметрией обладают кристаллические решётки. В музыке это представляется повторением одного и того же ритмического рисунка или мелодии, обычно с небольшими изменениями (см. последнюю страницу «**Введения**», прелюдия до-минор И. С. Баха). Четверть века и года; времена поколений; передача наследственных признаков из поколения в поколение — это тоже примеры **переносной симметрии во времени**.

¹ Её также называют трансляционной.

Говорят, что объект обладает **поворотной симметрией**, если он совмещается сам с собой при повороте на угол $2\pi/n$, где n может равняться 2, 3, 4 и т.д. до бесконечности. Ось симметрии называется осью n -го порядка, рис. 16.

В предельном случае $n \rightarrow \infty$, говорят об **осевой симметрии вращения**, рис. 17.

Например, колесо или планету (рис. 1) можно повернуть на любой угол относительно оси.



Рис. 16. Примеры поворотной симметрии: а) купол; б) орнамент; в) люстра; г) гранёный камень; д) кристалл; е) гранёный стакан.



Рис. 17. Примеры осевой симметрии: а) яблоко; б) лампочка; в) купол; г) станция слежения; д) бокал; е) подсвечник; ж) ананас; ж) конус; з) кипарис; и) балясины.

Существует очень важная **перестановочная симметрия**. Она заключается в том, что *если тождественные объекты поменять местами, то никаких изменений системы не произойдёт.*

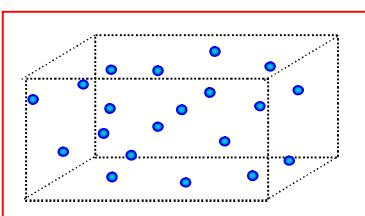


Рис. 18. Модель идеального газа состоит из хаотически двигающихся неразличимых упругих материальных точек.

Если объекты одинаковы, нельзя установить их замену. Кто из них кто — это непроверяемый, а значит, и ненаучный вопрос. Многие теории при исследовании множеств микрочастиц, популяций животных и других *статистических ансамблей*, исходят из моделей, предполагающих неотличимость одинаковых объектов.

Никакие физические явления не должны изменяться при перестановке двух одинаковых частиц, например двух одинаковых молекул (рис. 18), двух электронов или двух нейтронов.

Утверждая, что «линия — это геометрическое место точек», мы подразумеваем совокупность неотличимых бесконечно малых геометрических объектов. Модель свободного, «пустого» пространства Галилея-Ньютона можно представить как объём, все точки которого *идентичны* в том смысле,

что в них отсутствует какое-либо силовое влияние материальных тел или полей. Поэтому материальная точка, где бы она в таком пространстве ни находилась, тоже будет свободной.

Непреодолимые трудности для посторонних создают идентичные близнецы, особенно когда они для развлечения выдают себя один за другого. Их путают даже родители. Марк Твен, рассказывая о своем брате-близнеце, утонувшем в корыте, замечает: «Никто так и не узнал, кто на самом деле утонул, я или мой брат».

Симметрии подобия представляют собой своеобразные аналоги предыдущих симметрий с той лишь разницей, что они связаны с одновременным подобным уменьшением или увеличением частей фигуры и расстояний между ними. Простейшим примером такой симметрии являются матрешки, рис. 19.

При разработке новых объектов (самолёта, дома, яхты) обычно проводят исследования на их уменьшенных копиях — технических моделях. Перед военными сражениями многие военачальники использовали геометрически подобные уменьшенные модели военной техники, ландшафта местности, миниатюрных солдатиков. Большинство детских игрушек является уменьшенными геометрически подобными копиями реальных объектов. Такова, например, настольная железная дорога (с маленькими локомотивами, вагончиками, рельсами, вокзалами, мостами).

Фрактальная симметричность. Слово «фрактал» образовано от латинского *fractus* и в переводе означает «состоящий из фрагментов» (кусочков чего-то). Оно предложено французским математиком Бенуа Мандельбротом для обозначения геометрических



Рис. 19. Матрёшки — пример симметрии подобия.

структур, которыми он занимался². Одним из основных свойств фракталов является **самоподобие**: небольшая часть фрактала содержит информацию о всем фрактале. Определение фрактала, данное Мандельбротом, звучит так: "Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому".

Такая **масштабная инвариантность**, наблюдаемая во фракталях, может быть либо точной, либо приближённой. Фракталы описываются специальными формулами. Благодаря введению фракталов стало возможным исследовать сложные геометрические объекты. Сегодня фракталы широко используются в компьютерной графике для рисования облаков, поверхности воды, линий берегов (рис. 20–23) и т.д. Фракталы часто встречаются в природе. Поэтому фрактальная геометрия – раздел современной математики, позволяющий моделировать и изучать многие объекты природы.



Рис. 20. Фрактальные структуры в природе: а) кровеносная система; б) дерево; в) облако; г) горный пейзаж; д) кристаллическая структура; е) «песок в пустыне».

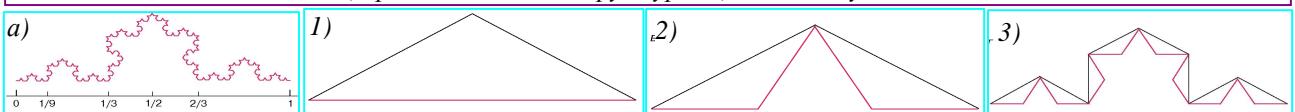


Рис. 21. Стадии построения простейшего фрактала – «Кривая Коха» (а): 1) отрезок прямой; 2) ломанная из четырёх равных отрезков; 3) следующая операция построения ломанной и т. д.

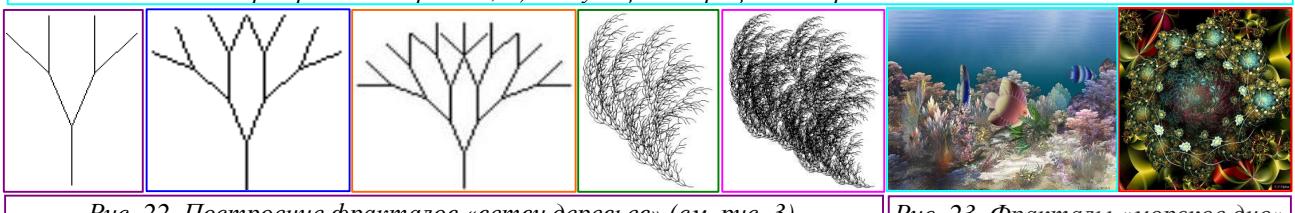


Рис. 22. Построение фракталов «ветви деревьев» (см. рис. 3).

Рис. 23. Фракталы «морское дно»

Симметрий, инвариантов существует бесконечное множество: приведенные примеры следует рассматривать как начальное знакомство с этим очень важным, фундаментальным свойством природы. Но и из этих примеров можно понять, что выявление инвариантов позволяет увидеть общее в том, что казалось никак не связанным. Это может иметь большую ценность для понимания природы. Законы физики как раз и выражают самые фундаментальные **общие, инвариантные свойства в многообразии явлений природы**.

Но природа не терпит точных симметрий. Большинство инвариантов реального мира становятся заметны при использовании простых моделей, при достаточной идеализации задачи. Учёт влияния более сложных взаимодействий приводит к стиранию инвариантности. Поэтому **многие инварианты можно увидеть только, удачно построив модель изучаемого явления**.

Запутался? – ищи инвариант, выделяй главное. Исследуй различные модели явления. Разберись, когда инвариантность модели сохраняется, а когда стирается, нарушается. Но помни, что **реальность в точности никогда не соответствует математическому закону**.



Задание.

1. Найдите симметрию в стихах А. С. Пушкина (справа).
2. Найдите инварианты в простейших механизмах (см. §§62–68). Сформулируйте их словами; в виде формул; в виде эскизов.

Под голубыми небесами
Великолепными коврами,
Блестя на солнце, снег лежит;
Прозрачный лес один чернеет,
И ель сквозь иней зеленеет,
И речка подо льдом блестит.

² Рождение фрактальной геометрии принято связывать с выходом в 1977 году его книги «Фрактальная геометрия природы».

2.3. СИММЕТРИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ И ТВОРЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

*И тут в мой разум грянул блеск с высот,
Неся свершенье всех его усилий.*

Данте. *Божественная комедия. Рай; песнь 33.*

*«Пока математический закон отражает реальную действительность, он не точен;
как только математический закон точен, он не отражает реальную действительность»*
А. Эйнштейн.

Наше взаимодействие с природой происходит через модели. Можно выделить два типа моделей: **познавательные и творческие**.

Познавая природу, мы стараемся из сложного и непонятного выделить простое и ясное. При этом мы ищем общее, главное, инвариантное и создаём **познавательные модели**.

Отсюда замечание Л. Ландау-исследователя: «Главное в физике — это умение пренебрегать!».

Рассмотрим примеры.

1. Выше мы уже говорили (стр. 184, внизу), что для любых **обособленных друг от друга** (дискретных) объектов **инвариантом** является их **количество**. Осознание этого имело важные последствия: с этого началась математика.

Но дискретность — это идеализация. Более детальный анализ показывает, что абсолютно чётких границ у реальных тел не существует. Однако учёт этого усложнил бы модель и разрушил её симметрию.

2. **Круг** — тоже *идеализация*, не существующая в природе. Колесо, орбиты и диски планет — лишь приближения к ней. Но простота, общность, инвариантность такой модели сделали её удобной.

Круг — самый симметричный многоугольник (см. рис. 10 во «Введении»). Осознание практического значения **круговой симметрии**, приведшее к появлению колеса в транспортных средствах и других технических устройствах, тоже существенно повлияло на развитие цивилизации. На всё это потрачены жизни многих поколений.

3. Простейшая, обладающая высокой симметрией, модель планеты Земля — шар. Более детальное рассмотрение, учитывающее расположение материков, приведёт к модели более сложной и менее симметричной.

4. Простейшая модель человека, отражающая *внешнее* строение его, обладает зеркальной симметрией. Но небольшое её усложнение, отражающее расположение внутренних органов, ведёт к потере симметрии.

5. **Закон инерции** Галилея открыл общее для всех тел во Вселенной свойство **сохранять** скорость $v=const$ при отсутствии внешних воздействий. В этом **симметрия инерциального движения**. Такая модель, будучи предельной идеализацией (внешние воздействия всегда существуют!), явилась основой более сложной модели механики Ньютона, использующей понятия **массы и силы**.

Выявление такой «механической» **симметрии** природы потребовало много столетий от Аристотеля до Галилея и Ньютона. Но подобная симметрия свойственна не только механическим явлениям. Каждому из нас знакома, например, инерция мышления. Нам трудно отказаться от традиций, системы ценностей, к которым мы привыкли (см., например, притчу в конце «Введения»). Чтобы изменить наше такого рода «прямолинейное равномерное движение» $v=const$, наше «количество движения» $\Delta(mv)$, необходимо значительное внешнее воздействие — «сила» F , действующее достаточный промежуток времени Δt . Получается что-то очень похоже на подмеченное Ньютоном ($\Delta(mv)=F\Delta t$), но всё же за пределами его модели! Обратите внимание, что практически мы часто пользуемся подобными инвариантами природы как «жизненным опытом».

Наследственность — тоже инертность. К сожалению, такие свойственные природе динамические процессы, пока количественно описывать мы не умеем. Но тут-то и приходит на помощь симметрия...

6. **Третий закон Ньютона прост и зеркально симметричен** (см. § 31.3): $F_{21} = -F_{12}$. Однако более глубокое рассмотрение взаимодействий с учётом конечности скорости распространения взаимодействий (см. § 35), приводит к нарушению столь простой симметрии. Модель получается гораздо более сложной. Ещё сложнее количественно оценить взаимодействия, с которыми приходится встречаться в жизни (рис. в конце § 28).

Получается, что точный математический закон — это предел, идеал. Он **симметричнее** природы! Об этом и говорил А. Эйнштейн (см. эпиграф наверху).

Создавая творческие модели, мы исходим из нашей картины мира — совокупности известных нам познавательных моделей. **Творческая модель** обычно должна соответствовать сложному комплексу требований, часто противоречащих друг другу (отражать многообразие, сложность реальной природы; удовлетворить многогранным

инженерным требованиям и т. п.). Поэтому модели этого рода, как правило, **сложны и в деталях не совсем симметричны**.

Природа и искусство не терпят абсолютных симметрий. Абсолютно симметричный объект выглядит мёртвым. Красота искусства (живописи, поэзии, музыки) – в преднамеренном частичном нарушении симметрии. А вот какими должны быть эти нарушения – определяется талантом автора.

Ощущения существования ритмической и звуковой симметрии лежат в основе музыки, способной доставлять наслаждение. Но **абсолютно симметричное** музыкальное произведение вызывает скуку и раздражение. Однако, отсутствие симметрии – это бессмысленный набор звуков. Симметрия рождает гармонию. Найти в этом соразмерность – задача композитора.

Ещё в 1751 г. англичанином У.Хейсом в трактате "Искусство сочинять музыку исключительно новым методом, пригодным для самых захудальных талантов" рекомендовалось взять щетку (можно зубную), обмакнуть ее в чернильницу и, проведя пальцем по щетине, разбрзгать чернила на лист нотной бумаги. Полученные кляксы должны обозначать положение нот на нотной линейке. Длительность ноты определялась размерами кляксы. Остается добавить тактовые черты, штили и т. п. Но этот метод, как и многие подобные, потерпел неудачу, хотя чем-то подобным пользуются и поныне некоторые «творцы шедевров», рис. справа.



Создатели самолёта должны обеспечить создаваемой модели высокие летные данные. Самолёт должен быть устойчивым и управляемым на всех режимах полета, иметь достаточный запас прочности, минимальную массу, быть простым в эксплуатации и недорогим в производстве. Это сложный инженерно-технический объект. Но и в этом случае необоснованное нарушение симметрии приводит к неудаче: невозможно даже представить самолёт с нарушением симметрии планера.

Таким образом, **оценка симметрии имеет смысл для конкретной модели реального объекта. А симметрия модели зависит от её простоты, общности, степени идеализации реальности. Усложнение модели, более полный учёт индивидуальных свойств ведёт к нарушению её симметрии.**

Учёному далеко не просто правильно выбрать модель изучаемого явления, учесть необходимое и убрать всё лишнее, выявить суть явления; понять, при каких условиях сохраняются его основные свойства, «увидеть симметрию», и при этом сделать модель доступной для практического использования.

Художнику или композитору, инженеру совсем не просто создать сложное, богатое по замыслу произведение и при этом убрать всё лишнее, лишь «чуть-чуть нарушить симметрию», чтобы его произведение считали шедевром.



Кривой дом – как вам нравится?

Может показаться, что законы природы инвариантны по отношению к любым преобразованиям. Это не так. Законы природы **не инвариантны** относительно, например, преобразования подобия, т. е. преобразования, связанного с изменением **пространственного масштаба**. Геометрический принцип подобия не применим к физическим законам, хотя идея подобия прочно укоренилась в сознании людей. Она широко используется не только в литературе, но и в техническом творчестве. Всем нам с детства знакомы Дюймовочка и мальчик с пальчик. Свифт посыпал своего Гулливера сначала в Лилипутию, а затем к великанам в Бробдингнег. В реальности Лилипутия и Великания существовать не могут (см. «Чем отличается «маленькое» от «большого» во **Введении**»). Разрабатывая новые самолёты, дирижабли, корабли, яхты и т. п., предварительно испытывают их пропорционально уменьшенные модели. Результаты таких испытаний весьма полезны, но всегда требуют введения специальных поправок, связанных с большими размерами реальных конструкций. В предельном случае уменьшения моделей макроскопических объектов до размеров, когда их просто нельзя считать таковыми из-за относительно небольшого числа молекул, из которых они состоят, принципиальное изменение их свойств становится очевидным.

2.4. СИММЕТРИЯ МОДЕЛЕЙ СВОБОДНОГО ПРОСТРАНСТВА И АБСОЛЮТНОГО ВРЕМЕНИ

В модели классической механики Галилея-Ньютона **время и пространство считаются независимыми** и являются «ареной» движения и взаимодействия материальных тел, которые также существуют сами по себе, тоже **независимо**.

Мефистофель:
Теория, мой друг, суха,
Но зеленое жизни дрово
Гёте.

При этом **инерциальные** системы отсчёта (ИСО) (см. § 31.1) для наблюдения и изучения происходящего оказываются обычно самыми удобными, самыми «разумными». Законы природы в них выглядят наиболее просто. Закон инерции Галилея и уравнения Ньютона справедливы только в ИСО. Это связано с тем, что пространство и время в ИСО обладают определёнными свойствами симметриями.

Модель **свободного пространства Ньютона** – это «пустой ящик» сколь угодно больших размеров¹. Все точки такого пространства **свободны** от каких-либо внешних воздействий тел и силовых полей. Поэтому **любая система материальных точек в свободном пространстве может рассматриваться как изолированная**. Никакие перемещения или повороты в таком «ящике» ничего не меняют: **все точки и направления в таком пространстве равнозначны**. Положение и ориентацию какого-либо тела (точки) можно определить только относительно другого тела (точки) – например, **начала координат, принятого за точку отсчёта**.

В этом и состоит **симметрия свободного пространства**. При этом выделяют его **однородность и изотропность**.

Под **однородностью** подразумевают допустимость любых перемещений, а под **изотропностью** – допустимость любых поворотов в свободном **пространстве**: ни перемещения, ни повороты заметить невозможно, они ничего не меняют.

Предположим, что где-то в свободном пространстве установлена сложная машина. Предположим, что точно такую же машину установили в другом месте (и даже как-то иначе повернули её). Затем запустили обе машины в одинаковых условиях. Однородность и изотропность свободного пространства означает, что эти машины будут работать совершенно одинаково.

Время у Ньютона абсолютно – это «идеальные часы», которые отсчитывают время через совершенно равные (и сколь угодно малые) промежутки времени всегда и независимо ни от чего. Время тоже обладает симметрией. Оно **однородно**: любые явления, происходящие в **одних и тех же условиях**, но в **разное время**, протекают совершенно **одинаково**.

Восходы и заходы Солнца или падение воды Ниагарского водопада происходили в прошлом веке так же, как и сейчас. Земля миллиарды лет вращается вокруг Солнца, сохраняя параметры орбиты от оборота к обороту, что свидетельствует о **неизменности этого движения во времени**. А это и есть однородность времени.

Из изложенного следует, что **расстояния можно отсчитывать от любой точки свободного пространства – точки отсчёта в любом направлении, а промежутки времени можно отсчитывать от произвольного момента времени, считая его начальным**.

Но можно ли, строго говоря, обеспечить «одинаковые условия»? Реально это можно выполнить только приближенно – в отношении «существенных» факторов, а остальные отличия следует рассматривать как «помехи», которые следует по возможности устраниć.

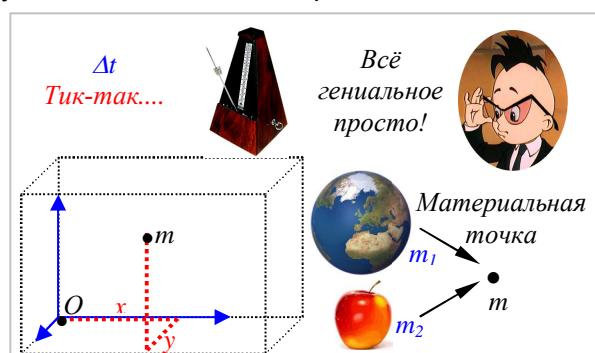
В этом состоит идеализация физической модели Ньютона, её гениальная простота и универсальность.

Если бы отмеченные свойства свободного пространства и времени отсутствовали, занятие наукой потеряло бы смысл: законы физики были бы в Москве одни, а в Туле другие; законы, открытые в прошлом, не действовали бы сегодня.

Симметрии, связанные с основными свойствами пространства и времени, на научном языке формулируются так: **все законы природы инвариантны относительно операции переноса в пространстве и времени и относительно поворотов в пространстве**.

2.5. СИММЕТРИЯ И ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

По мере того как физики глубже проникали в суть симметрии, им открывалась связь между свойствами симметрии и законами сохранения определённых физических величин. Оказалось, что каждой симметрии обязательно соответствует свой **инвариант**, свой закон сохранения, который выполняется с такой же точностью, как и сама симметрия. И наоборот,



¹ На самом деле, что такое «пустое», **свободное** пространство сегодня выясняют самые умные физики. Но мы говорим о **модели Галилея – Ньютона**.

когда какая-либо величина остается неизменной, значит, существует симметрия, обеспечивающая сохранение, *инвариантность*, этой величины.

Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса *изолированной системы* тел соблюдаются во всех явлениях природы. Эти законы универсальны, они являются фундаментальными инвариантами природы. Очень важное практическое значение они имеют для *изолированной системы* материальных точек, т. к. позволяют сделать выводы о состоянии тел этой системы до, и после взаимодействия между собой, не вникая в механизм этого взаимодействия. Они являются следствием только что рассмотренного свойства нашего мира – *симметрии пространства и времени*.

В 1918 г. немецким математиком Эмми Нетер была строго доказана фундаментальная теорема физики, устанавливающая связь между свойствами симметрии пространства, времени и законами сохранения. Эта теорема дает наиболее простой и универсальный метод получения законов сохранения в классической и квантовой механике, теории поля и т. д.

Сохраняется то, чему запрещено меняться. Поэтому законы сохранения называют *принципами запрета*. Они имеют высокую ценность, т. к. означают знание того, что в *принципе не может быть*. Законы сохранения помогают отобрать из множества вариантов реальные.

Обратите внимание, что и тут мы опять встречаемся с идеализацией реальных явлений –



Эмми Нетер
немецкий
математик
1882 - 1935

Законы сохранения для изолированной системы в механике Ньютона		
№ п/п	Что сохраняется (инвариант)	Симметрия, обеспечивающая сохранение
1	Количество движения	Однородность пространства
2	Момент количества движения	Изотропность пространства
3	Энергия	Однородность времени

предположением об отсутствии каких-либо воздействий: ведь речь идёт об изолированных системах!

Идея симметрии часто являлась отправным пунктом в гипотезах и теориях ученых прошлого. Поиск новых симметрий (инвариантов) стал главным средством исследования современной теоретической физики. Это ключ к пониманию природы взаимодействий. Постепенно физика открывает все новые виды симметрии.



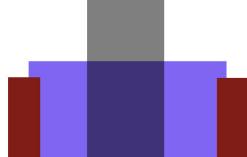
Знайка: «В природе всё взаимодействует и изменяется. Но то, что не трогаешь, что изолировано от внешних воздействий – сохраняется. И понимать это очень важно!»

Незнайка: «Ха! Открыл Америку! Да это и так всем ясно! Если хочешь что-нибудь сохранить, надо спрятать это так, чтобы никто этого не трогал! Например, если плов делаешь по одному и тому же рецепту, его вкус сохраняется. И вообще, всё, что понравилось надо сохранять! А симметрия мне нравится».



2.6. СИММЕТРИЯ И АСИММЕТРИЯ

Говоря о *симметрии*, мы выделяем определённое свойство природы, связанное с инвариантностью, сохранением, неизменностью. Ну а как быть с *асимметрией*?



Асимметрия означает не сохранение признаков. Процесс развития всегда сопровождается направленными изменениями, а направленность это и есть асимметрия.



Из примеров, приведенных на рис. 24 – 26, можно сделать вывод, что внешние воздействия нарушают симметрию, приводят к асимметрии объекта, явления. Но при этом в целом асимметричный объект сохраняет внутреннюю симметрию, которая как раз и «обеспечивает» его асимметричность.

Деформированы ветви дерева, но листья на них сами по себе сохраняют симметрию. Они ориентированы в одном направлении, но симметричны. То же можно сказать об отдельных частицах воды приливной волны или водопада. Сам поток ветра в целом асимметричен, но частицы воздуха движутся упорядоченно, в одном направлении, сохраняя симметрию. Посмотрите на приведенные рис. 24-26 и проанализируйте их с этой точки зрения.



Рис. 24. Здесь изображены явления, наблюдаемые при направленных внешних воздействиях. В данных примерах – это ветер. Можно предположить, что такие воздействия являются причиной асимметрии.

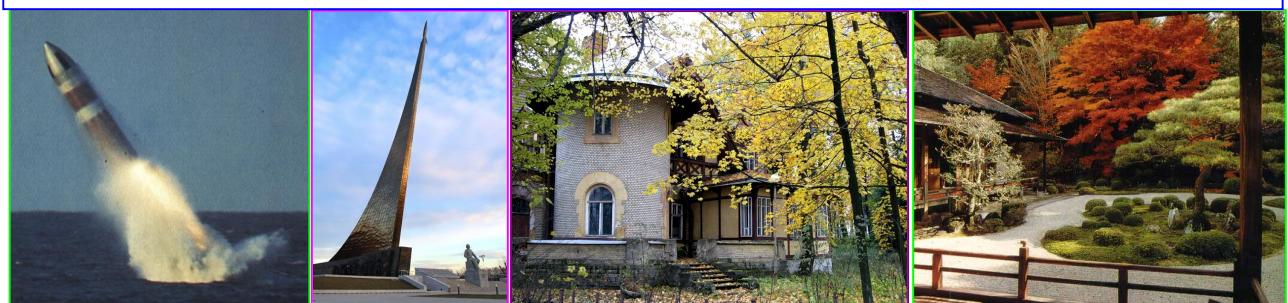


Рис. 25. Асимметрия подводного старта ракеты, обелиска покорителям космоса, загородного дома, парковой архитектуры.



Рис. 26. Асимметричные явления в природе: размывание берега реки; водопады плотины; полёт кометы; извержение вулкана. Всё это действия, направленные в определённую сторону.

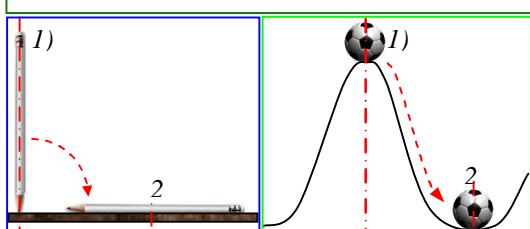


Рис. 27. Симметричное положение не всегда устойчиво. Равновесие: а) симметричное не устойчиво; б) несимметричное устойчиво.

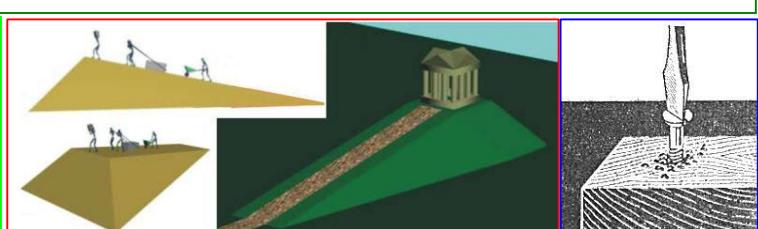


Рис. 28. Что общего между строительством пирамиды и завинчиванием шурупа? В чем их инвариантность? (вспомни простые механизмы)

Асимметрия обычно связана с нарушением порядка, равновесия, пропорциональности, соразмерности между частями целого, в связи с изменениями, развитием, организационной перестройкой, внешним направленным воздействием.

Однако геометрическая симметрия не всегда означает устойчивость; устойчивостью может обладать и геометрически асимметричный объект, рис. 27. Точнее – симметрия проявляется иначе, как устойчивость.

Асимметрия (которая сама существует благодаря внутренней симметрии) – тоже свойство законов.

Например, согласно второму закону Ньютона, чтобы изменить импульс тела, необходимо внешнее воздействие – сила, действующее достаточный промежуток времени.

В изобразительном искусстве, архитектуре, живописи, скульптуре, музыке асимметрия выражает движение, стремление к чему-то, беспокойство, порыв, ускорение.

Например, если формы, линии рисунка устремлены в одном направлении, то зрительно создается как бы "движение" нарисованной фигуры. В искусстве статика и динамика, как правило, неразрывно взаимосвязаны: они дополняют, усиливают друг друга.

Асимметрия не уничтожает симметрию, а сама обладает внутренней симметрией. Инварианты выявляют единство и простоту в природе. А нарушение симметрии, стирание инвариантности – отражает изменчивость, многообразие, сложность природы.

Эти качественные выводы из идеи симметрии часто помогают расширить применение точно установленных количественных законов природы. Практически это бывает полезным.

2.7.О «ПРАВИЛЬНОМ» ИЛИ НАУЧНОМ МЫШЛЕНИИ



Что такое «правильное» мышление, «правильный» стакан, «правильный» плов, «правильный» многоугольник...? В БЫТУ под «правильным» мы обычно подразумеваем «симметричное». В физике (и не только) мы ищем общее, сохраняющееся, инвариантное (симметричное) в частном многообразии. Пытаемся его зафиксировать в виде формулы, теоремы, правила, закона, обобщения опыта, пословицы, рецепта... Делаем это ВСЕГДА В ВИДЕ ИДЕАЛА, к которому можно лишь приближаться, но невозможно достигнуть полностью. Для одного этот идеал – **путеводная звезда; для другого – безнадёжная утопия.**

Примеры. Чтобы приготовить «правильный» плов надо взять столько-то такого-то риса, мяса, масла, лука, специй, так-то поджарить, перемешивать и т. п. Это может сделать Маша или Том, в Москве или на яхте в Тихом океане, на Вуоксе, на газовой горелке, электроплитке или костре. Получится ПОЧТИ «правильный» плов.

Во всех прямоугольных треугольниках катет против угла в 30 градусов равен половине гипотенузы. Так в геометрии. Но реально длина эскалатора метро, поднимающего нас на некоторую высоту, не будет равна точно удвоенной высоте, потому что НЕВОЗМОЖНО выполнить его ТОЧНО с таким уклоном. И невозможно выполнить абсолютно точные измерения.

Если на тело ничего не действует, оно сохраняет свою скорость, импульс, энергию, момент импульса – таковы Великие законы сохранения физики. Но и это лишь ПОЧТИ, хотя бы потому, что есть трение.

Законы природы всегда формулируются как ИДЕАЛЬНЫЕ ИНВАРИАНТЫ - модели, которые при глубоком анализе всегда лишь приближённо



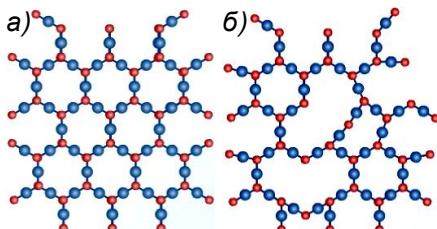
Правильный и неправильный (несимметричный) стаканы



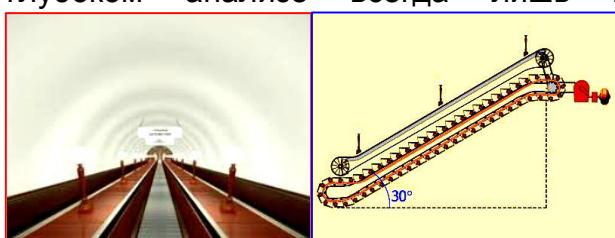
Правильный плов



Правильные многогранники



а) Правильная (кристаллическая) и
б) неправильная (аморфная)
структуры вещества



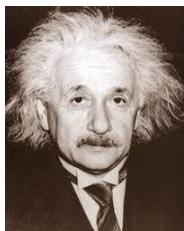
Эскалатор метро: а) внешний вид; б) разрез

отражают действительность. Помните слова А. Эйнштейна: «Пока математический закон отражает реальную действительность, он не точен; как только математический закон точен, он не отражает реальную действительность?» Это же можно сказать о ЛЮБОЙ МОДЕЛИ – картине, романе, пословице...

Важно иметь идеалы, обладающие высокой степенью симметрии, общности (например, «материальная точка», законы Ньютона). Таковы законы, на которые опирается современное естествознание. «Единственное, чему научила меня моя долгая жизнь: что вся наша наука перед лицом реальности выглядит

примитивно и по-детски наивно — и все же это самое ценное, что у нас есть», — А. Эйнштейн.

Действуя в направлении достижения идеала, мы целенаправленно приближаемся к нему. Это созидательный путь, ведущий к лучшему, что создано цивилизацией. Жизненные идеалы должны быть достойными.

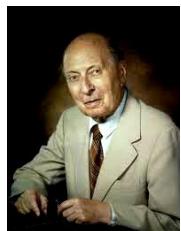


Альберт
Эйнштейн

Считая идеал безнадёжной утопией, наши действия становятся бесцельными, хаотическими. Это тупиковый путь.

«Для нас стало более естественным выводить законы природы и проверять их с помощью принципов инвариантности...», — Ю. Вигнер (1902-1995) — физик и математик.

Таков результат всего опыта нашего взаимодействия с природой.



Юджин Вигнер

2.8. СИММЕТРИЯ – ОСНОВА НАШЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОКРУЖАЮЩИМ МИРОМ

По крайней мере, с античных времён выдающиеся мыслители человечества не переставали восхищаться строгой логикой, симметрией вечных законов природы, рядом с которыми законы мира людей преходящи и несовершенны. Возможно, люди просто не разобрались в фундаментальных законах природы, не поняли достаточно глубоко её единства?

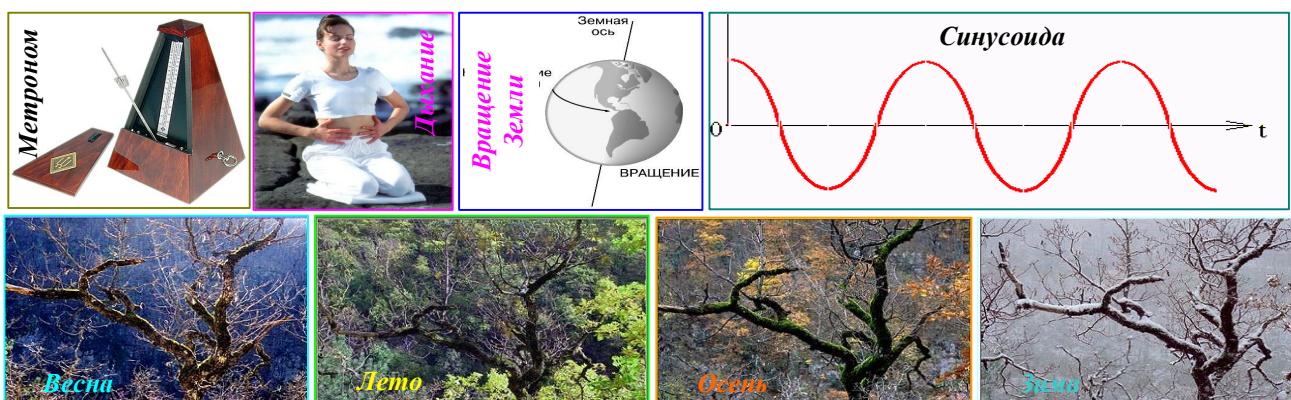


Рис. 29. Периодические процессы во времени – переносная симметрия.

Что общего между метрономом, дыханием человека, вращением Земли, синусоидой, сменой времён года?

Давайте внимательнее посмотрим на окружающий мир с точки зрения симметрии.

Ну и что? — скажите вы. Поговорили мы о симметрии бабочек, мавзолея Тадж-Махал, самолёта, планет, причёсок, бёрёзовой аллеи, синусоиды, рогов оленя, кристаллической решётки, матрёшек и т. д. А прок-то какой от всей этой симметрии? Всё это красиво и занятно, но причём тут физика — наука о скрытой сущности окружающего мира, о чём говорил Аристотель?

Не торопитесь! Давайте попробуем делать обобщения. Ведь это основная задача физики как науки — выделять главное, пренебрегать тем, что затеняет простое и ясное. Поищем предельную идеализацию явлений, общее в частном...

Вы уже знаете, что такое закон инерции Галилея. Знаете о существовании закона сохранения импульса (количества движения) и механической энергии. Слышали о том, что существует закон сохранения момента количества движения. Эти законы сохранения физики часто называют «Великими Законами Сохранения». Они принесли большую пользу физикам, инженерам, а благодаря им — и всей цивилизации. Эти законы относятся к движению свободных, изолированных от внешних воздействий тел или систем тел. Или, проще говоря, тех объектов, которые «не трогают», которые ни с чем не взаимодействуют (но это ограничение не относится к тому, что происходит «внутри» этих объектов), рис. 30. На открытие этих законов в механике ушёл XIX век. Эмми Нетер доказала их существование математически в некоторой предельной («вариационной») форме. Л. Ландау очень

понравилась эта формулировка фундаментальных законов природы, и он положил её в основу всех разделов своего общеизвестного курса теоретической физики. Всё сделано было очень основательно.

Но вы, прочитав это Дополнение, наверное, сами сможете понять, что законы сохранения импульса, момента импульса, энергии можно просто рассматривать как обобщение старого закона инерции великого Галилея: если на тело или систему тел не действуют внешние силы, их характеристики движения (скорость, импульс, момента импульса, энергия) сохраняются. То, что вы уже знаете о симметрии, наводит и на дальнейшие обобщения. Не кажется ли вам теперь само собой разумеющимся, что инерциальные системы отсчёта (ИСО), связанные с инерциальным телом отсчёта (на которое ничего не действует, и оно движется инерциально) являются уникальными, в них проще всего понять законы природы? Окружность можно рассматривать как некоторый предел выпуклых многоугольников (при увеличении числа их сторон изломы их исчезают), некоторый идеал, через который люди пришли к колесу и поняли, что их Земля и все планеты имеют сферическую форму (трёхмерный аналог окружности). А зеркальная симметрия крыльев бабочки и третий закон Ньютона ($F_{12} = -F_{21}$)? С точки зрения симметрии это просто одно и тоже. Идеально симметричная структура кристаллической решётки (если в веществе нет примесей, зачем очень следят в нанотехнологиях) и «чистый» синусоидальный световой, звуковой сигнал или радио сигнал... А советы доктора в романе Л. Н. Толстого «Анна Каренина», больному Каренину: не менять режим жизни в самых мелочах, включая регулярные прогулки в карете (тоже трансляционная временная симметрия!)... А нарушение вековых традиций, моральных ограничений человеком в данных условиях или животными в своих популяциях, ведущие к трагическим последствиям и деградации сообщества? Это нарушения трансляционной симметрии. *Идеал – это инвариант, обладающий высокой симметрией*. Единство людей, стремящихся к высокой общей цели, к идеалу, объединяет их и делает счастливыми уже в процессе достижения этой цели, даже если эта цель не будет ими достигнута. Нарушение этой симметрии обычно ведёт к деградации и трагическим последствиям. Разве это не проявление законов симметрии природы?

Мы считаем, что поняли явление, когда заметили в нём известное, инвариантное тому, что нам хорошо знакомо. Если же в явлении оказалось что-то, выходящее за пределы известного, мы пытаемся обобщить, уточнить прежние представления, сохранив их инвариантность. Только выделив общее, инвариантное в явлениях, можно их сравнивать, измерять. Через симметрию люди способны увидеть общее (инварианты) друг у друга. Взаимопонимание – это инвариантность. И так далее можно продолжать обо всём сущем, включая нас с вами.

Осознание (которое, по-видимому, ещё не полностью имеет место быть) такого единства природы, безусловно, приближает нас к более глубокому её пониманию. Вот для чего нужно изучение симметрии – этого чрезвычайно важного фундаментального свойства природы. Надо полагать, что с учётом этого и будет построена система народного образования в ближайшем будущем. Ведь качество и доступность образования, а также гармония во взаимоотношении людей более всего определяют развитие каждой страны. В XX веке в этом, а потому и в скорости развития лидировал Советский Союз. Наша страна, несмотря на огромные сложности и ошибки первопроходца, прошла путь «от сохи до космоса». Сейчас по темпам развития впереди Китай и другие страны.



Симметрия в быту

Тик-так



Режим дня (рабочие дни)

Знайка: «Теперь я всё понял: самая главная симметрия для меня – это режим жизни!»



Виды занятий и отдыха	Возраст, время суток	
	12-13 лет	14-17 лет
Подъём	7.00	7.00
Утренняя зарядка, водные процедуры, уборка постели, туалет	7.00-7.30	7.00-7.30
Завтрак	7.30-7.50	7.30-7.50
Дорога в школу, утренняя прогулка перед занятиями	7.50-8.20	7.50-8.20
Занятия в школе	8.30-14.00	8.30-14.30
Горячий завтрак в школе или фрукты	11.10-11.20	11.10-11.20
Дорога из школы и/или прогулка после занятий в школе	14.00-14.30	14.30-15.00
Обед	14.30-15.00	15.00-15.30
Прогулка, игры на воздухе, велосипед, лыжи, коньки	15.00-17.00	15.30-17.00
Полдник	17.00	17.00
Приготовление домашних заданий	17.00-19.30	17.00-20.00
Ужин и свободные занятия	19.30-21.00	20.00-21.30
Приготовление ко сну – чистка одежды, умывание	21.00-21.30	21.30-22.00
Сон	21.30-7.00	22.00-7.00



Кнопочка:

«А Софи Лорен всю жизнь ложилась спать в 21 час, а вставала в 6 утра. Она каждый день по 10 минут занималась гимнастикой с гантелями при открытом окне и выпивала два литра минеральной воды, принимала контрастный душ и съедала через день по ананасу!»

ДАВАЙ ДРУЖИТЬ!



Знайка: «Взаимопонимание – это инвариантность. Только выявив общее, инвариантное, люди могут понять друг друга. Идеалы – это инварианты, обладающие высокой симметрией. Очень важно иметь общие высокие идеалы!».

Незнайка: «Да ладно, давай просто дружить!»

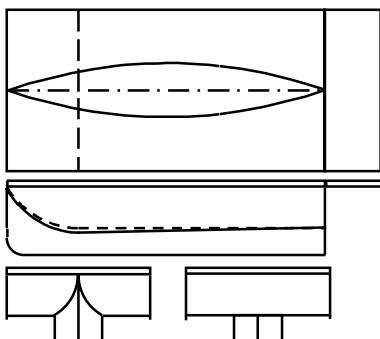


Если вы хотите вести счастливую жизнь, вы должны быть привязаны к цели, а не к людям или вещам.
А. Эйнштейн



«Надо найти цель – инвариант, объединяющий наши интересы на значительный период времени!»

«Давай строить парусно-моторную яхту, которая будет быстрее и удобнее всех существующих!»



*Водоизмещающе-глиссирующее судно (ВГС)
не вспахивает поверхность воды, а скользит по ней,
почти не создавая волн и завихрений*



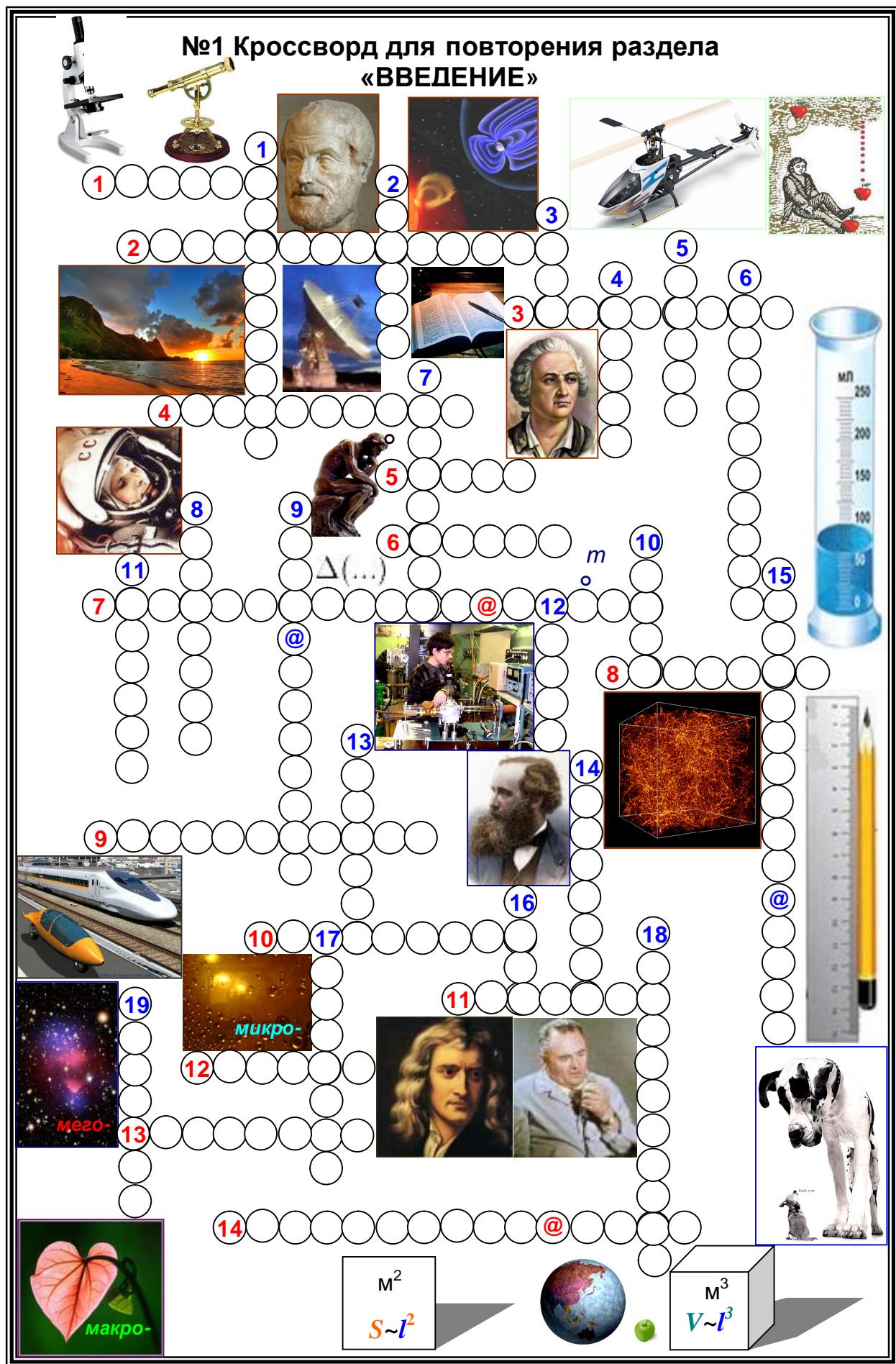


КРОССВОРДЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ



Ну-с, а теперь посмотрим, что осталось в вашей голове...

**№1 Кроссворд для повторения раздела
«ВВЕДЕНИЕ»**



По горизонтали:

1. Устройство, с помощью которого измеряют физическую величину.
2. Науки о природе.
3. Русский ученый, издавший в России первый учебник физики.
4. Начало любого исследования.
5. Самая простая модель объекта.
6. Название греческой буквы, обозначающей погрешность, отрезок, изменение.
7. Модель тела малых размеров (два слова).
8. Все, что существует во Вселенной.
9. Важнейший метод исследования в естествознании.
10. Сравнение физической величины с однородной величиной, принятой за единицу.
11. Выдающийся конструктор космических кораблей Советского Союза
12. Великий английский учёный, основоположник классической механики
13. Мир окружающие нас, в котором тела состоят из колossalного количества микрочастиц.
14. Единица измерения площади (два слова).

По вертикали:

1. Древнегреческий ученый, в сочинениях которого впервые появилось слово «физика».
2. Наука о фундаментальных свойствах природы.
3. Любой предмет, изучаемый в физике.
4. Схема реальности.
5. «Нет ничего практичнее хорошей» Л. Больцман.
6. Неточность измерения
7. Предположение.
8. То, из чего состоят физические тела.
9. Величина, соответствующая минимальному делению шкалы прибора (два слова).
10. Деления с цифрами на измерительном приборе.
11. Первый космонавт.
12. С увеличением размеров тел быстрее возрастает их поверхность или объём?
13. Изменение в природе.
14. Основоположник теории электромагнетизма.
15. Единица измерения объёма (два слова).
16. Единица измерения длины.
17. Мир очень малых тел.
18. С уменьшением размеров тел медленнее уменьшается их поверхность или объём?
19. Мир очень больших тел.

Незнайка: «Что такое идеал?»



Знайка: «Идеал это тот предел, к которому надо стремиться, чтобы достичнуть совершенства»



Незнайка: «А что такое предел?»

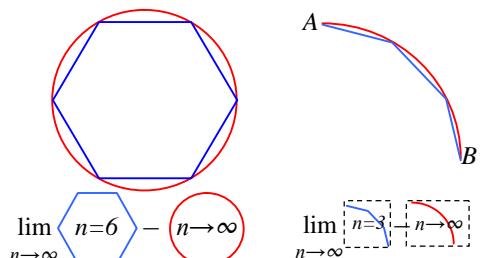
Знайка: «Число L называется пределом функции $y=f(x)$ при x , стремящемся к a , если при приближении x к a , функция $f(x)$ приближается к L »

Незнайка: «Ну совсем всё запутал. Объясни по проще»

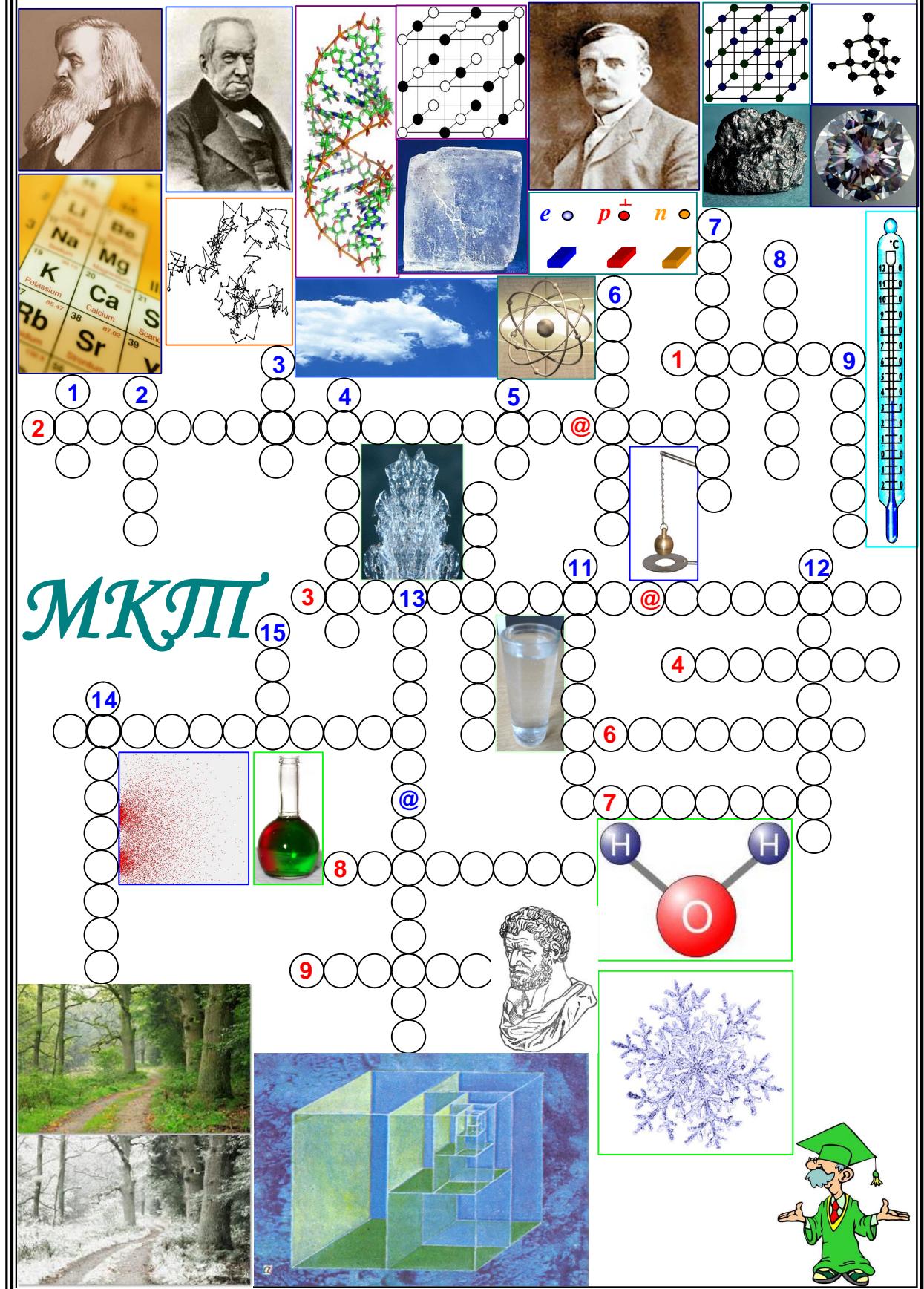
Знайка: «Ну, например, если у правильного многоугольника увеличивать число сторон, то он будет все меньше и меньше отличаться от окружности»

Незнайка: «Значит если число отрезков у ломаной линии $A-B$ увеличивать, уменьшая их длину, получится плавная кривая линия?»

Знайка: «Ну конечно. Это и будет предел ломаной линии. Поэтому кривые линии приближенно заменяют ломанными. Часто это оказывается проще»



**№2 Кроссворд для повторения главы 1
«ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА»**



По горизонтали:

1. Элементарная частица, несущая положительный электрический заряд; протон
2. Тело, состоящее из колоссального числа движущихся и взаимодействующих микрочастиц (два слова);
3. Совокупность атомов, обладающих одинаковыми химическими свойствами (два слова);
4. Состояние вещества, при котором сохраняется форма и объём состоящего из него тела;
5. Величина, характеризующая тепловое состояние тела;
6. Твёрдое вещество, частицы которого расположены в определённом порядке;
7. Самые большие из известных сил в природе;
8. Название элементарной частицы, несущей отрицательный электрический заряд;
9. Атом, отличающийся только числом протонов в ядре.

По вертикали:

1. Агрегатное состояние, в котором вещество не имеет определённой формы и стремится заполнить всё пространство.
2. Фамилия учёного, открывшего беспорядочное непрерывное движение маленьких частичек в жидкостях и газах.
3. «Неделимая частица».
4. Самопроизвольное перемешивание веществ.
5. Атом, у которого число протонов не равно числу электронов
6. Единица измерения, равная 10^{-10} м.
7. Основоположник современного учения о строении атома, предложивший планетарную модель атома.
8. Электрически нейтральная элементарная частица.
9. Элементарная частица (нейтральная или несущая положительный электрический заряд) в ядре атома.
10. Мельчайшая частица вещества.
11. Агрегатное состояние, в котором вещество, сохраняя свой объем, принимает форму сосуда, в котором находится.
12. Фамилия русского учёного – автора периодической системы элементов. Менделеев.
13. Упорядоченное расположение частичек в кристалле (два слова).
14. Прибор для измерения температуры.
15. Вещество, молекула которого состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода

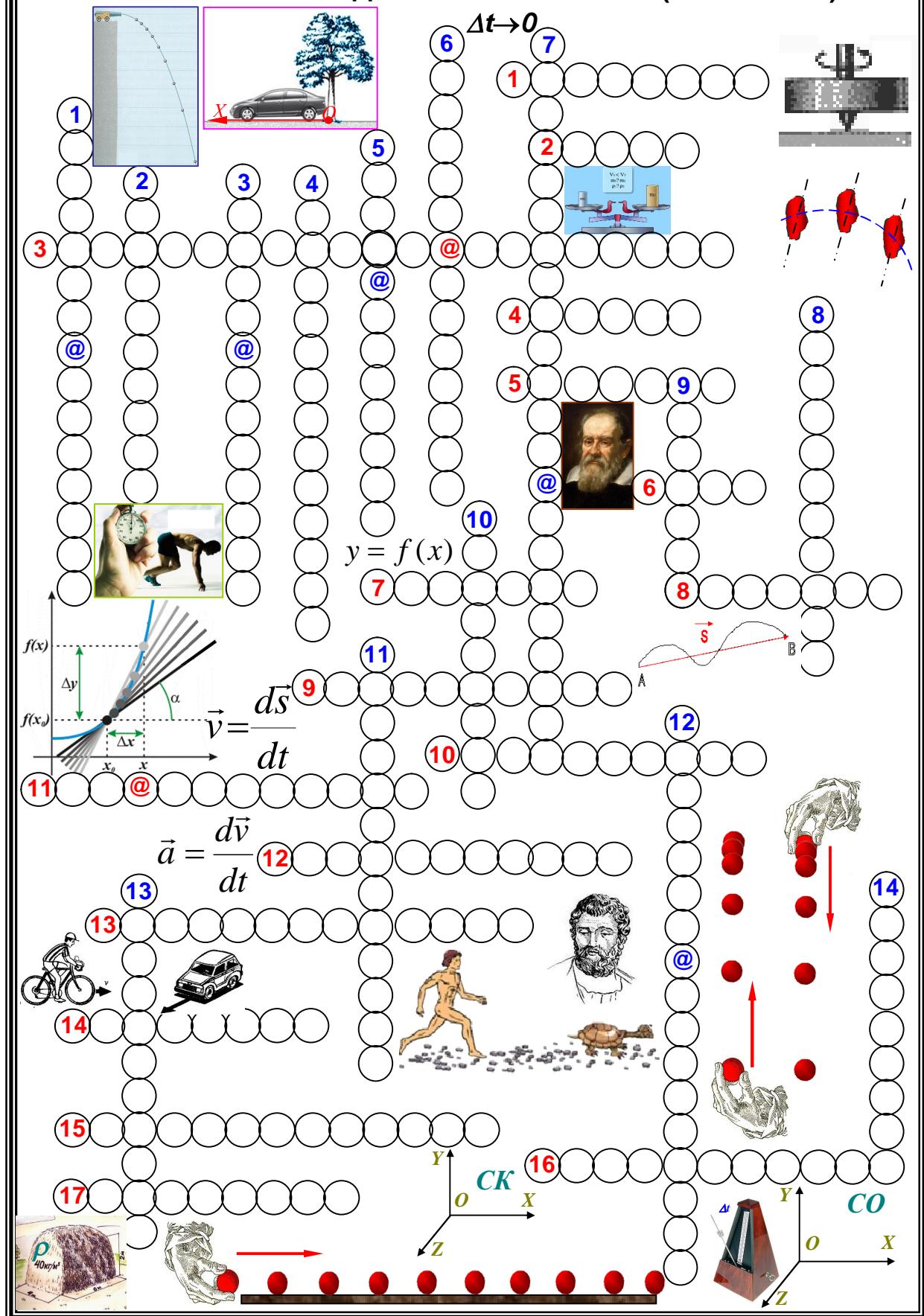


Незнайка: «Атомизм это учение о том, что материя состоит из колоссального числа чрезвычайно малых частиц – атомов. Их всего около 100 разновидностей во всей Вселенной. Но очень многое состоит из одинаковых или, очень похожих объектов. Например, люди, как и атомы, очень похожи, но принадлежат к различным расам и национальностям, отличаясь обычаями, цветом кожи, языками общения и т. д. Они тоже все двигаются и взаимодействуют. Значит, их сообщества можно изучать, используя МКТ?! То же самое – у животных. И деревья в лесу – тоже. И планеты – тоже. И песчинки на пляже. И автомобили в городах...»



Знайка: «Молодец, Незнайка! Ты подметил очень важную особенность природы – симметрию. И вывод сделал почти правильный. Только МКТ для этого не совсем годится, так как взаимодействия здесь несколько иные. Но общего много. Подобные системы изучаются специальной наукой – статистикой. В физике она тоже используется»

**№3 Кроссворд для повторения главы 2
«МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ» (кинематика)**



По горизонтали:

1. движение по окружности; 2. мера инертности тела; 3. изменение положения тела относительно других тел с течением времени; 4. отрезок прямой, характеризующийся величиной (модулем) и направлением; 5. свойство всех свободных тел в природе; 6. отрезок траектории; 7. переменная, зависящая от другой переменной – аргумента; 8. скорость, характеризующая весь пройденный путь за данный промежуток времени; 9. скорость, характеризующая движение в данный момент; 10. раздел механики, изучающий движение тел без учета влияния сил, действующих на эти тела; 11. геометрическое место центров траекторий точек тела при его вращении; 12. величина, характеризующая быстроту изменения функции при изменении аргумента; 13. вектор, проведённый из точки отсчёта в рассматриваемую точку; 14. величина, характеризующая пройденный телом путь за единицу времени; 15. вид движения, при котором тело за равные промежутки времени проходит не одинаковые отрезки пути; 16. способ задания движения в виде графика; 17. масса единицы объёма вещества.

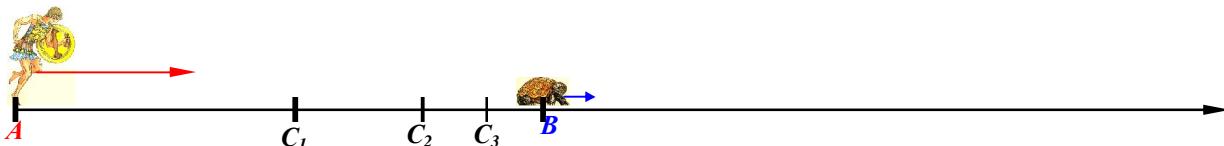
По вертикали:

1. совокупность системы координат и часов; 2. след движущейся точки; 3. точка «О» на теле отсчёта; 4. вид движения, при котором прямая, соединяющая две любые точки тела, перемещается параллельно самой себе; 5. тело, принятое за неподвижное; 6. «временная точка»; 7. движение по прямой линии; 8. вектор (стрелка), соединяющий начало и конец пути; 9. величина, равная произведению массы тела на его скорость; 10. величина, характеризующая изменение скорости в единицу времени; 11. способ задания движения в виде формулы; 12. три взаимно перпендикулярных оси, исходящих из точки «О»; 13. вид движения, при котором тело за равные промежутки времени проходит одинаковые отрезки пути; 14. способ задания движения в виде таблицы.

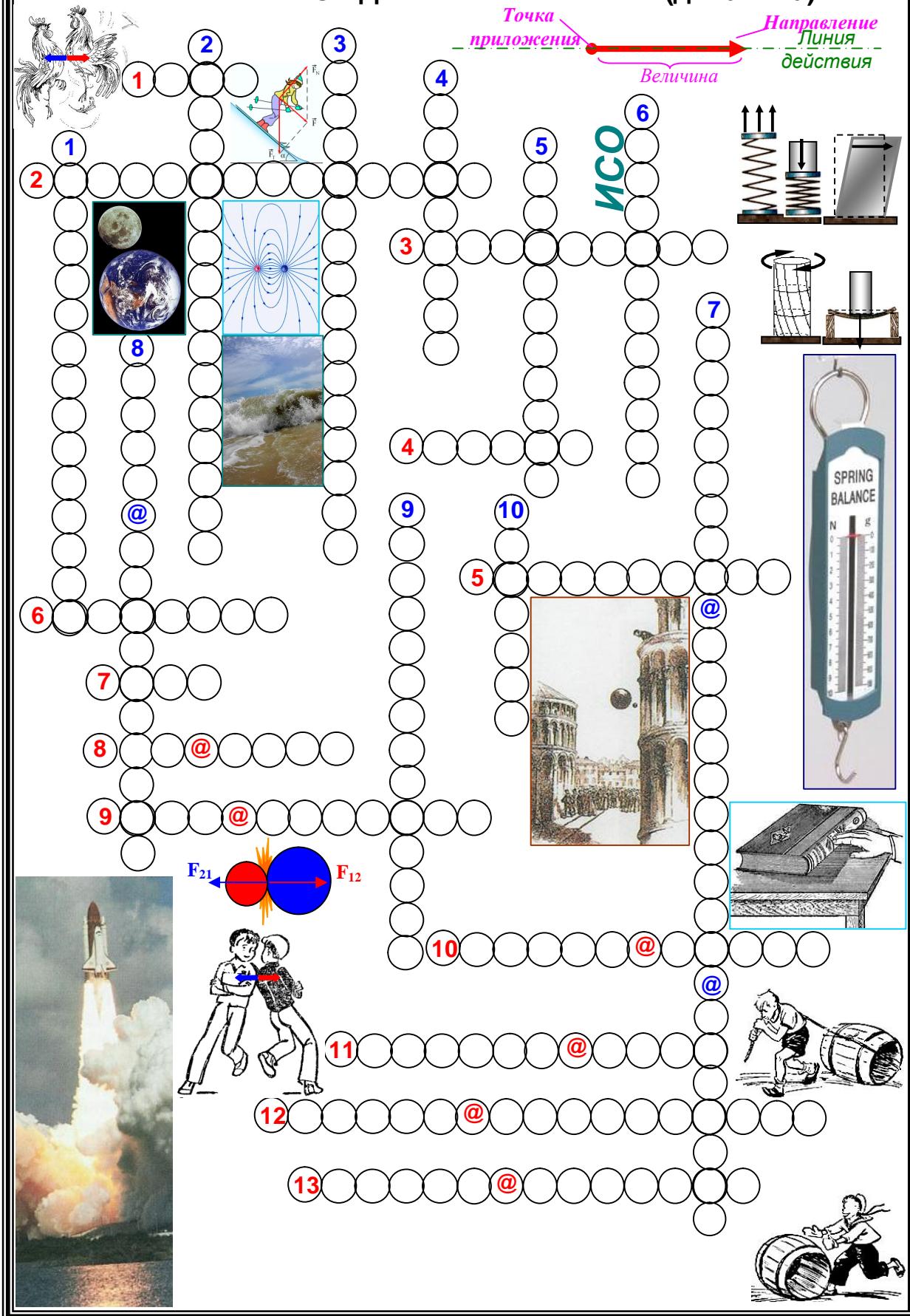


Сколько непросто людям давалось понимание **явления движения**, свидетельствует, например, известный парадокс (этим словом называют явление, не соответствующее обычным представлениям) Зенона Элейского (Греция, V в. до н. э.) **«Ахиллес и Черепаха»**.

В точке **A** находится Ахиллес, а в точке **B**, на расстоянии 50 м – Черепаха. Одновременно они начинают двигаться вправо. Ахиллес пытается догнать черепаху, которая уходит от него со скоростью в 100 раз меньшей. У Зенона получалось, что Ахиллес её никогда не догонит! Он рассуждал так: когда Ахиллес достигнет точки **C₁** – середины **AB**, то Черепаха хоть немного, удалится от **B**. Потом Ахиллес добежит до точки **C₂** – середины отрезка **C₁B**, затем до **C₃** – середины **C₂B** и т. д. Всё это время Черепаха будет удаляться от **B**. Чтобы достигнуть **B**, Ахиллесу, таким образом, необходимо побывать в каждой из бесконечной последовательности точек **C₁, C₂, C₃...** Однако, считал Зенон, для этого нужно бесконечное время. Следовательно, Ахиллесу никогда не только не догнать Черепаху, но и не попасть в точку **B**! Опыт, однако, показывает, что Ахиллес быстро догонит и перегонит черепаху. А **опыт – Верховный Судья**.



**№4 Кроссворд для повторения главы 2
«МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ» (динамика)**



По горизонтали:

1. мера механического воздействия на тело со стороны других тел; 2. какое взаимодействие тел обусловлено всемирным тяготением? 3. изменение размеров и/или формы тела; 4. явление, возникающее при относительном перемещении тел; 5. прибор для измерения силы; 6. модуль вектора силы; 7. пространство, где действуют силы гравитации; 8. сила, с которой тело действует на опору или подвес; 9. сила, с которой тело притягивается к земле; 10. какая сила позволяет нам ходить, отталкиваясь от пола?; 11. сила, вызывающая деформацию, исчезающую после прекращения её действия; 12. явление, возникающее при скольжении одного тела по другому; 13. какое трение меньше – скольжения или качения?

По вертикали:

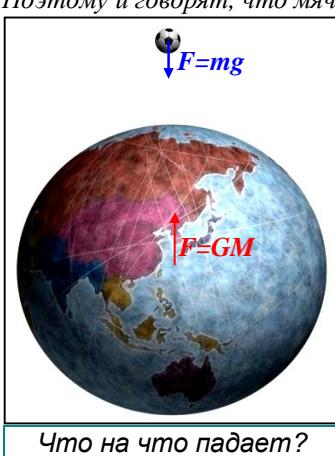
1. «действие силы вызывает...»; 2. взаимодействие между электрическими зарядами; 3. сила, заменяющая действие нескольких сил; 4. величина, равная отношению силы, действующей на тело, к его массе: F/m 5. кроме величины, силу всегда характеризует... 6. как называется система отсчёта, связанная с телом, на которое не действуют никакие силы?; 7. ускорение любого тела, вызываемое силой тяжести; 8. характеристика вектора силы, имеющая значение только, если сила действует на тело конечных размеров; 9. действие тел друг на друга; 10. явления повышения уровня воды в океане через каждые 12,5 часов.



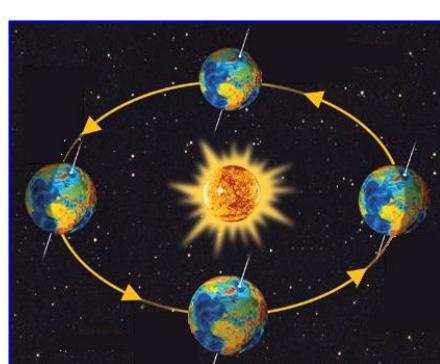
Незнайка: «Почему всегда говорят, что мяч падает на Землю? Ведь по третьему закону Ньютона всё равно, что на что падает – мяч на Землю или Земля на мяч?»



Знайка: «Ты прав, Незнайка. Строго говоря, мяч падает на Землю, и Земля падает на мяч. Ведь они притягивают друг друга с силами F и F равными по величине и противоположными по направлению ($|F|=|F|$, где $F=gm$ и $F=GM$). Но ускорение Земли G во столько раз меньше ускорения мяча $g=9,8 \text{ м/с}^2$, во сколько раз масса Земли M больше массы мяча m : $G=gm/M$. Если масса мяча $m=1 \text{ кг}$, а масса Земли $M=6 \times 10^{24} \text{ кг}$, то $G=9,8 \times 1 / 6 \times 10^{24} = 1,63 \times 10^{-24} \text{ м/с}^2$. Столь малую величину измерить невозможно. Земля просто «не почувствует» действия мяча и её перемещения не будет заметно. Поэтому и говорят, что мяч падает на Землю».



Незнайка: «Значит когда считают, что Земля вращается вокруг Солнца, это тоже делают для удобства?»



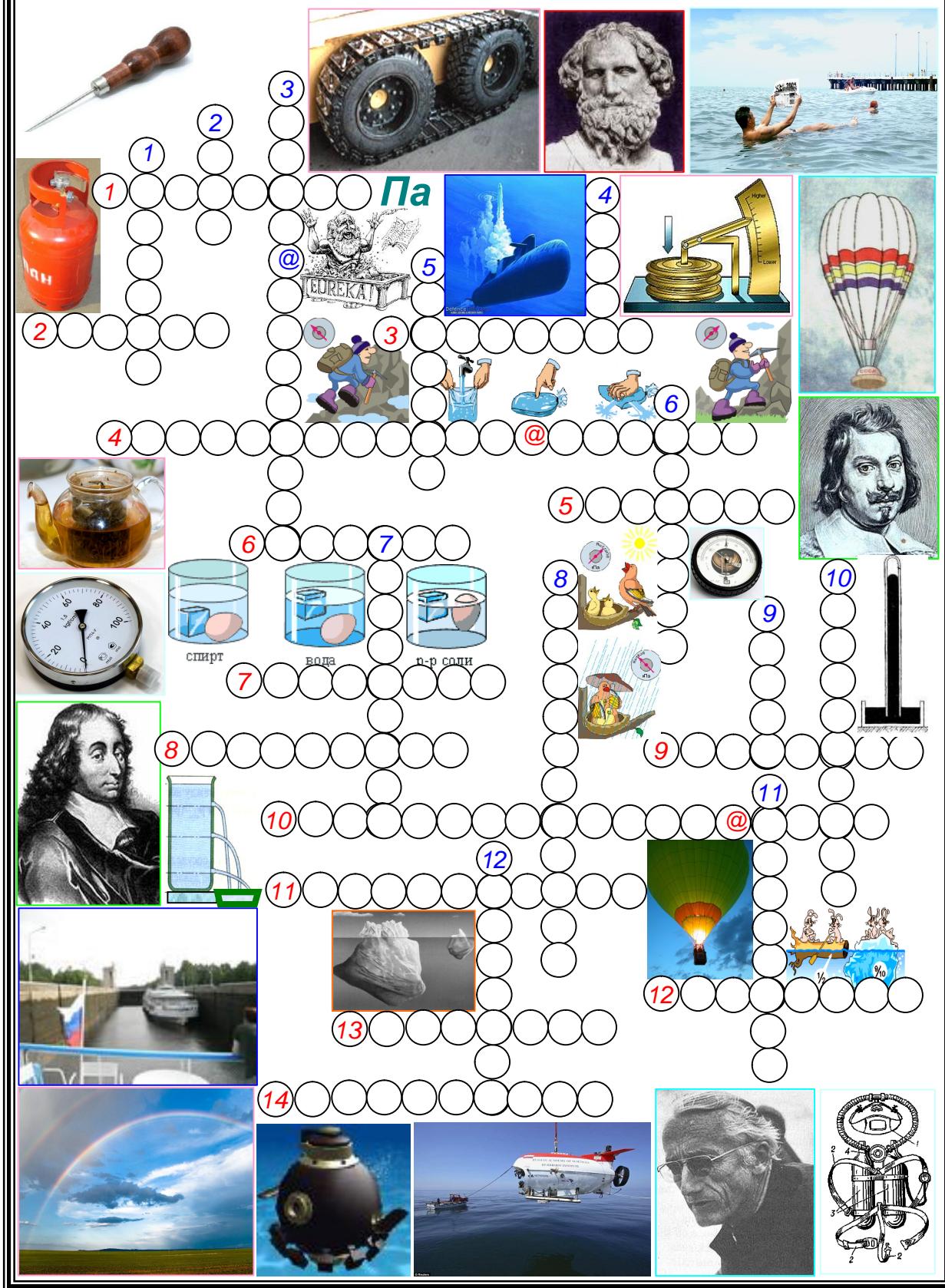
Знайка: «Разумеется. Ведь гелиоцентрическую систему с большим основанием можно считать инерциальной, чем геоцентрическую. А именно в инерциальных системах отсчёта большинство явлений понять проще. Правы были и Птолемей и Коперник. Их утверждения подтверждалось опытом – тем, что наблюдалось в реальном мире. А в естественных науках это является критерием истины. Просто теория

Что вокруг чего вращается?
Кто был прав – Птолемей или Коперник?

Коперника гораздо удобнее, проще и, следовательно, разумнее. Явление с этой точки зрения становится понятнее.

Но если массы взаимодействующих тел одинаковы, их взаимодействие и движение удобнее рассматривать в системе отсчёта, связанной с их центром масс. Но это мы будем проходить в физике потом.

**№5 Кроссворд для повторения главы 3
«ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ»**



По горизонтали:

1. величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности к её площади F_0/s ; 2. ёмкость для хранения газа; 3. прибор для измерения атмосферного давления; 4. ёмкости, сообщающиеся между собой; 5. величайший древнегреческий математик и механик; 6. французский математик, физик, философ, установивший, что оказываемое на жидкость или газ давление передаётся ими одинаково во все стороны; 7. глубоководный самоходный аппарат; 8. глубоководный аппарат в форме шара, опускаемый на тросе с судна; 9. прибор для измерения давления большего или меньшего атмосферного; 10. сила, действующая на погруженное в жидкость (газ) тело и направленная противоположно силе тяжести; 11. машины, действие которых основано на законах равновесия и движения жидкостей (обычно минерального масла); 12. дыхательный аппарат для подводного плавания; 13. судно, приводимое в движение двигателем внутреннего сгорания; 14. воздушный шар, предназначенный для полётов в стрatosферу.

По вертикали:

1. единица измерения давления в СИ; 2. инструмент для прокалывания отверстий с очень малым пятном контакта; 3. общая часть поверхности взаимодействующих тел; 4. «если выталкивающая сила меньше силы тяжести погруженного в жидкость тела, то тело...»; 5. «если выталкивающая сила равна силе тяжести погруженного в жидкость тела, то тело...»; 7. воздушная оболочка Земли; 8. машины, действие которых основано на законах равновесия и движения газов (воздуха); 9. знаменитый французский исследователь Мирового океана; 10. итальянский физик и математик, открывший существование атмосферного давления; 11. «если выталкивающая сила больше силы тяжести погруженного в жидкость тела, то тело...»; 12. утверждение, которое может существовать, но кажется необъяснимым.



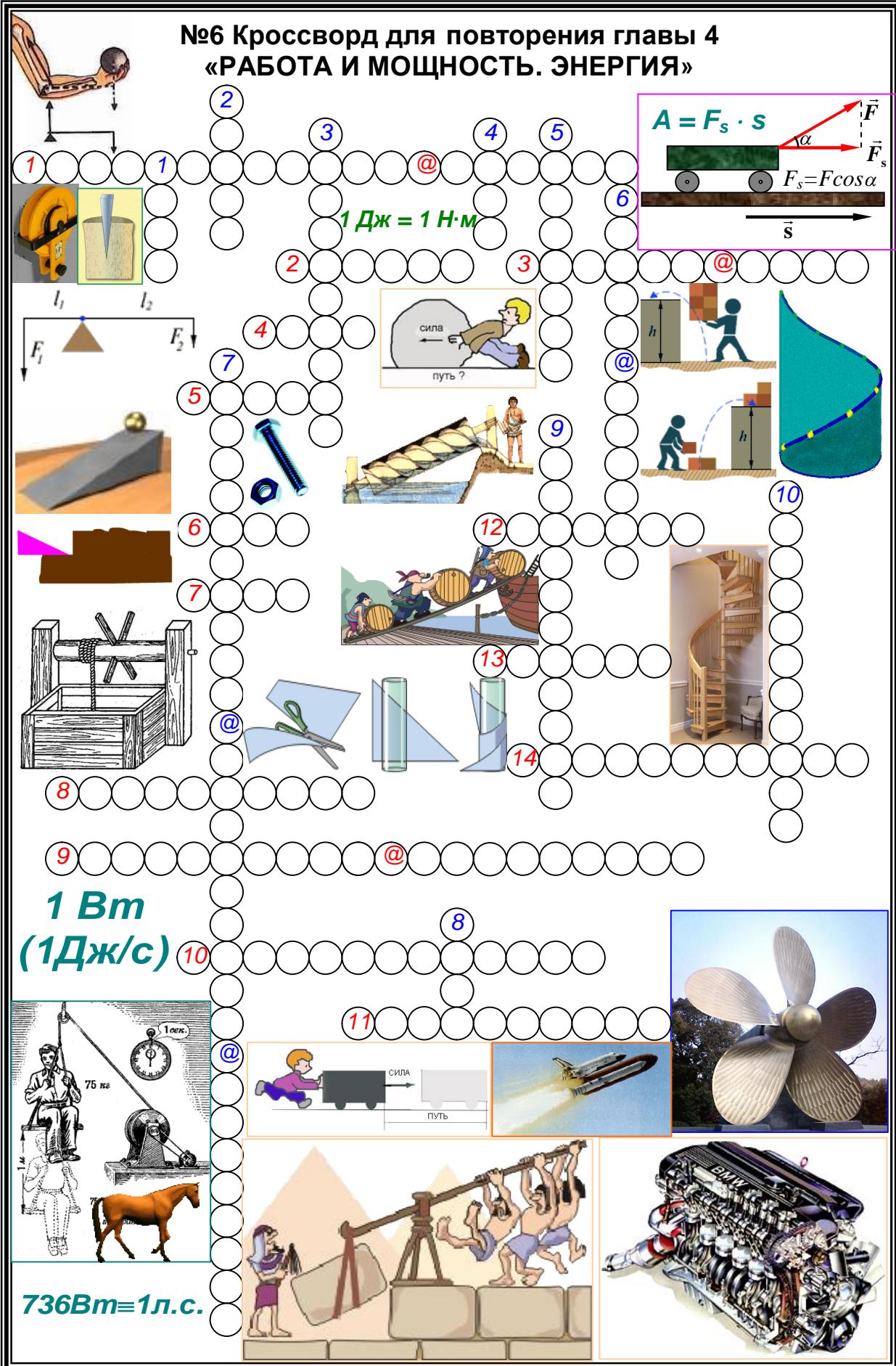
Сила Архимеда очень помогла людям в освоении водных и воздушных просторов. Например: а) в солёной воде залива Кара-Богаз-Гол невозможно утонуть; б) плавающим домам не страшны никакие наводнения; они способны подобно кораблю менять своё местоположение – «нынче здесь, завтра там...»; в) современный дирижабль – летательный аппарат легче воздуха, способный двигаться независимо от направления воздушных потоков и перевозить огромные грузы; г) современное парусное судно весьма комфортабельно; д) подводная лодка «Тайфун», может двигаться как подо льдом, так и как ледокол на поверхности со скоростью до 25 узлов; е) современное круизное судно – целый плавучий город.

А вот что бывает, когда сила Архимеда уменьшается.

В районе Атлантического океана, называемом «Бермудским треугольником», где якобы происходят таинственные исчезновения морских судов, действуют подводные вулканы. При их извержении выделяется газ метан. Это приводит к значительному уменьшению плотности воды из-за насыщения её пузырьками газа, уменьшающими силу Архимеда. В результате плавучесть судов уменьшается и они тонут.

Эту ситуацию легко смоделировать даже в домашних условиях. Положите в банку с водой яйцо. Оно потонет. Добавьте соли столько, чтобы яйцо всплыло. Теперь это наша «морская» вода, а яйцо – это наш «корабль», который плавает на её поверхности. Чтобы смоделировать выделение пузырьков газа «вулканом», добавим немного уксусной эссенции и столовую ложку пищевой соды. Начнётся интенсивное выделение пузырьков углекислого газа. Яйцо опять потонет, как это и происходит с кораблями при выделении метана.

№6 Кроссворд для повторения главы 4 «РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ»



По горизонтали:

1. физическая величина, равная произведению силы, действующей в направлении перемещения, на пройденный путь; 2. единица работы в СИ; 3. физическая величина, характеризующая вращательное действие силы на твёрдое тело, равная произведению силы на плечо; 4. механизм в виде колеса с желобом; 5. два колеса на одной оси; 6. разновидность наклонной плоскости в виде спирали; 7. «выигрываешь в расстоянии, проигрываешь в...»; 8. «выигрываешь в силе, проигрываешь в...»; 9. устройства, дающие выигрыш в силе; 10. энергия, зависящая от положения тела; 11. «если алгебраическая сумма моментов, действующих на рычаг равна нулю, он находится в...»; 12. способность тела совершать работу; 13. явление, снижающее КПД любого механизма; 14. «полезная работа всегда меньше...».

По вертикали:

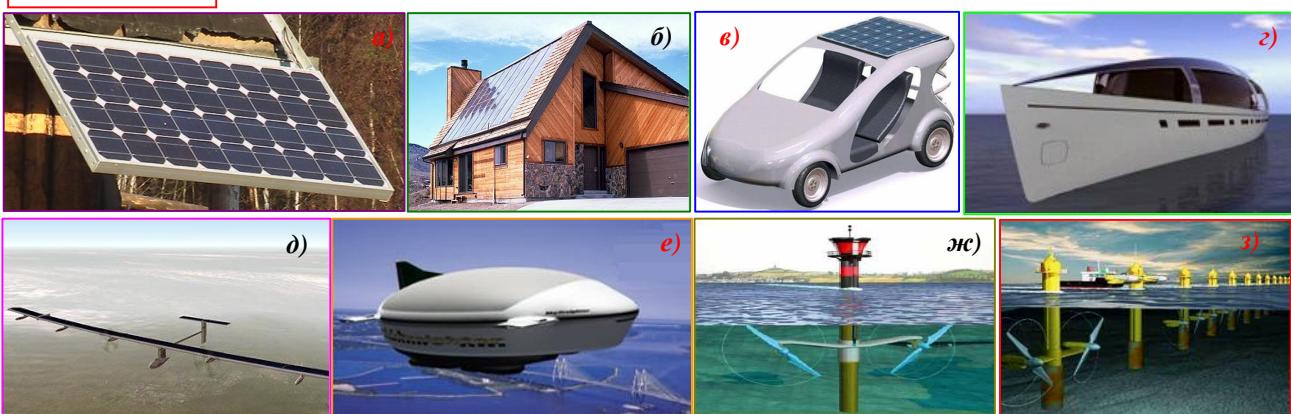
1. «работа силы, действующей перпендикулярно перемещению тела, всегда равна...»; 2. твёрдое тело, вращающееся вокруг точки опоры; 3. «если постоянная по величине сила перпендикулярна скорости тела, его траектория...»; 4. единица мощности в СИ 5. работа, совершаемая в единицу времени; 6. кратчайшее расстояние от точки опоры рычага до линии действия силы; 7. отношение полезной работы к затраченной; 8. «сдвоенная» наклонная плоскость; 9. энергия движущегося тела; 10. «неподвижный блок не даёт выигрыша в силе, но позволяет изменить её...».

Солнце, воздух и вода - наши лучшие друзья!



Солнце, воздух и вода - наши лучшие друзья!

Деятельность человека на Земле, к сожалению, ведёт к загрязнению природы. В значительной степени это связано со сжиганием топлива для получения энергии. Поэтому очень важно научиться использовать энергию Солнца, а также потоков воздуха и воды. Сегодня учёные усиленно разрабатывают батареи, способные преобразовывать солнечную энергию в электрическую. Сейчас с 1 м² площади таких батарей можно получить до 500 Вт электроэнергии (а). Их устанавливают на крышах домов (б), на автомобилях (в), яхтах (г) и даже на самолётах (д) и дирижаблях (е). Во всём мире наряду с ветряными электростанциями, стали строить турбины, использующие подводные течения и приливы. Они походят на ветряные турбины, имеют 2-3 лопасти и тоже врачают электрогенераторы, которые могут иметь мощность от десятков кВт до десятков МВт. Они не требуют строительства плотин и практически не препятствуют передвижению рыб (ж; з).



Решения кроссвордов



Учись, мой сын: наука сокращает
Нам опыты быстротекущей жизни...

А. С. Пушкин, «Борис Годунов»

Кроссворд №1

По горизонтали: 1. прибор; 2. естествознание; 3. Ломоносов; 4. наблюдение; 5. точка; 6. дельта; 7. материальная точка; 8. материя; 9. эксперимент; 10. измерение; 11. Королёв; 12. Ньютон; 13. макромир; 14. квадратный метр.

По вертикали: 1. Аристотель; 2. физика; 3. тело; 4. модель; 5. теории; 6. погрешность; 7. гипотеза; 8. вещества; 9. цена деления; 10. шкала; 11. Гагарин; 12. объём; 13. явление; 14. Максвелл; 15. кубический метр; 16. метр; 17. микромир; 18. поверхность; 19. мегомир.

Кроссворд №2

По горизонтали:

1. протон;
2. макроскопическое тело;
3. химический элемент;
4. твёрдое;
5. температура;
6. кристалл;
7. ядерные;
8. электрон;
9. изотоп.

По вертикали:

1. Газ;
2. Броун;
3. Атом;
4. Диффузия;
5. Ион;
6. Ангстрем;
7. Резерфорд;
8. Нейtron;
9. Нуклон;
10. Молекула;
11. Жидкость;
12. Менделеев;
13. Ионная решётка;
14. Термометр;
15. Вода.

Кроссворд №3

По горизонтали:

1. вращение;
2. масса;
3. механическое движение;
4. вектор;
5. инерция;
6. путь;
7. функция;
8. средняя;
9. мгновенная;
10. кинематика;
11. ось вращения;
12. производная;
13. радиус-вектор;
14. скорость;
15. неравномерное;
16. графически;
17. плотность.

По вертикали:

1. система отсчёта;
2. траектория;
3. точка отсчёта;
4. поступательное;
5. тело отсчёта;
6. момент времени;
7. прямолинейное движение;
8. перемещение;
9. импульс;
10. ускорение;
11. аналитический;
12. система координат;
13. равномерное;
14. табличный.

Кроссворд №4

По горизонтали:

1. сила;
2. гравитационное;
3. деформация;
4. трение;
5. динамометр;
6. величина;
7. поле;
8. вес тела;
9. сила тяжести;
10. трение покоя;
11. упругая сила;
12. трение скольжения;
13. трение качения.

По вертикали:

1. противодействие;
2. электромагнитное;
3. равнодействующая;
4. ускорение;
5. направление;
6. инерциальная;
7. ускорение свободного падения;
8. точка приложения;
9. взаимодействие;
9. приливы.

Кроссворд №5

По горизонтали:

1. давление; 2. баллон; 3. барометр; 4. сообщающиеся сосуды; 5. Архимед; 6. Паскаль; 7. батискаф; 8. батисфера; 9. манометр; 10. выталкивающая сила; 11. гидромашины; 12. акваланг; 13. теплоход; 14. стратострат.

По вертикали:

1. паскаль; 2. шило; 3. пятно контакта; 4. тонет; 5. плавает; 6. гусеница; 7. атмосфера; 8. пневмомашины; 9. Кусто; 10. Торричелли; 11. парадокс; 12. всплывает.

Кроссворд №6

По горизонтали:

1. механическая работа; 2. джоуль; 3. момент силы; 4. блок; 5. ворот; 6. винт; 7. силе; 8. расстоянии; 9. простейшие механизмы; 10. потенциальная; 11. равновесии; 12. энергия; 13. трение; 14. затраченной.

По вертикали:

1. нулю; 2. рычаг; 3. окружность; 4. ватт; 5. мощность; 6. плечо рычага; 7. коэффициент полезного действия; 8. клин; 9. кинетическая; 10. направление.



Об одном из самых «любимых» изобретений

Pergamentum mobile

Мартын. Что такое perpertuum mobile?

Бертольд. Pergamentum mobile, то есть вечное движение. Если найду вечное движение, то я не вижу границ творчеству человеческому... видишь ли, добрый мой Мартын, делать золото — задача заманчивая, открытие, может быть, любопытное, но найти perpertuum mobile... О!..

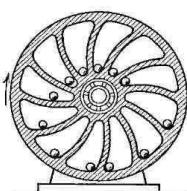
А. С. Пушкин. “Сцены из рыцарских времён” 1835 г.

Вечный двигатель (лат. *perpetuum mobile* – вечное движение) – это воображаемая машина, способная совершать работу неограниченно долгое время, не заимствуя энергии извне. Возможность работы такой машины означала бы получение энергии из ничего, что противоречит закону сохранения энергии, установленному в середине 19 века.

До этого, в 16-17 вв., идея создания вечного двигателя занимала умы не только фантазёров-самоучек, но и некоторых учёных. Однако, вследствие бесплодности многовековых попыток, с 1775 Французская Академия Наук отказалась рассматривать подобные проекты. Несмотря на это, тщетные попытки создания «вечных двигателей» предпринимаются малосведущими изобретателями до сих пор.

Во многих подобных проектах прибегают к действию силы тяжести; см., например, *рисунок слева*. По идеи изобретателя «шари спраша должны перевешивать шари слева, расстояние которых от оси колеса меньше». Но при опускании шаров совершается точно такое же количество работы, какое было затрачено на их поднятие (в соответствии с «золотым правилом механики», являющимся одной из формулировок закона сохранения энергии). Кроме того при любом движении совершается работа трения. Поэтому такие «двигатели» работать не могут.

От «вечных двигателей» следует отличать механизмы, работающие за счёт природных запасов энергии (движущейся воды, ветра, солнечной, ядерной и т. д.). Такие механизмы могут работать весьма долго, но с идеей «вечных двигателей» они ничего общего не имеют.



Содержание

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
§1.Что изучает физика	3
§2. Некоторые физические термины	5
§3.Процесс познания: наблюдения – обобщения – модели, гипотезы – опыт – теория, закон	7
§4.Физические величины. Измерение физических величин	9
§5.Точность и погрешность измерений	11
Семь раз отмерь – один отрежь!	13
Отличается ли «маленькое» от «большого»?	13
§6.Физика и техника	15
Физика и другие виды творчества	18
Глава 1. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА	20
§7.Строение вещества.	20
§8.Молекулы	22
§ 9. Движение молекул	24
§ 9.1, (§9). Диффузия в жидкостях, газах и твёрдых телах	24
§ 9.2. Броуновское движение	25
§ 9.3. Скорость движения молекул и температура тела	26
§ 10. Взаимное притяжение и отталкивание молекул	28
§ 11. Три состояния вещества	30
§ 12, Различие в молекулярном строении твёрдых тел, жидкостей и газов	31
Приложение к главе 1.	32
Из чего состоят молекулы	33
Представление о строении атомов.	33
Глава 2. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ И СИЛЫ	39
§13. Механическое движение.	39
§13.1. Что такое механическое движение?	39
§13.2. Траектория. Виды механического движения	40
§14. Описание механического движения	41
§14.1. Как характеризовать положение точки?	42
1). Координаты.	42
2). Радиус-вектор	42
§14.2. Время	43
§14.3. Система отсчёта. Относительность движения	43
§15. Путь и перемещение	44
§ 16. Прямолинейное движение	46
§ 16.1;(14). Равномерное и неравномерное прямолинейное движение	46
§16.2. Графический и табличный способы задания движения	46
§ 17. Начальные понятия о скорости движения тела	48
§ 17.1; (15). Скорость v равномерного движения. Единицы скорости	48
§ 17.2; (15). Средняя скорость v_{cp} неравномерного движения	50
§ 18; (16). Расчёт пути и времени движения	51
§ 19. Скорость при неравномерном движении средняя и мгновенная (истинная)	53
§ 20. Ускорение	55
§ 21; (17). Инерция	57
§ 22;(19). Масса тела – мера его инертности, проявляющаяся при взаимодействии тел	58
§ 23; (20). Измерение массы тела на весах	59
§ 24 (21). Плотность вещества	60
§ 25 (22). Расчет массы и объема тела по его плотности	63
Некоторые дополнительные сведения	64

§ 26. Количество движения (импульс) тела $\vec{p} = m\vec{v}$ – динамическая характеристика движущегося тела	65
§ 27. Сохранение количества движения (импульса) тела, свободного от внешних воздействий.	66
§ 28(18). Взаимодействие тел в природе	67
§ 29 (23). Сила \vec{F} – характеристика воздействия одного тела на другое	68
§ 30. Сложение сил, направленных по одной прямой	72
§ 31. Законы движения Ньютона – начало современной физики	74
§ 31.1. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта	74
§ 31.2. Второй закон Ньютона	76
§ 31.3. Третий закон Ньютона	78
§ 32 (24). Явление тяготения (гравитации). Закон всемирного тяготения	80
§ 33. Сила тяжести $F_{\text{тяж.}}$	82
§ 34. Ускорение свободного падения g	82
§ 35. Гравитационное поле сил	84
§ 36 (25). Деформация. Силы упругости $F_{\text{упр.}}$. Закон Гука	86
§ 36.1. Природа и направление сил упругости $F_{\text{упр.}}$	86
§ 36.2. Величина силы упругости. Закон Гука	87
§ 36.3. Примеры упругих взаимодействий	87
§ 37(26). Вес тела \vec{P}	88
§ 38 (28) Динамометры	89
§ 39 (30). Силы трения \vec{F}_{mp}	91
§ 39.1. Трение скольжения и качения	91
§ 39.2. Трение покоя	93
§ 39.3. Трение в природе и технике	94
Приложение №1 к главе 2	96
О фундаментальном труде И. Ньютона	96
Математические начала натуральной философии	96
История написание	96
Краткое содержание труда	96
Критика	97
Приложение №2 к главе 2	98
Явление приливов и отливов на Земле обусловлено гравитационным влиянием Луны	98
Приложение №3 к главе 2	100
О движении материальной точки в гравитационном поле Земли	100
Движение материальной точки вблизи поверхности Земли	100
Движение материальной точки с большими начальными скоростями	101
Геостационарные спутники связи	101
Свобода... в падении? Да, пока не упадёте!	102
На реальное движение тел, кроме силы тяжести, всегда влияют силы сопротивления	102
Приложение №4 к главе 2	103
Основные идеи механики Галилея – Ньютона	103
Глава 3. ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ	105
§ 40(33). Давление. Единицы давления	105
§ 41 (34). Способы уменьшения и увеличения давления	107
§ 42 (35). Давление газа	109
§ 43 (36). Передача давления жидкостями и газами. Закон Паскаля	111
§ 44 (37). Давление в жидкости и газе	113
§ 45 (38). Расчет давления жидкости на дно и стенки сосуда	114
§ 46 (39). Сообщающиеся сосуды	116
§ 47 (40). Вес воздуха. Атмосферное давление p_a	117

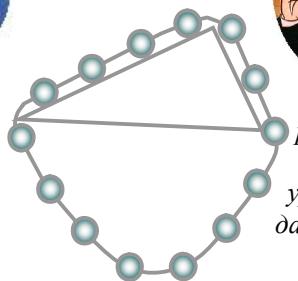
§ 48 (41). Почему существует воздушная оболочка Земли	119
§ 49 (42). Измерение атмосферного давления. Опыт Торричелли	120
§ 50 (43). Барометр-анероид	123
§ 51 (44). Атмосферное давление на различных высотах	124
§ 52 (45). Манометры	125
§ 53 (46). Поршневой жидкостный насос	127
§ 54 (47). Гидравлический пресс	127
§ 55 (48). Действие жидкости и газа на погруженное в них тело. Сила Архимеда	129
§ 56 (49). Ещё о силе Архимеда. Вес тела, погруженного в жидкость (газ)	131
§ 57 (50). Плавание тел Ныряльщик (или картезианский водолаз) Декарта	133
§ 58 (51). Плавание судов	135
§ 59 (52). Воздухоплавание	136
Приложение №1 Гидравлический парадокс	139
Приложение №2 Давление на дне морей и океанов. Исследование морских глубин	140
Приложение №3 Пневматические машины и инструменты	142
Приложение №4 Атмосфера Земли	144
Приложение №5 История открытия атмосферного давления	144
Приложение №6 Об Архимеде – одном из величайших учёных древней Греции	147
Это любопытно!	149
Глава 4. РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ	150
§ 60 (53). Механическая работа. Единицы работы	150
§ 61 (54). Мощность. Единицы мощности	154
§ 62 (55). Простые механизмы	158
§ 63 (56). Рычаг. Равновесие сил на рычаге	159
§ 64 (57). Момент силы	161
§ 65 (58). Рычаги в технике, быту и природе	162
§ 66 (59). Применение закона равновесия рычага к блоку и вороту	164
§ 67. Наклонная плоскость	166
§ 68 (60). Равенство работ при использовании простых механизмов. «Золотое правило» механики	169
§ 69 (61). Коэффициент полезного действия	171
§ 70 (62). Энергия.	172
§ 71 (63). Потенциальная и кинетическая энергия	174
§ 72 (64). Превращение одного вида механической энергии в другой. Закон сохранения механической энергии	176
Приложение к главе 4. Энергия движущейся воды и ветра. Гидравлические и ветряные двигатели	179
Приложение 1 к курсу 7 кл. Реальный мир; модели; симметрия	182
1. Реальность и модели	182
2. Симметрия	184
2.1. Что такое симметрия?	184
2.2. Примеры часто встречающихся симметрий	185
2.3. Симметрия познавательных и творческих моделей	189
2.4. Симметрия моделей свободного пространства и абсолютного времени	190
2.5. Симметрия и законы сохранения	191
2.6. Симметрия и асимметрия	192
2.7. О «правильном» или научном мышлении	194
2.8. Симметрия – основа нашего взаимодействия с окружающим миром	195
Кроссворды для повторения	199
Кроссворды №1 – №6	199
Ответы на решения	212



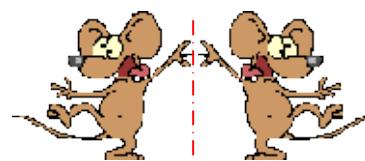
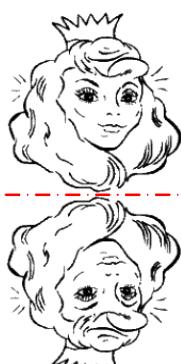
Perpetuum Mobile ?



Эта штука –
гениальное
изобретение,
решающее все
проблемы!

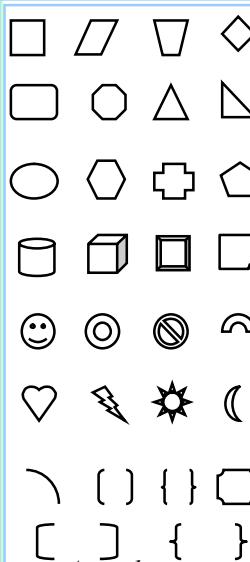


Эта штука
работать не
будет: она
уравновешена,
да и трение...



Каждой
твари по
паре...

Инварианты, инварианты, инварианты...

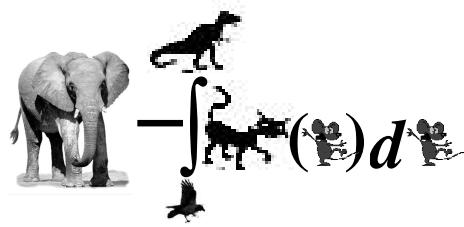


А Б В Г Д
Е Ё Ж З И
Й К Л М Н
О П Р С Т
У Ф Х Ц Ч
Ш Щ Ъ Ы Ъ
Э Ю Я 33 буквы

H He Li Be B C N O F
Ne Na Mg Al Si P S
Cl Ar K Ca Sc Ti V Cr
Mn Fe Co Ni... всего
около 100 элементов
во всей Вселенной

Автофигуры





?



Верь тому, кто ищет истину, и не доверяй тому, кто говорит, что её нашёл...

$$\frac{d\text{---}}{dt} = \text{---}$$

$$= \int_{t_0}^{\text{---}} \text{---}(t) dt$$

