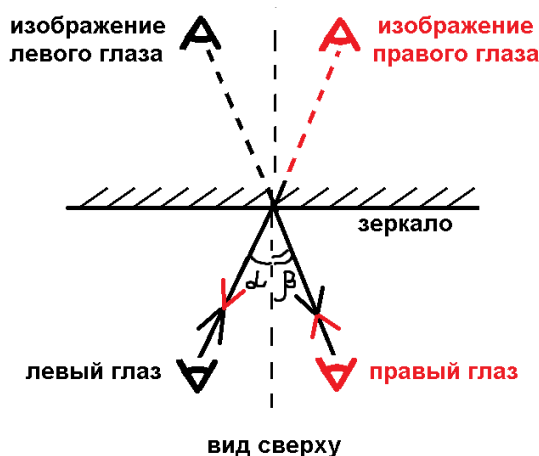


Ответы на качественные вопросы картинной галереи представления «Физические посиделки»

«Своенравное зеркало»



Потому что у нас два глаза – левый и правый. Если бы глаза располагались друг над другом – то в зеркале как раз и было бы так: «верх» менялся бы с «низом».

Зеркало не переворачивает изображение. Отражение создается в соответствии с законами оптики. Свет от объекта (например, от левого глаза) падает на зеркальную поверхность и отражается под тем же углом ($\alpha = \beta$), сохраняя положение объекта относительно вертикальной оси (правый глаз видит изображение левого глаза на продолжении лучей, попадающих в него). Это означает, что правая сторона объекта остается справа, и левая остается слева. Однако поскольку свет идет от объекта к зеркалу и возвращается, мы видим изображение как бы «за» зеркалом, создавая иллюзию глубины и перевернутого пространства. Эта иллюзия создает уникальные эффекты и может вносить путаницу в наше понимание пространственных отношений и ориентиров.

1. «Лунная дорожка»

Лунная дорожка – это отражение луны от поверхности водоёма, на котором есть волны. Она состоит из множества отражений луны от каждой конкретной волны в водоёме и всё происходит согласно закону отражения световых лучей.

Из-за волн лунная дорожка представляет собой широкую линию, направленную всегда к наблюдателю. Это связано с тем, что наблюдатель видит отражаемый волнами свет, а максимум отражений приходится как раз по линии зритель – луна. Левее и правее этой линии отражений становится меньше, и дорожка как бы угасает.

Каждый человек видит свою лунную дорожку.

2. «Световая вертушка»

«Световая мельница» носит название радиометра Крукса и представляет собой вертушку с четырьмя лопастями, которая уравновешена на игле внутри стеклянной колбы, откуда частично откачан воздух. При попадании в неё светового луча вертушка начинает вращаться. Причиной является радиометрический эффект:

1. Каждая лопасть с одной стороны окрашена в чёрный цвет, а с другой – в белый.
2. Чёрная сторона нагревается светом сильнее, молекулы газа, находящегося в колбе, отскакивают от неё с большей скоростью, чем от белой поверхности.
3. Так, чёрная лопасть получает больший импульс, который и придаёт вертушке указанное вращение.

Ошибочно считать, что причиной вращения является световое давление, согласно которому белая поверхность испытывает большую силу, чем чёрная. Световое давление существует, что экспериментально подтвердил в 1900г русский физик Петр Николаевич Лебедев, НО оно пренебрежимо мало по сравнению с радиометрическим эффектом. (Главной сложностью в опытах Лебедева было качественно откачать из колбы воздух и избавиться от пагубного действия его молекул).

3. «Хвост кометы»

Ничего сверхъестественного в том, что хвост кометы направлен от солнца нет. Движением кометы управляет гравитация солнца. По мере того, как комета подлетает к нему всё ближе, её поверхность начинает нагреваться. Лёд с поверхности кометы испаряется, связанные им частицы пыли утрачивают монолитность, а слабая сила тяжести кометы не может их удержать. Поэтому этот пар и частицы сдуваются с поверхности кометы солнечным ветром – потоком высокоэнергетических частиц. Постепенно хвост начинает вытягиваться в сторону противоположную «дующему» ветру, увеличиваясь по мере приближения кометы к солнцу. По мере удаления кометы, хвост всё так же направленный от солнца, оказывается впереди кометы, что представляет собой интересное зрелище. Причём более тяжёлые частицы пыли отстают от частиц газа и хвост кометы словно раздваивается.

Впервые гипотеза о существовании светового давления была высказана Иоганном Кеплером в XVII веке для объяснения явления хвостов комет при полёте их вблизи Солнца.

4. «Продолжительность стрельбы»

При стрельбе ствол орудия нагревается и из-за тепловой деформации и пули в нём заклинивает. Чтобы такого не происходило у пулемётов системы Максима предусмотрено водяное охлаждение ствола. У таких пулемётов поверх ствола одевают особый «кожух» – полый железный цилиндр с отверстиями для наливания и выпуска воды и для выхода пара. Перед стрельбой кожух наполняют водой, которую наливают до тех пор, пока она не начнет вытекать из пароотводной трубки. При этих условиях воды в кожухе помещается около 4 кг. Пулемёт не может работать бесконечно, время его стрельбы определяется наличием воды в кожухе ствола.

Но вот пулемёт стреляет. При каждом выстреле выделяется теплота. Вода в кожухе становится всё теплее и теплее. При 100°C она закипает.

Оценим время закипания воды и количество выстрелов, которые успеет сделать пулемёт, прежде чем закипит вода.

Заряд пороха в патроне пулемёта имеет массу 3,2г, его удельная теплота сгорания – 3,8МДж/кг. 3,2г пороха, сгорая за один выстрел, дают примерно 12кДж энергии. Из этой теплоты около 2/3 идёт на нагревание воды – т.е. 8кДж. А для нагревания на 1°C всей воды в кожухе пулемёта тратится $cm\Delta t=16,8\text{кДж}$.

Получается, что каждые два выстрела из пулемёта нагревают воду в его кожухе примерно на 1°C, а от 0°C до 100°C нагреют 200 выстрелов.

Сколько же это займёт времени? В одну секунду пулемёт делает 10 выстрелов, значит, вода закипит через 20 секунд. (Сравните с закипанием воды в электросамоваре... Пулемёт кипятит воду с огромной скоростью, и его можно считать «самым скорым самоваром»). Лента «Максима» вмещала 250 патронов. При скорострельности в 600 выстрелов в минуту это 25 секунд. Расчёты дают чёткое представление о необходимости водяного охлаждения...

5. «Погружение лодки»

Чтобы лодка начала погружение, сила тяжести, действующая на неё, должна незначительно превысить силу Архимеда. Чтобы остановить это погружение, выталкивающая сила должна превысить силу тяжести. При погружении лодки на 100м ей практически потребуется набрать в себя

столько же воды, как и при погружении на 10м. Объясняется это тем, что вода на указанных глубинах практически несжимаема (и не меняет свою плотность).

6. «Плавление гвоздя»

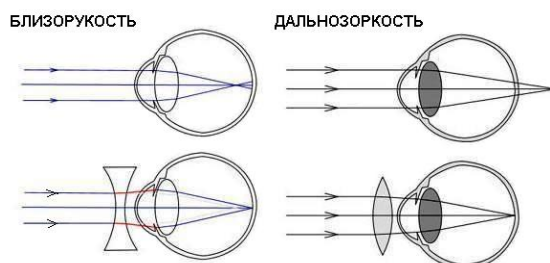
Гвоздь не плавится из-за того, что значительная доля поступающего к нему тепла вследствие теплопроводности уносится прочь.

7. «Электромагниты»

Используя правило правой руки, определяем направление вектора магнитной индукции, создаваемого витками с током, намотанными на «ножки» магнитов. В первом магнитопроводе (железном сердечнике) магнитные потоки ослабляют друг друга, так как направлены навстречу друг другу. Во втором – они направлены в одну сторону и усиливают друг друга.

Второй магнит сильнее (а его полюса определите самостоятельно!)

8. «Очки»



Мы видим, что очки дают прямое уменьшенное изображение букв газетного текста. Следовательно, линзы в очках – рассеивающие. Их используют люди, страдающие близорукостью.

Близорукость – это такой дефект зрения, при котором световые лучи фокусируются не на сетчатке глаза, а перед ней, и человек видит удалённые предметы размытыми. Увеличить резкость можно, если сдвинуть точку фокуса световых лучей на сетчатку, уменьшая преломляющую способность оптической системы глаз.

Владелец этих очков страдает близорукостью и чтобы хорошо видеть игру футболистов на стадионе, ему необходимо использовать указанные очки.

9. «Свеча в невесомости»



Свеча в невесомости гореть может, но иначе, чем на Земле. Поскольку в невесомости естественная конвекция отсутствует, пламя свечи имеет не вытянутую, как в земных условиях, а сферическую форму. Кислород, необходимый для горения, поступает за счёт молекулярной диффузии и в меньшем количестве. Пламя – еле заметно. Цвет пламени зависит не только от температуры (которая определяется соотношением прореагировавшего окислителя и топлива), но и наличием в нём всевозможных химических примесей. В данном случае, синее пламя – «холодное» пламя.

10. «Яркость свечения ламп»

Зная паспортные мощности и напряжения ламп, можно определить их сопротивления: $P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{P}$. Чем больше мощность лампы, тем меньше её сопротивление. (Для нашего случая: $R_{200} = 242$ (Ом), $R_{40} = 1210$ (Ом)). Но лампы соединены последовательно, поэтому они будут выделять не паспортную тепловую мощность. При указанном типе соединения токи, идущие через лампы – одинаковы, поэтому для сравнения их реальных мощностей удобно использовать формулу: $P = IU = I^2R$. Лампа с большим сопротивлением в единицу времени будет больше выделять тепла и ярче светить.

Таким образом, лампа на 200Вт будет гореть более тускло, чем лампа на 40Вт.

11. «Снежинки»

Чем сложнее форма снежинки, тем с большей высоты она упала, так как в течение всего времени её падения продолжается процесс кристаллизации – присоединения к ней новых частиц влаги.

12. «Возможно ли это?»

Неподвижный блок не даёт выигрыша в силе, он может только изменить направление силы. Очевидно, что вес двух человек на доске, больше веса человека, который пытается их поднять. Всё закончится тем, что тяжёлый груз опустится вниз и поднимет лёгкий груз.

13. «Маятник Максвелла на весах»

Когда маятник колеблется, сила натяжения нити отличается от силы натяжения в состоянии покоя, когда она равна силе тяжести.

При движении маятника из верхнего положения вниз, ускорение маятника направлено вниз и вес маятника в это время становится немного меньше величины mg (в неинерциальной системе отсчёта на маятник действует дополнительная сила инерции: $\vec{F}_i = -m\vec{a}$).

Когда маятник поднимается замедленно вверх его ускорение вновь направлено вниз, и сила инерции вновь уменьшает силу натяжения нитей (вес).

В нижней точке, в момент изменения направления скоростей, ускорение маятника велико и направлено вверх. В этот момент сила натяжения нитей (вес) будет значительно больше величины mg .

14. «Высота здания и барометр»

Существует несколько способов измерить высоту здания с помощью барометра. Вот некоторые из них:

1. Подняться с барометром на крышу здания и уронить его вниз (без начальной скорости), замеряя время падения. Затем, используя формулу $H = \frac{gt^2}{2}$, вычислить высоту здания.
2. Выйти на улицу в солнечный день и измерить высоту барометра и его тени, а также длину тени здания. Затем, решив несложную пропорцию, определить высоту самого здания.
3. Взять барометр в руки и подняться по лестнице, прикладывая барометр к стене и делая отметки. Сосчитав количество этих отметок, и умножив его на размер барометра, получить высоту здания.

Известен исторический анекдот, согласно которому абитуриент Нильс Бор, предложил на вступительном экзамене с десятков решений данной задачи – правильных по сути, но не ожидаемых экзаменатором. У того была своя и единственная правда, связанная с использованием баро-

метрической формулы (зависимости атмосферного давления от высоты). Конфликт умного абитуриента и упёртого экзаменатора разрешил сам Резерфорд.

15. «Худеющие сосульки»

Кажущаяся странность: в мороз сосульки медленно худеют, меняя свою форму – они становятся всё тоньше. Всё дело в том, что на морозе при низкой влажности воздуха происходит медленное испарение (сублимация) сосулек, то есть фазовый переход льда сразу в пар, минуя жидкое состояние. При этом сосульки уменьшаются в объёме, становясь всё тоньше и приобретая острые концы.

Подобное происходит, когда без единой оттепели в морозную зиму снежный покров истончается, и к весне он оказывается полностью «съеденным». Не успевая растаять, снег испаряется...

А ещё вспоминается, сохнувшее после стирки зимой бельё на балконе...

17. «По примеру слона»

Чтобы периодически расширять грудную клетку под водой и дышать, необходимо противодействовать силе давления воды. У человека в отличие от слона слабые мышцы, поэтому для подобных действий их силы не хватает.

Водяного столба в 1м достаточно для полного прекращения дыхания человека.

18. «Равновесие аквариума»

Гирия, плавающая в стакане, вытесняет жидкость, вес которой равен их весу. Поэтому смещение стакана с гирей от центра к краю аквариума не приведёт к нарушению равновесия сосуда.

19. «Игрушки в невесомости»

Из представленных игрушек лишь две не будут «работать» в невесомости – неваляшка (у которой центр тяжести перестанет стремиться к положению устойчивого равновесия, характеризуемого минимальной потенциальной энергией) и кораблик (непотопляемость которого определяется равновесием силы тяжести и выталкивающей силы Архимеда).

20. «Магнит и железный шарик»

Увеличить подъёмную силу магнита можно следующими способами:

- 1) «нарастить» концы магнита коническими железными насадками с целью уменьшения расстояния между полюсами;
- 2) намотать на магнит проволочную катушку и подать на неё напряжение;
- 3) но проще всего – уменьшить вес металлического шарика – налить в сосуд воду (или жидкость большей плотности).

21. «Уровень воды в шлюзах»

Плавающий корабль можно мысленно заменить массой воды, которую он вытесняет (см. закон Архимеда и условие плавания тел). Вес этой воды равен весу корабля, поэтому скорость выравнивания уровней воды в шлюзах с кораблём и без, останется неизменной.

22. «Отверстие в крышке чайника»

Отверстие в крышке чайника сделано намеренно.

Оно нужно для того, чтобы при кипении воды давление под крышкой сосуда сравнивалось с атмосферным, и вода из сосуда не выливалась через его носик.

При нагревании любого физического тела его размер увеличивается. Это происходит из-за увеличения внутренней энергии тела, вследствие чего его молекулы начинают двигаться быстрее. Поэтому при нагревании металлической шайбы размер её отверстия увеличивается.

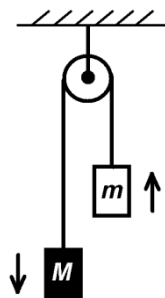
23. «Трогательная наука»

Теплопроводность металла гораздо больше, чем дерева, поэтому зимой металл будет более холодным на ощупь, а в жару более горячим, чем дерево.

24. «Кирпичи на горке»

Кирпичи начнут скользить одновременно. Ведь оба кирпича давят на доску с одинаковой силой, а значит, одинаковы и силы трения, которые приходится им преодолевать. Удельные силы трения, приходящиеся на каждый квадратный сантиметр площади соприкосновения кирпичей с доской, конечно, не равны. Но общие силы трения, действующие на кирпичи, равные произведению удельной силы трения на площадь поверхности соприкосновения, будут одинаковы.

25. «Видимое нарушение»



Не будем обращать внимание на нереальное соотношение размеров шарика и мальчика, примем его за условность.

Потенциальная энергия взлетающего шарика с грузом видимо увеличивается, они всплывают в более плотной среде. В качестве модели данного явления примем движение связанных тел на неподвижном блоке: тяжёлое тело (вытесненный шариком воздух – M) опускается вниз, а лёгкое тело (сам шарик с грузом – m) поднимается вверх. При этом центр масс системы « M - m » опускается вниз, согласно принципу стремления системы тел к минимуму потенциальной энергии. Так что нарушение всего лишь видимое.

26. «Летающий морской корабль»

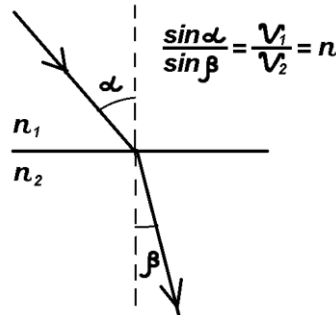


Схема хода лучей над охлаждённой поверхностью.

Наблюдается верхний мираж – оптическое явление, которое возникает, когда над слоем холодного воздуха находится более тёплый (например, в море). Из-за разницы температур у водной

поверхности возникает и разница в показателях преломления. По мере приближения к воде, показатель преломления плавно меняется, поэтому лучи света отклоняются от своего естественного (прямолинейного) пути, и наблюдатель видит предметы смещёнными относительно своего истинного положения (он видит их на продолжении лучей, попадающих в глаза).

27. «Бриллиант в воде»

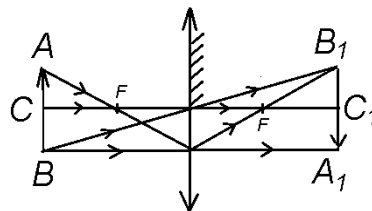


Абсолютный показатель преломления среды (вещества) показывает во сколько раз скорость света в веществе меньше, чем скорость света в вакууме. В воздухе он равен 1, в остальных средах – больше единицы.

Если световой луч проходит через среды с различной оптической плотностью (с разными абсолютными показателями преломления), то он преломляется (см. закон преломления световых лучей) на границе двух сред. Если среды имеют одинаковый абсолютный показатель преломления, то лучи не искривляются.

У бриллианта и воды в бокале различные способности к преломлению световых лучей, поэтому бриллиант в воде будет хорошо заметен.

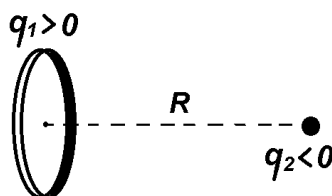
28. «Половинка линзы»



Из рисунка видно, что световые лучи от всех точек предмета (на примере трёх – A, B, C), проходя через открытую часть линзы, создают изображение (A₁, B₁, C₁) всего предмета на экране.

Но всё же изображение на экране изменится – оно станет в два раза темнее, потому что на экран будет поступать в два раза меньше света.

29. «График притяжения»



Таковыми телами могут являться кольцо и шарик, имеющие разноимённые заряды и расположенные так, как показано на рисунке.

На большом расстоянии ($R \rightarrow \infty$) тела можно считать точечными зарядами, сила взаимодействия между которыми определяется формулой закона Кулона ($F = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{R^2}$) и равна нулю.

При приближении шарика к кольцу (R уменьшается), сила притяжения возрастает.

Когда это расстояние сократится до нуля (шарик будет находиться в центре кольца), кольцо уже нельзя считать точечным зарядом и чтобы найти силу взаимодействия с ним, кольцо надо мысленно разбить на маленькие кусочки (точечные заряды), найти силы взаимодействия шарика с каждым из них, а затем их векторно сложить. Эти силы будут скомпенсированы, и результирующая сила взаимодействия будет равна нулю.

Очевидно, что между положениями шарика, в которых его сила взаимодействия с кольцом равна нулю, должна быть точка с максимальной силой взаимодействия. (Попробуйте её найти!)

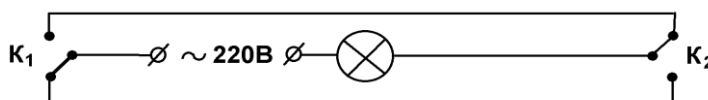
30. «Гудящие провода»

Звук – это колебания среды в определённом частотном диапазоне. Но как создаются это колебания? При обтекании воздухом проводов за ними образуются «вихри». В вихрях давление меньше, чем там, где их нет. Вихри «срываются» с проводов и «звучат».

31. «С горки»

Первым внизу горки окажется кубик, его потенциальная энергия полностью перейдёт в кинетическую энергию поступательного движения. У шарика и цилиндра часть потенциальной энергии перейдёт также в кинетическую энергию вращательного движения, и кинетическая энергия поступательного движения на финише будет меньше, чем у кубика.

32. «Управление лампой из двух мест»



K_1 и K_2 – трёхполюсные ключи, которые одновременно работают на замыкание и размыкание цепи. Данная схема позволяет включать/выключать лампу из двух концов коридора.

33. «Измерение объёма комнаты»

Сопротивление R отрезка проволоки, равного по длине l высоте комнаты, можно определить по закону Ома, собрав цепь, в которой источником тока является аккумулятор, а внешним участком (нагрузкой) – упомянутый отрезок. Если амперметр, включенный последовательно с ним, показывает ток I , а соединенный параллельно вольтметр регистрирует разность потенциалов U , то

$$R = \frac{U}{I} = \rho \frac{l}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения проводника, а ρ – удельное сопротивление меди.

С другой стороны, массу m этого отрезка, определённую взвешиванием на весах, можно выразить через его длину l , площадь сечения S и плотность меди D следующим образом:

$$m = D l S.$$

Перемножив равенства, получаем:

$$\frac{mU}{I} = \rho D l^2,$$

откуда

$$l = \sqrt{\frac{mU}{\rho D I}}.$$

Величины I , U и m измеряются на опыте, а значения ρ и D берутся из справочника. Таким же образом определяется длина и ширина комнаты, а затем находится её объём.

Если падение напряжения на отрезке, равном длине комнаты, мало и с трудом определяется по вольтметру, нужно включить в цепь отрезок, длина которого в некоторое целое число раз пре-

вышает размер комнаты (для этого достаточно уложить проволоку по длине комнаты несколько раз).

34. «Плотность деревянной линейки»

Пусть длина деревянной линейки (палочки) – l_1 , а находящейся под водой части – l_2 . Тогда масса палочки

$$m_1 = l_1 S \rho_1,$$

где ρ_1 – плотность дерева, а S – площадь поперечного сечения линейки.

В то же время масса вытесненной воды

$$m_2 = l_2 S \rho_2,$$

где ρ_2 – плотность воды. Поскольку палочка плавает, эти массы равны:

$$l_1 S \rho_1 = l_2 S \rho_2,$$

откуда находим:

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{l_2}{l_1}$$

Важно, чтобы палочка плавала вертикально, хотя бы и с небольшим наклоном, так как если она будет плавать «плашмя», задачу решить будет значительно труднее. Для того, чтобы линейка плавала вертикально, и служит узкий цилиндрический сосуд, стенки которого мешают линейке расположиться горизонтально («плашмя»).

35. «Магниты в невесомости»

Сравним ускорения (a), которые будут приобретать магниты во время свободного падения (т.е. в невесомости). На верхний магнит вниз помимо силы тяжести (F_m) действует сила притяжения к нижнему магниту (F_M), поэтому магнит получает ускорение большее по величине, чем ускорение свободного падения (g): $a_1 = \frac{F_T + F_M}{m} > g$. В отличие от верхнего магнита, ускорение нижнего магнита будет меньше ускорения свободного падения т.к. сила притяжения к верхнему магниту уменьшает действие на него силы тяжести: $a_2 = \frac{F_T - F_M}{m} < g$. Значит, в полёте верхний магнит догоняет нижний, и они соединяются (что и подтверждает опыт).

36. «Из воды в ртуть»

Если тело плавает, значит, его сила тяжести уравновешивается выталкивающей силой Архимеда. При переносе тела из воды в ртуть, сила тяжести, действующая на него, не изменяется и, следовательно, такой же останется выталкивающая сила.

Осадка тела в ртути будет меньше, ведь плотность ртути много больше плотности воды.

37. «Взвешивание слона»

Рабочий вариант: Сажает слона на большую лодку и отмечаем уровень воды, до которого лодка опускается (осадку). Затем выводим слона на берег и нагружаем лодку гирями известных масс так, чтобы осадка лодки с грузами стала такой же, как и со слоном. Складываем массы гирь в лодке, их общая масса будет равна массе слона.

38. «Ветренный взлёт»

Чем больше скорость воздуха относительно крыла самолёта, тем больше его подъёмная сила.

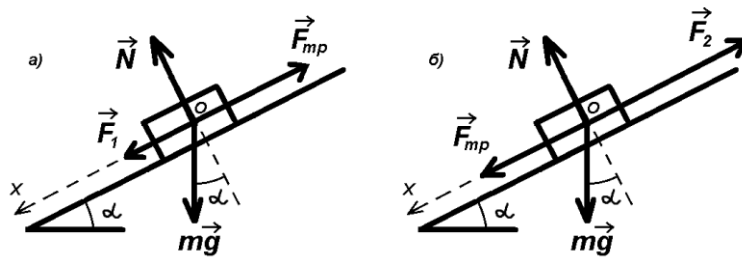
При взлёте против ветра к собственной скорости самого самолёта добавляется ещё и скорость ветра. Значит легче (и экономичнее) самолёту взлететь против ветра.

39. «Не дать зарядам сблизиться»

Чтобы электрические заряды находились в покое, необходимо силой тяжести груза, висящего на конце каната, уравновесить силу их притяжения друг к другу. Электрическая сила численно равна коэффициенту пропорциональности в законе Кулона – силе 9×10^9 Н, с которой в вакууме на расстоянии 1 м притягиваются два единичных точечных заряда. Остаётся оценить, сколько человек массой по 100 кг (и весом по $mg=1000$ Н) должны повиснуть для этого на конце каната: $\frac{9 \times 10^9}{1000} \approx 10$ млн человек!

Заметим, что накопить указанные заряды на сферах столь малого радиуса – не возможно.

40. «Угол наклона шоссе»



С помощью динамометра необходимо тянуть брусок так, чтобы он двигался равномерно (без ускорения) сначала вверх по наклонной плоскости (динамометр показывает силу F_1), а затем вниз по наклонной плоскости (динамометр показывает силу F_2). А ещё с помощью динамометра надо узнать вес бруска ($P=mg$). Значение трёх измерений позволяют определить искомый угол наклона.

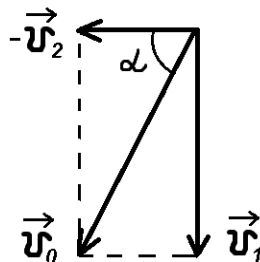
Из рисунка (а) и (б) и II закона Ньютона в проекции на ось Ox имеем:

$$F_1 + mgsin\alpha - F_{mp} = 0 \quad (1)$$

$$F_{mp} + mgsin\alpha - F_2 = 0 \quad (2)$$

Решаем систему уравнений (1)-(2) и получаем, что: $sin\alpha = \frac{F_2 - F_1}{2mg} = \frac{F_2 - F_1}{2P} \Rightarrow \alpha = arcsin \frac{F_2 - F_1}{2P}$.

41. «Следы дождя на стекле»



Если V_1 – вертикальная скорость дождевой капли относительно земли, а V_2 – скорость движения автомобиля в той же системе отсчёта, то V_0 – скорость капли относительно автобуса (см. рис). На боковом стекле автобуса капли оставляют следы, направленные вдоль V_0 . Достроим на траектории капли катеты. Измерим гипотенузу и горизонтальный катет. Через арккосинус вычислим угол наклона (α) траектории к горизонту. Скорость капли будет равна произведению тангенса этого угла на скорость машины.

42. «На поверхности Земли и в шахте»

Вес тела по мере продвижения к центру Земли уменьшается, потому как всё меньше и меньше этой Земли остаётся «под ногами». А то, что сверху, – то не притягивает и веса не создаёт. В центре Земли – невесомость.

43. «Запотевающие очки»

Очки «потеют» – покрываются мельчайшими капельками воды, если, окружающий их водяной пар становится насыщенным (относительная влажность воздуха возрастает до 100%), что происходит при охлаждении влажного воздуха до температуры точки росы.

На улице стёкла очков охладилась до низкой температуры окружающей среды, а в тёплом помещении они постепенно начинают нагреваться, охлаждая прилегающий к ним воздух с насыщенным водяным паром. Очки перестанут запотевать тогда, когда они нагреются до температуры чуть выше точки росы (значение которой ниже комнатной температуры).

44. «Контейнеры с шариками»

Вес контейнеров будет одинаков.

Пусть диаметр большого шара – D , а маленьких шариков – $d = D/4$. Сравним объём вещества, находящегося в контейнерах. Объём большого шара ($V_1 = 4/3 \times \pi \times (D/2)^3$) численно равен объёму 64 маленьких шариков ($V_2 = 64 \times 4/3 \times \pi \times (d/2)^3 = 8 \times 4/3 \times \pi \times (D/8)^3$) и, следовательно, вес контейнеров будет одинаков.

45. «Падение в узкую шахту»

Перед падением в шахту на поверхности Земли шарик, вращаясь вместе с планетой, имеет определённую скорость (если только через шахту не проходит ось вращения Земли): $V = \omega R$. Эту горизонтальную скорость шарик будет сохранять во время своего падения. Стенки шахты тоже имеют подобную скорость – у дна шахты она минимальна, а у поверхности земли – максимальна и равна скорости шарика. Стенки шахты будут «набегать» на шарик и на определённой глубине произойдёт соударение.

46. «Ведро в воздухе и в воде»

Рассмотри два одинаковых ведра: одно полностью погружено в воду, другое – в воздух. Выталкивающая сила (архимедова) в воде – более плотной среде больше, чем в воздухе. Значит, удерживать ведро в воде легче, чем в воздухе.

47. «Парашютист и песочные часы»

После прыжка с самолёта (с нераскрытым парашютом) человек в вертикальном направлении движется равноускоренно под действием силы тяжести, направленной вертикально вниз. По мере набора вертикальной скорости возникает и возрастает сила сопротивления воздуха. При некотором значении вертикальной скорости парашютиста эти две силы уравнивают друг друга, и после этого человек падает равномерно.

Песочные часы в невесомости не работают, а она наблюдается при свободном падении под действием только силы тяжести. При появлении силы сопротивления песок в часах начинает пересыпаться и при равномерном движении парашютиста часы начинают работать стандартно (как и в покое).

Теоретически парашютист может и в невесомости заставить перетекать песок в часах из одного сосуда в другой, воспользовавшись принципом эквивалентности сил гравитации и инерции. Для этого он должен, например, начать вращать часы на верёвочке вокруг пальца. Но ни один парашютист такого ещё ни разу не делал. (Интересно, почему? ☺).

48. «Курс на полюс»

Представим, что вместо самолёта имеется шарик, который мы катнули по радиусу к центру горизонтально расположенного диска.

Если диск не вращается, то шарик попадёт в центр.

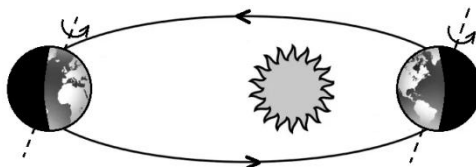
Если диск крутится, то шарик, сохраняя свою линейную скорость вращательного движения (которую он имел на периферии), будет опережать точки диска и покатится по кривой линии, в сторону от центра. При этом на шарик не будут действовать никакие видимые силы, и относительно инерциальной системы он по-прежнему будет двигаться с постоянной скоростью. Но относительно вращающегося диска (неинерциальной системы отсчёта) скорость шарика меняет своё направление т.к. на него действует сила инерции ($\vec{F}i = -m\vec{a}$), не параллельная скорости. Эту силу называют силой Кориолиса.

Самолёт, не корректирующий свой полёт, поведёт себя в небе подобно шарiku на вращающемся диске.

49. «Подъём флага»

При быстром подъёме воздушного шара, его флаг будет сохранять круговую скорость, которую он имел за счёт вращения Земли на её поверхности. (Будем считать, что подъём происходит не на полюсах, где эта скорость равна нулю). Атмосфера Земли, вращаясь с нашей планетой как единое целое, будет иметь в вышине большую скорость, чем на поверхности (т.к. $V = \omega R$). Таким образом, флажок в вышине по отношению к окружающему его воздуху будет иметь скорость. Он будет развеваться.

50. «Движение вокруг Солнца»



Земля вращается вокруг Солнца не по круговой, а по эллиптической орбите. Летом, когда планета находится от Солнца дальше (рассматриваем северное полушарие), она движется медленнее, а зимой – ближе и быстрее (согласно закону сохранения момента импульса).

В Солнечной системе наша планета совершает два движения: вращаемся вокруг Солнца и в то же время обращаемся вокруг земной оси. Оба движения складываются. Но результат получается различный, смотря по тому, находимся ли мы на дневной или ночной половине Земли. В полночь скорость вращения прибавляется к поступательной скорости Земли, а в полдень, наоборот, отнимается от неё. Значит, в полночь мы движемся в солнечной системе быстрее, нежели в полдень.

А с учётом времени года, человек движется быстрее относительно Солнца зимой (в северном полушарии) и в полночь.

51. «Дайте мне точку опоры...»



Согласно легенде, Архимед, открыв свойства рычага, сказал, что если бы где-нибудь была другая Земля, он бы перешёл на неё и смог передвинуть нашу. Если бы учёный имел представление о реальной гигантской массе планеты, он бы может и воздержался от подобных высказываний

Представим, что дана другая Земля. Посчитаем, сколько бы времени понадобилось, чтобы передвинуть такой груз хоть на сантиметр.

Пусть масса Земли равна 6×10^{24} кг (и вес – 6×10^{25} Н), а Архимед способен приложить силу равную своему весу (допустим 6×10^2 Н).

Тогда длинное плечо рычага должно быть длиннее короткого в 10^{23} раз. Но если короткое плечо переместится всего лишь на жалкий сантиметр, другое плечо (согласно золотому правилу механики) – на 10^{21} м. Если человек, прикладывая силу 600 Н, перемещает конец рычага на 1 м за 1 с, тогда ему потребуется 10^{21} секунд! Это 360 миллиардов веков! Даже обладая скоростью света (3×10^8 м/с), рука математика бы передвинула груз не меньше, чем за десять миллионов лет!

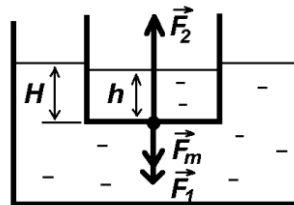
Архимед прожил долгие 75 лет жизни. Пусть 20 полных лет своей жизни он бы смог положить на движение Земли (ему было необходимо есть и спать, да и не с рождения он начал двигаться). 20 лет жизни – это как если бы вы начали работать в графике 5/7 по 12 часов в день в 19 лет, а на пенсию вышли в 75 (ну а Архимед просто умер). В таком режиме Архимед смог бы сдвинуть планету на 0,6 пикометров.

52. «Выстрел вверх»

В момент выстрела снаряд, помимо вертикальной скорости, имеет ещё и скорость, направленную в сторону вращения Земли (то есть строго на восток).

Снаряд будет сохранять линейную скорость точки поверхности Земли, но не угловую. Поэтому по мере подъёма вверх его угловая скорость будет уменьшаться (при той же или слабо меняющейся линейной увеличивается расстояние до оси вращения). Это и приводит к запаздыванию и отклонению точки падения к западу.

53. «Яблоко и уровень воды»



Для простоты рассуждений вместо яблока нальём в сосуд ещё воды, масса которой будет равна массе яблока, что приведёт к тому же изменению уровня воды во внутреннем сосуде. Таким образом, сила, действующая на внутренний сосуд вниз, изменится на величину силы тяжести налитой воды (или опущенного яблока). Малый сосуд увеличит свою осадку, дополнительно погрузившись в воду до состояния, в котором силы, действующие на него, окажутся скомпенсированы. На сосуд действуют: F_m – сила тяжести самого сосуда (mg); F_1 – сила давления на дно воды, находящейся внутри сосуда ($F_1 = \rho gh \times S$, где S – площадь дна сосуда); F_2 – сила давления на дно воды, находящейся снаружи сосуда ($F_2 = \rho gH \times S$).

$$F_2 = F_1 + F_m \text{ или } \rho gH \times S = \rho gh \times S + mg. \Rightarrow H = h + \frac{m}{\rho gS}.$$

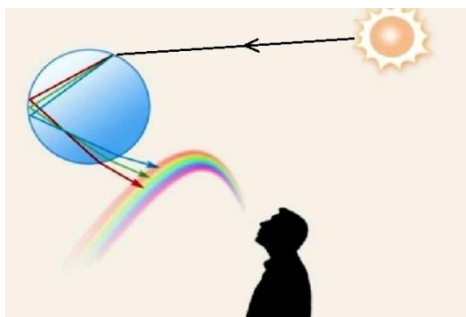
Из последней формулы следует, что H всегда (в том числе и до погружения яблока в воду) будет больше h на величину $\frac{m}{\rho gS}$.

54. «В теннис кирпичом»

Скорость центра мяча в момент отрыва кирпича равна половине скорости этого кирпича.

Так как высота взлёта любого тела пропорциональна квадрату его начальной скорости, то максимальная высота подъёма мяча будет вчетверо меньше, то есть $H/4 = 25\text{см}$.

55. «Радуга – дуга»



Для возникновения радуги необходимо определённое расположение светила, водяных капель в атмосфере и глаз наблюдателя. Солнце должно находиться за спиной наблюдателя, а не за радугой, как ошибочно изображено на рисунке.

Солнечные лучи многократно преломляются в каждой капле и устремляются в сторону наблюдателя. Но человек видит только те лучи, которые попадают к нему в глаза. Такие лучи дают только те капли, которые располагаются на дуге окружности (лучи других капель проходят мимо и их не видно).

56. «Пузыри на лужах»

Пузыри на лужах образуются от ударов о воду дождевых капель. Если в воздухе большая влажность, то пузыри не лопаются, а если малая – плёнки пузырей «сохнут» (за счёт интенсивного испарения) и они тут же лопаются. Большая влажность – к непогоде.

57. «Молния и приборы»

Удар молнии – это кратковременный электрический ток огромной величины. Он порождает в пространстве вокруг себя изменяющееся магнитное поле, а изменяющийся магнитный поток ($\Delta\Phi$), в свою очередь, приводит к тому, что в замкнутых проводниках возникают индукционные токи (см. закон электромагнитной индукции): $I_i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}$. В электрических приборах имеются многовитковые катушки проводов (например, в гальванометрах, амперметрах и вольтметрах). И если их клеммы по какой-то причине в момент разряда молнии были замкнуты, то возникшие в проводниках большие токи сожгли обмотки. При этом приборы с разомкнутыми клеммами не пострадали.

58. «Молния и труба»

Прохождение электрического тока по трубе может сопровождаться множеством физических явлений. Перечислим некоторые из них:

- 1) нагрев трубы;
- 2) частичное или полное плавление трубы;
- 3) спекание грунта вблизи трубы (песок может превратиться в стекло);
- 4) намагничивание трубы, если она сделана из ферромагнетика (или перемагничивание);
- 5) сжатие трубы в стержень за счёт притяжения однонаправленных токов (под действием сил Ампера)...

59. «По тонкому льду»

Если человек бежит по поверхности льда, время (Δt), в течение которого он находится на каком-либо участке льда, мало. Вследствие инертности лёд не успевает за это время прогнуться настолько, чтобы разрушиться. Если же человек стоит на льду, то прогиб льда определяется только весом человека; при этом он может быть достаточно большим и лёд разрушается.

Согласно II закону Ньютона в импульсном виде ($\vec{F}\Delta t = \Delta m\vec{V}$) – чем больше импульс силы (время взаимодействия), тем больше изменение импульса тела.

60. «На ходулях»

Тело находится в равновесии, если воображаемая вертикальная линия, выходящая из его центра масс, проходит через площадь опоры. Как только она выходит за границы этой площади, возникает вращающий момент, и тело переворачивается (падает). Человеку, стоящему на ходулях, сложнее удерживать равновесие, так как он имеет меньшую площадь опоры в сравнении с человеком без ходулей. (Площадь опоры – это не только удвоенная площадь соприкосновения опор с землёй (ходулей или подошв ботинок), но и полоска пространства между ними).

61. «Кубики с отверстиями»

Минимальный вес имеет кубик, у которого отверстия не пересекаются (первый), а максимальный – у которого максимальное количество таких пересечений (второй).

62. «Термометр за углом»

На ветру холоднее из-за того, что усиливается испарение выделяемых кожей паров воды, что требует дополнительного количества теплоты. Термометр нечувствителен к ветру, поэтому его показания «за углом» будут теми же, что и на ветру.

63. «Неправильные весы»

Для того, чтобы определить массу тела, используя «неправильные» весы и «правильные» гири, советуем взвешивание произвести дважды на разных чашах. Для нахождения массы измеряемого тела (игрушки) надо взять среднее геометрическое полученных двух результатов.

64. «Показание вольтметра»

Прибор не покажет напряжения ($U = 0$) т.к. цепь разомкнута и в ней нет тока.

65. «Баланс на пальце»

Для того чтобы щётка удерживалась в равновесии, нужно в случае отклонения её из положения равновесия, т.е. поворота на некоторый угол, успеть подвинуть палец так, чтобы щётка вновь оказалась в положении равновесия. Щётка будет отклоняться медленнее, чем палка той же длины, так как центр тяжести щётки лежит выше центра тяжести палки. (Для того, чтобы убедиться в этом, рассмотрите, как зависит время падения лёгкого стержня с укреплённым на его конце тяжёлым шаром от длины стержня). Поэтому щётку удерживать легче, чем палку.

66. «Шары с секретом»

Можно, например, одновременно нагреть шары снизу (на огне или горячей воде; тепловая мощность источников должна быть одинаковой), а сверху измерять температуру на ощупь (рукой). В шаре с вакуумом тепло будет передаваться только излучением и теплопроводностью, а в

шаре с газом добавится ещё конвекция. За счёт конвекции верхняя часть шара с газом нагреется быстрее и сильнее.

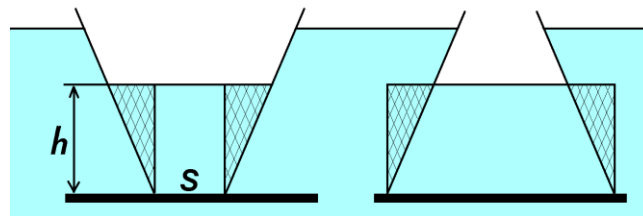
67. «Янус двуликий»

Выдыхаемый человеком воздух имеет более высокую температуру, чем его руки и более низкую, чем горячий чай. Поэтому дуновением можно согреть замёрзшие руки и охладить горячий чай.

68. «Сублимация и вес»

Сухой лёд испарится, превратившись в газ. Казалось бы, силы молекулярного давления на стенки сосуда увеличатся, но будут скомпенсированы и вес «исчезнет»... Однако, в гравитационном поле частица распределяется таким образом, что концентрация частиц (n) у нижней грани будет выше, чем у верхней. Поэтому, сила давления на нижнюю грань куба будет больше, чем на верхнюю, а разница будет равна весу «исчезнувшего» кусочка сухого льда.

69. «Приставное дно»



Для отрыва дна во всех случаях требуется, чтобы сила давления на него сверху плюс сила тяжести самого дна немного превышали силу давления воды снизу.

Рассмотрим два возможных случая:

1. Конус расширяется кверху (см. рис). Сила давления на дно налитой в сосуд воды $F = \rho ghS$. Эта сила меньше полного веса налитой воды на величину веса Δmg заштрихованной на рисунке части жидкости (согласно закону Паскаля вода давит на стенки «прогибая» их наружу. Стенки согласно III закону Ньютона действуют на воду с силой, направленной внутрь жидкости и перпендикулярно к боковым стенкам; в данном случае можно считать, что вес Δmg принимает на себя наклонная стенка). Поэтому гиря, имеющая тот же вес, что и вес налитой воды, давит на дно сильнее воды и дно отпадает; тоже можно сказать и о налитой ртути: из-за большей плотности и меньшего объёма. В заштрихованную боковую область попадает значительно меньшая по сравнению с водой доля ртути. Бензин же имеет плотность меньшую, чем вода; поэтому сила его давления на дно меньше – дно не отпадает.
2. В случае, если конус сужается кверху (см. рис), сила давления жидкости на дно превышает её вес на величину веса жидкости, которая могла бы поместиться в заштрихованном объёме. Поэтому под действием гири или налитой ртути дно не отпадает, а при наливании бензина – отпадает.

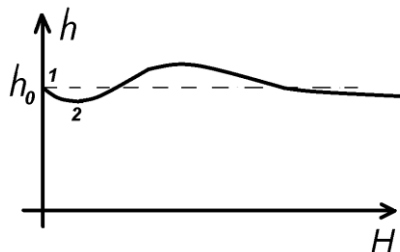
70. «Давление на дно»

В сосуде A давление не изменится, потому что численно равно весу воды в сосуде, приходящемуся на единицу площади дна. Вес воды в сосуде при её охлаждении не изменится. Уменьшение высоты столба воды при охлаждении пропорционально увеличению плотности воды, поэтому в цилиндрическом сосуде уменьшение высоты столба воды компенсируется увеличением её плотности.

В сосуде *B* плотность воды увеличивается так же, как и в сосуде *A*, однако уровень воды в нём понизится меньше, чем в *A*. Поэтому давление воды в нём на дно увеличится.

В сосуде *C* плотность воды увеличивается так же, как в сосудах *A* и *B*. Поэтому давление воды на дно сосуда с узким горлышком (сосуд *C*) уменьшится.

71. «График для капли»



На участке 1-2 капля опускается вниз, так как вначале прогревается только стекло, и объём трубки несколько увеличивается. Далее воздух под каплей прогревается, и капля начинает двигаться вверх. Конечная высота будет несколько меньше начальной.

72. «Работа и пружина»

В случае удлинения пружины совершается большая работа, чем при сжатии, так как при этом изменяется не только потенциальная энергия пружины ($\frac{k\Delta x^2}{2}$), но и потенциальная энергия её центра масс ($mg\Delta x$).

73. «Коррекция зрения»

Человек с нормальным зрением не может хорошо видеть под водой. Вода ослабляет преломляющую способность глаза (по сути, играя роль рассеивающей линзы). Если человек хорошо видит под водой, значит у него дефект зрения – близорукость и в обыденной жизни ему нужны очки с рассеивающими линзами.

74. «Масса протона и нейтрона»

В результате слияния одного моля протонов (масса 1,007276г) и одного моля нейтронов (масса 1,008665г) образуется 1 моль дейтронов (${}^2_1\text{H}$) массой 2,013553 г, что на 0,002388 г меньше, чем сумма масс исходных компонентов. Указанный дефект массы выделится как энергия, равная энергии связи одного дейтрона ($E_{\text{св}}(d) = 2,224$ МэВ), умноженной на число Авогадро (количество дейтронов в одном моле): $2,224 \text{ МэВ} \times N_A = 214,6$ ГДж (эквивалентно теплоте сгорания пяти тонн бензина).

Дефект массы (ΔM) – разность между суммой масс отдельных составляющих какой-либо связанной физической системы взаимодействующих объектов (тел, частиц), находящихся в свободном состоянии, и массой самой этой системы.

С точностью до коэффициента c^2 дефект массы равен энергии связи $E_{\text{св}}$ системы: $\Delta M c^2 = E_{\text{св}}$.

Астрономические объекты могут иметь существенный гравитационный дефект масс. Так, при слиянии двух чёрных дыр суммарной массой $65M_{\odot}$, возник гравитационно-волновой всплеск (*GW150914*, зафиксированный 14 сентября 2015 года), и образовалась чёрная дыра массой $62M_{\odot}$; дефект массы в $3M_{\odot}$ был излучён в форме гравитационных волн.

Дефект массы всегда возникает в результате превращения энергии связи в энергию излучения (электромагнитного, нейтринного, гравитационного), покидающего образовавшуюся связанную систему.