

Ответы на качественные вопросы картинной галереи представления «Аукцион идей»

1. «Улитка на проводе»

Вокруг движущихся электрических зарядов возникает магнитное поле. В нашем случае в металлическом проводнике существует ток движущихся по нему свободных электронов. На картинке ток направлен слева направо (от «+» к «-» и против направления движения отрицательных частиц – электронов), силовые линии магнитного поля прямолинейного провода с током являются концентрическими окружностями. Центры этих окружностей лежат на проводе, а их плоскости перпендикулярны проводу. Направление силовых линий определяется правилом правой руки. Стрелка магнитного компаса, находящегося рядом с проводником, конечно же, зафиксирует магнитное поле тока и соответствующим образом отреагирует на него (вспомним классический опыт датского физика Эрстеда, 1820г).

Казалось бы, что при скорости компаса относительно электронов равной нулю, не будет тока и порождаемого им магнитного поля. Но это ошибочное суждение, ведь тогда относительно компаса (и улитки) в обратном направлении будут двигаться положительно заряженные ядра атомов («дырки»), расположенные в узлах кристаллической решётки проводника. Токи, создаваемые отрицательными и положительными частицами, будут отличаться только направлениями. Магнитное поле тока при движении улитки с компасом останется прежним.

2. «Взлетит ли самолёт?»

Самолёт взлетает из-за двух причин. Первая – специальная форма крыла самолёта, которая увеличивает скорость воздушного потока над крылом по сравнению со скоростью под крылом. Из-за разности скоростей (согласно закону Бернулли) возникает разность давлений и как следствие – подъёмная сила. Вторая причина – это наклон крыла к горизонту («угол атаки»), который позволяет часть силы давления набегающего на крыло воздуха заставить работать на подъём. Необходимое условие для взлёта – это воздушный поток, взаимодействующий с крылом.

На движущейся дорожке (при условии, что $V_1 = V_2$) самолёт будет находиться в покое относительно земли и воздуха. Таким образом, при работе двигателя самолёта на полную мощность, самолёт не взлетит.

3. «Стрела и яблоко»

Будем считать, что сопротивление воздуха отсутствует. Движение стрелы представляет собой сложение двух движений: а) движения по горизонтали с постоянной скоростью, с которой стрела вылетает из лука, и б) падение под действием силы тяжести, начинающегося в момент вылета стрелы из лука. В результате стрела будет двигаться по параболе. В вертикальном направлении стрела пройдёт путь $S=gt^2/2$, где t – время её движения. Точно такой же путь пройдёт по вертикали падающее с ветки яблоко, так как сила тяжести сообщает всем телам одинаковое ускорение (g). Поэтому стрела попадёт в цель или на лету или в момент падения на землю, если только расстояние от стрелка до цели не больше, чем дальность полёта стрелы. Если же это расстояние больше дальности полёта стрелы, то она в мишень не попадёт.

4. «Вертушка и течение»

Разные слои жидкости в реке имеют разные горизонтальные скорости, которые зависят от глубины. На поверхности – скорость максимальна, а у дна из-за трения – минимальна. Скорость линейно убывает с увеличением глубины. Таким образом, вода сильнее увлекает в движение верхние лопасти крыльчатки (передаёт им больший импульс и, соответственно, действует на них с

большей силой). При направлении течения справа налево, расположенная у дна крыльчатка, будет вращаться против движения часовой стрелки.

5. «Свеча у стены»

В результате излучения стена прогреется, и будет излучать теплоту в сторону стеарина. От стены к стеарину попадают также отраженные лучи. Кроме того, со стороны стены затруднены конвекционные потоки, и стеарин со стороны стены не охлаждается потоком воздуха. Все это приведет к тому, что стеарин в основном будет стекать у стены.

6. «1 кг + 2 кг»

Груз в 2кг, конечно, будет опускаться, но не с ускорением g свободно падающего тела, а с меньшим. Так как движущая сила здесь равна $(2 - 1)g$, т.е. 10Н , а приводимая ею в движение масса равна $1 + 2 = 3\text{кг}$, то ускорение замедленно опускающегося тела будет втрое меньше ускорения свободного падения: $a = 1/3g$. Далее, зная ускорение движущегося тела и его массу, легко вычислить силу F , порождающую это движение: $F = ma = mg/3 = P/3$, где P – вес груза, равный 20Н . Значит, груз в 2кг увлекается вниз силой $20/3\text{Н}$.

Такова сила натяжения верёвки и так велика сила, тянущая вверх гирию в 1кг. С такой же силой, по закону противодействия, гирия в 1кг натягивает верёвку.

На блок действуют, следовательно, две параллельные силы по $20/3\text{Н}$. Равнодействующая равна их сумме $20/3 + 20/3 = 40/3\text{Н}$. Итак, показание динамометра равно $40/3 \approx 12,3\text{Н}$.

7. «Маятник в невесомости»

Если доска с маятником начинает свободно падать, то сила тяжести, действующая на маятник, сообщает маятнику ускорение свободного падения и уже не является силой, возвращающей маятник к положению равновесия, как при неподвижной доске. Т.к. доска массивна, то движение маятника не влияет на движение доски, и она имеет ускорение свободного падения. Поскольку других внешних сил нет, то маятник будет сохранять относительно доски то движение, которым он обладает в момент начала падения, как если бы сила тяжести отсутствовала. Следовательно: 1) маятник остаётся неподвижным относительно доски в своём крайнем положении (т.к. его скорость в этом положении равна нулю), 2) маятник продолжает вращаться вокруг точки подвеса равномерно со скоростью, которой он обладал в момент начала движения.

8. «Всё по закону»

Дед стоит на конце гибкой доски, положенной на опору. Бабка прыгает на другой, поднятый конец доски и её прыжок позволяет деду высоко подпрыгнуть. Затем действия многократно повторяются, но в обратной последовательности..

Здесь потенциальная энергия одного человека переходит в энергию деформируемой упругой доски, а затем передаётся другому человеку.

В отдельные моменты «на картине можно наблюдать» проявление следующих законов: Всемирного тяготения; трёх законов Ньютона; Гука; сохранения полной механической энергии; изменения импульса; теорем об изменении кинетической и потенциальной энергии.

9. «Скоростной финиш»

Скорость тела в точке B зависит от силы трения ($F_{тр} = \mu N$). Так как поверхность AMB выпуклая, а AKB – вогнутая, сила нормального давления (N) на AMB меньше, чем на AKB . Следова-

тельно, и сила трения на *AMB* меньше, чем на *AKB*. Поэтому скорость тела в точке *B* больше в том случае, когда тело скользит по кривой *AMB*.

10. «Стрельба из пушек»

Горизонтальные начальные скорости ядер разные, а вертикальные – равны нулю, поэтому ядра упадут на землю с одной и той же высоты одновременно ($H = gt^2/2 \Rightarrow t = \sqrt{2H/g}$), но то, которое имеет большую горизонтальную скорость, улетит дальше.

11. «Бедный Карлсон»

При вращении несущего винта в одном направлении, Карлсон должен крутиться в другом направлении. Действительно, винт обычного вертолётa вращается потому, что к нему приложена сила со стороны двигателя, укрепленного внутри фюзеляжа. По III закону Ньютона такая же сила, но противоположно направленная, приложена со стороны винта к двигателю. Эта пара сил создаёт момент, стремящийся повернуть вертолёт в сторону, противоположную вращению винта. Для компенсации этого вращательного движения в вертолётостроении (а Карлсон, по сути, и есть вертолёт) используют:

- 1) дополнительный хвостовой винт, вращающийся в вертикальной плоскости (вертолёт системы «Ми» – конструктора Миля);
- 2) двухвинтовую систему соосно расположенных винтов, вращающихся в противоположных направлениях (вертолёт системы «Ка» – конструктора Камова);
- 3) приведение несущего винта вертолётa во вращение не с помощью двигателя установленного внутри фюзеляжа, а реактивной силой газов, вытекающих из специальных насадок на концах лопастей винта. При таком способе сила со стороны винта приложена к вытекающим газам и поэтому не создаёт вращательного момента.

Вращение – не единственная проблема.

Так плоскость винта Карлсона параллельна плоскости его спины. Значит, тяга винта направлена перпендикулярно плоскости спины. То есть, Карлсон не может взлететь стоя, для этого ему требуется встать на четвереньки.

Винт у Карлсона находится на спине, а центр тяжести как у любого нормального мужчины в самом расцвете сил, на уровне таза. То есть, в момент полёта, точки приложения подъёмной силы и силы тяжести не совпадают. То есть, Карлсон должен лететь вперёд, кувыркаясь по часовой стрелке, если только он не изменит положения своего центра тяжести.

12. «Шарик в самолёте»

Шарик на ниточке отклонится... вперёд, сместится к носу, взлетающего самолёта!

Интуиция подсказывает нам, что шарик, как любое твердое тело, находящееся в машине (например, наша голова) при ускорении машины должен откидываться назад, но это мнение ошибочно.

Гелий имеет меньшую плотность, по сравнению с воздухом, за счёт чего и взлетают наполненные им шарики. Шарик с гелием в автомобиле, всё равно, что пузырек воздуха в воде. Во время ускорения машины более плотный воздух (по инерции) устремляется назад и выталкивает шарик с гелием вперёд.

13. «Электронный вопрос»

Между проводниками с токами осуществляется электромагнитное взаимодействие. Проводники с сонаправленными токами притягиваются друг к другу силами Ампера. Кулоновские силы тоже действуют, но силы притяжения разноимённых зарядов (электронов, создающих ток и про-

тонов, находящихся в узлах кристаллической решётки проводников) компенсируются силами отталкивания тех же, но одноимённых зарядов.

В случае электронных пучков, между частицами одного типа (электронами) действуют как кулоновские, так и электромагнитные силы, но кулоновские силы отталкивания преобладают над силами притяжения (силами Ампера).

14. «Опустевший склад»

Грузовик, в первом приближении, можно представить как массу, соединённую с упругим элементом k (рессоры, упругие свойства шин) и демпфером. В самом приближённом варианте, без учёта демпфирования, период колебаний определяется как: $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, т.е. у нагруженного автомобиля период собственных колебаний будет больше, чем у пустого, поэтому частота воздействия на дорогу у нагруженных автомобилей будет ниже, «волны» на дороге будут более глубокими и длинными с той стороны склада, откуда выезжает нагруженный транспорт. Грузовики, в нашем случае, двигались слева направо.

По этой причине для большегрузных автомобилей ограничивают проезд даже по некоторым асфальтовым дорогам.

15. «Самолёт и бомба»

Рассмотрим равномерное горизонтальное движение самолёта: по горизонтали – сила тяги уравнивает силу сопротивления. Из II закона Ньютона ускорение самолёта прямо пропорционально действующей на него равнодействующей силе, и обратно пропорциональна его массе. При равнодействующей силе, равной нулю и любом изменении массы, ускорение отсутствует. Горизонтальная скорость самолёта при сбрасывании бомбы не изменяется.

В вертикальном направлении подъёмная сила первоначально уравнивает силу тяжести, но после сбрасывания бомбы (уменьшения массы) – самолёт обретает вертикальное ускорение. Возрастание вертикальной скорости приводит к увеличению вертикальной силы сопротивления, которая через некоторое время приводит к равновесию вертикальных сил, при котором самолёт продолжает движение вверх с постоянной скоростью.

16. «Флаг на воздушном шаре»

Флажок повиснет, поскольку шар движется со скоростью, равной скорости ветра.

17. «Период маятника»

По мере вытекания жидкости из сосуда сначала центр тяжести жидкости, а значит, и центр тяжести маятника будет опускаться, и расстояние от центра тяжести до точки подвеса увеличиваться. Поэтому вначале по мере вытекания воды будет постепенно расти период колебаний маятника.

Однако снижение центра тяжести сосуда с водой не происходит монотонно. Когда воды в сосуде мало, то при её вытекании центр тяжести сосуда с водой может начать повышаться и период колебаний маятника уменьшится. Это можно усмотреть хотя бы из того, что когда вся вода вытечет из сосуда, центр тяжести маятника будет выше, чем в том случае, когда уровень воды в сосуде лежит несколько ниже центра тяжести самого сосуда.

Такого не монотонного хода изменения периода колебаний происходить не будет, если центр тяжести самого сосуда находится в дне сосуда.

18. «Парашютисты»

Человек, выпрыгнувший из самолёта, сначала падает ускоренно, но с увеличением скорости движения, увеличивается, действующая на него сила сопротивления. Очень скоро сила сопротивления сравнивается с силой тяжести, и движение становится равномерным – скорость человека больше не меняется и не зависит от высоты (до момента раскрытия парашюта).

Если считать массы спортсменов и их поперечные сечения одинаковыми, и пренебречь изменением плотности воздуха с высотой, то перед раскрытием парашютов они будут иметь одинаковые скорости. Если парашюты одинаковые, то при их раскрытии (хоть и на разных высотах), спортсмены испытают одинаковый по силе динамический удар.

19. «Цвет медведя»

Используя кинематическую формулу $S = gt^2/2$, вычисляем, что ускорение свободного падения (g) равно $9,832\text{м/с}^2$. Такое значение соответствует ускорению на полюсе Земли (на Экваторе оно – $9,780\text{м/с}^2$) и, следовательно, действующий герой – белый медведь.

20. «Кто громче?»

Крик двух младенцев, находящихся на расстоянии двух метров оглушает сильнее крика трёх младенцев, находящихся на расстоянии трёх метров. Причина в том, интенсивность (звуковая энергия, проходящая через единицу нормальной площади в единицу времени) сферической звуковой волны прямо пропорциональна мощности источника звука (в нашем случае их количеству) и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника до приёмника звука (уха). Так что, крик двух младенцев на расстоянии двух метров ослабевает в четыре раза по сравнению с громкостью на расстоянии одного метра. Следовательно, до уха слушателя от двух источников доносится звук в $2^2/4$, т. е. вдвое слабее, чем крик одного младенца на расстоянии в один метр. От группы же трех младенцев звук доходит ослабленным в девять раз по сравнению с его громкостью на расстоянии одного метра; следовательно, сила звука с этой стороны составляет $3^2/9$, или одну треть силы крика одного младенца на расстоянии в один метр. Значит, крик двоих доносится громче крика троих в полтора раза.

21. «Старт или финиш?»

Большинство считает эту задачу шуткой. Дескать, те, кому задан вопрос, ответят: «Поскольку реактивная струя направлена вниз, то сам корабль движется вверх и, следовательно, взлетает». Но мы знаем, что при посадке корабль также должен направить струю вниз, чтобы с помощью её реакции (противодействия) погасить свою скорость сближения с Землей. Правда, часто посадка осуществляется с участием парашютов, без реактивной струи. Если бы на рисунке был парашют, то не было бы никаких сомнений, что это посадка. А сейчас рисунок не дает ответа на поставленный вопрос.

Конечно же, вопрос не подразумевает такой явный промах со стороны отвечающих. Действительно, ориентация корабля соплом к Земле, клубы пыли, поднятые реактивной струей, – всё это одинаково характерно и для начальной стадии взлета, и для конечной стадии приземления. Тем не менее, подтвердим, что на рисунке имеется достаточно данных для ответа на вопрос.

Для того чтобы вывести спутник массой в одну тонну на орбиту, в настоящее время требуются десятки тонн топлива. В космическом корабле, который, в отличие от спутника, кроме выхода на орбиту должен совершить ещё свое космическое путешествие и затем благополучно приземлиться, соотношение между необходимым топливом и полезной массой ещё во много раз больше. Следовательно, в стартующем космическом корабле высота полезных отсеков (кабина с космонавтами, научная аппаратура) составляет ничтожно малую часть от общей высоты корабля.

Теперь взгляните на рисунок. Судя по размерам иллюминаторов, по крайней мере, половину корабля занимает кабина. Следовательно, большинство ступеней ракеты уже отброшено. Двигатель корабля теперь состоит не более чем из одной ступени. Это последняя ступень. Ситуация, в которой работает последняя ступень, никак не может быть стартом. Это приземление.

Кто-то может предположить, что изображенная на рисунке ситуация могла бы быть не финишем на Земле, а промежуточным стартом с Луны. В самом деле, чтобы покинуть Луну, нужно развить скорость около 2,5 км/с, а это по силам для одной (последней!) ступени ракеты. Для приземления же тормозной двигатель не обязателен: его задачу может выполнить тормозящее действие атмосферы. Нужно только хорошенько прицелиться с Луны, чтобы вход в атмосферу был под правильным, весьма малым, углом и, кроме того, чтобы корабль был снабжен выпускаемыми крыльями, которые позволят планировать и этим растянуть торможение на продолжительное время, сделав его безопасным.

И хотя все эти рассуждения верны, тем не менее то, что изображено на рисунке, не может быть стартом с Луны. И вот почему.

Клубы пыли (дыма, пара) возможны только в атмосфере. На Земле пылинки, подброшенная реактивной струей, почти мгновенно теряет первоначальную скорость относительно воздуха, как бы велика она ни была. Дальнейшее движение её возможно только вместе с воздухом, турбулентность которого и приводит к образованию клубов пыли.

На Луне нет атмосферы. Поэтому там не может быть клубов пыли. Сама пыль может быть, а клубы – нет. В отсутствие атмосферы каждая пылинки будет, не тормозясь воздухом, описывать параболу. Самые быстрые пылинки и песчинки (если их скорость более 2,4 км/с) могут покинуть Луну, перейдя в ранг метеорных тел.

Кстати сказать, отсюда следует, что зевака, глазеющий с расстояния в несколько километров на старт с Луны (или прилунение), рискует получить пару пробоин в скафандре (от песчинок с массой один миллиграмм и более).

Увидеть отдельную пылинку нельзя из-за её быстрого движения. Вместо клубов пыли мы увидим что-то вроде веера лучей, состоящих из прямолинейно летящих пылинок и камешков. Этот веер мгновенно исчезает в момент выключения двигателей, так как составляющие его пылинки разлетаются.

Итак, событие происходит на планете, обладающей атмосферой и, следовательно, большой гравитацией. Это не старт с Луны. Может быть, старт с Венеры? Но для старта с Венеры ракета должна быть многоступенчатой. Поэтому единственно возможным ответом является все-таки приземление.

22. «1кг пуха и 1кг железа»

В вакууме 1кг пуха и 1кг железа имеют одинаковый вес. Но взвешивание (что подразумевается) происходит в воздухе, поэтому на все тела в среде дополнительно действует выталкивающая сила Архимеда. Эта сила прямо пропорциональна объёму тел, а килограмм железа (из-за большей плотности) имеет меньший, чем килограмм пуха объём. Вес тела – это сила, с которой тело, вследствие притяжения к Земле, действует на горизонтальную опору или вертикальный подвес. В случае взвешивания в среде, сила Архимеда уменьшает действие силы тяжести: $P = F_m - F_A = mg - \rho g V$, где ρ – плотность воздуха, а V – объём тела. Таким образом, вес железа в воздухе меньше веса такой же массы пуха.

Обычно действием выталкивающей силы в воздухе пренебрегают, но при больших объёмах тел «не замечать» её уже не получается. Так, разница в весе тонны железа и дерева (сосны) отличается всего лишь на 40Н, а воздушный шар, например, взлетает благодаря тому, что выталкивающая сила превышает силу тяжести.

23. «Барометр на весах»

Вес гирь на чаше весов при равновесии должен быть равен сумме весов стеклянной трубки и столба ртути внутри трубки над уровнем ртути в чаше. В самом деле, на верхний закрытый конец трубки действует атмосферное давление, т.е. давит весь столб воздуха, находящегося сверху, вес которого практически равен весу столба ртути в трубке.

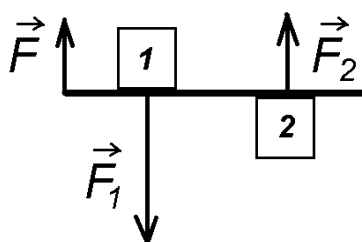
Толщину стенок трубки учитывать не нужно, так как на них снизу действует также атмосферное давление. Снизу же на трубку атмосферное давление не действует. (Атмосферное давление вызывает подъём ртути в трубке, но, поскольку ртуть не достигает верхнего конца трубки, на него это давление не передаётся).

В нашем рассмотрении мы пренебрегаем потерей в весе конца барометрической трубки, погружённого в ртуть в чаше барометра.

24. «Барометр с пробкой»

Внутреннее давление на пробку, равное весу столба ртути на уровне отверстия, меньше атмосферного давления, уравнивающего весь столб ртути. Следовательно, если открыть пробку, то в трубку будет входить воздух: ртуть, находящаяся над пробкой поднимется в самый верх трубки, а ртуть, находящаяся ниже пробки будет опускаться до тех пор, пока её уровень в трубке не сравняется с уровнем ртути в чаше.

25. «Бруски и рычаг»

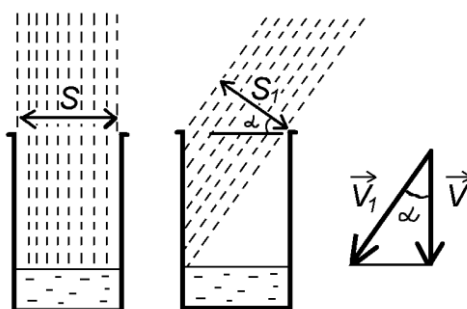


Рассмотрим силы, действующие на рычаг, находящийся в покое, в произвольный момент: $F + F_2 = F_1$. Поэтому сила F_1 всегда будет больше силы F_2 . По третьему закону Ньютона на грузы со стороны рычага будут действовать силы, равные указанным на рисунке силам по величине и противоположные по направлениям. Когда сила, действующая на первый груз, превысит максимальную силу трения покоя, груз первым придёт в движение.

26. «В какую сторону едет автобус»

Если с этой стороны не видно дверей, значит, они находятся с другой стороны автобуса, что и определяет направление его движения. Автобус движется влево. (Такой ответ актуален только для жителей стран с правосторонним движением).

27. «Ведро под дождём»



Скорость наполнения (т.е. количество жидкости, которое попадает в ведро в единицу времени) не изменится, так как хотя площадь сечения пучка уменьшается: $S_1 = S \times \cos \alpha$ (см. рис.), но скорость каплей при боковом ветре не только изменяет направление, но и соответственно возрастает до величины: $V_1 = V / \cos \alpha$. Иначе говоря, скорость наполнения ведра зависит только от вертикальной скорости каплей, величину которой ветер не изменяет.

28. «Вес пчелы-непоседы»

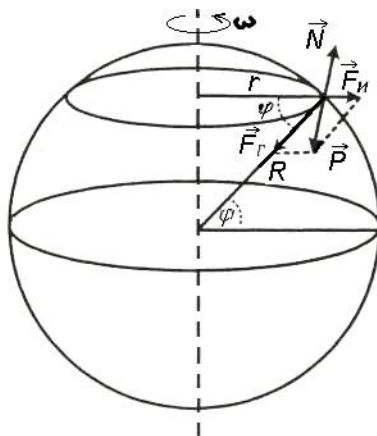
Равновесие не нарушится, если пчела взлетит, и будет парить в воздухе. Объясняется это тем, что при парении пчела должна отбрасывать воздух вниз, чтобы создать подъёмную силу, поддерживающую её в воздухе. При этом отбрасываемый вниз воздух будет создавать добавочную силу давления на дно колбы, и средняя величина этой силы как раз будет равна весу пчелы.

При взлёте и резких движениях пчелы (когда она будет двигаться с вертикальным ускорением) чувствительные весы будут фиксировать изменение веса: он будет увеличиваться, если ускорение пчелы будет направлено вверх и будет уменьшаться, если ускорение будет направлено вниз.

29. «Ветер, дерево и сугроб».

Ствол дерева хоть и обтекаем, воздушный поток за ним создаёт некоторую турбулентность. Чем больше эти завихрения, тем больше скорость воздуха за препятствием. Согласно закону Бернулли, чем больше скорость, тем меньше давление. Из-за этого в область пониженного давления затягиваются (и остаются там) снежинки. С наветренной стороны ветер будет выдувать из-под ствола дерева снег, образуя в некоторых случаях углубление (ямка на рисунке не показана), а с подветренной стороны будет образовываться небольшой сугроб.

30. «Взвешивание на Экваторе и полюсе»



Вес любого физического тела (P) зависит от того, на какой географической широте оно находится. Обусловлено это совместным действием двух факторов: несферичности (сплюснутости у полюсов) нашей планеты и её суточным вращением.

С увеличением географической широты (φ) основная составляющая веса (гравитационное притяжение, определяемое расстоянием между центрами масс Земли и взвешиваемого тела: $F_g = GMm/R^2$) увеличивается, а центробежный эффект, приводящий к снижению веса, уменьшается (из-за действия силы инерции $F_{ц} = mV^2/r = m\omega^2 R \cos \varphi$). Таким образом, любое тело имеет минимальный вес на экваторе, максимальный – на Северном полюсе (на Южном полюсе простирается возвышенность, а с удалением от центра Земли сила тяжести ослабевает).

Разница между указанными минимальным и максимальным значениями веса тела составляет приблизительно 0,5 процента. Товар, весящий на экваторе тонну, прибавил бы в весе 5 килограммов, если бы его доставили на Северный полюс. При переносе вещей на полюс с других широт прибавка веса меньше, однако, для крупных грузов она все же может выражаться внушительными

числами. Так, груз морского судна, весящий в средних широтах 20 тысяч тонн, прибавил бы в весе 50 тонн, если бы это судно добралось до Северного полюса. Груз самолёта, весящий в Москве 24 тонны, после посадки этого самолета на Северном полюсе стал бы тяжелее на 50 килограммов.

Обнаружить такие «прибавки» можно только при помощи пружинных весов, потому что на весах рычажных гири тоже становятся соответственно тяжелее.

31. «Возвращение на корабль»

Возможны два варианта.

- 1) Космонавту необходимо бросить какой-нибудь предмет в сторону, противоположную ракете. По третьему закону Ньютона он приобретет скорость, направленную к кораблю;
- 2) Направить трубку, через которую подается кислород в сторону, противоположную кораблю. Выпустить порцию кислорода. По закону сохранения импульса космонавт приобретет скорость, направленную к кораблю, и далее будет двигаться по инерции.

32. «Время подъёма и спуска»

Время падения больше. Любую высоту мяч проходит снизу вверх быстрее, чем сверху вниз, так как при спуске мяч обладает меньшей энергией из-за трения. Вследствие чего скорость спуска меньше скорости подъёма.

33. «Всплытие воздушного пузырька»

Если давление жидкости на дно равно p_0 , и при этом воздушный пузырёк на дне не схлопывается, значит давление воздуха внутри него также равно p_0 . При всплытии его объём и давление воздуха внутри пузырька не изменяется, если считать, что стенки трубки абсолютно жесткие, а жидкость – несжимаема. В таком случае, если пузырёк всплывёт, то давление на дно будет складываться (по закону Паскаля) из гидростатического давления воды и давление воздуха, внутри пузырька. То есть давление на дно станет равным: $p = p_0 + \rho gh = 2\rho gh = 2 \times 10^4 \text{ Па}$.

(Интересно рассмотреть случай, когда на дне сосуда находятся два пузырька воздуха, и они всплывают поочередно...).

34. «Втекание воды в изогнутую трубку»

Трубка не будет вращаться, когда из сосуда начнёт вытекать вода. По закону сохранения момента импульса в не обладающей ранее вращением системе, к которой не приложен момент внешних сил, общий импульс системы должен оставаться равным нулю.

Может показаться, что жидкость, втекающая в изогнутые трубки, вследствие давления на стенки трубок должна создать вращающий момент и вызвать вращение. Однако, помимо давления втекающей жидкости на внутренние стенки трубок, на их внешние стенки действует давление окружающей жидкости. Это давление больше, чем у отверстия трубок (где давление понижено), и оно как раз компенсирует вращающий момент, создаваемый втекающей в трубки жидкостью.

35. «Выстрел с орбиты»

Если выстрелить с искусственного спутника земли вперёд (по направлению его полёта), то пуля станет двигаться по эллипсу, объёмлющему орбиту спутника. При выстреле назад – по эллипсу, находящемуся внутри орбиты спутника. При выстреле в сторону – плоскость орбиты пули будет составлять некоторый угол с плоскостью орбиты спутника.

(Скорость, вылетающей из ствола оружия пули (600-800м/с), мала по сравнению с первой космической скоростью).

36. «Где упадёт бомба»

Самолёт летит по горизонтали с постоянной скоростью V . Бомба летит по параболе, так как её движение складывается из движения по горизонтали с начальной скоростью V и равноускоренного падения по вертикали. Если бы не было сопротивления воздуха, то скорость бомбы по горизонтали не отличалась бы от скорости самолёта, и самолёт всё время, и в частности в момент падения бомбы, находился бы над бомбой. Однако, в действительности, вследствие сопротивления воздуха, горизонтальная скорость бомбы всё время уменьшается, и бомба отстаёт от самолёта. Поэтому падение на землю и взрыв бомбы происходит не под самолётом, а далеко позади.

37. «Гирю – за борт!»

Уровень воды понизится. Полная сила давления на дно аквариума равна весу всего содержимого аквариума и поэтому остаётся неизменной. Однако вначале на дно непосредственно давит только вода, а затем появляется ещё и сила давления гири. Значит, сила давления воды, уменьшилась, а это могло произойти только за счёт понижения её уровня.

38. «Движение гусеницы танка»

Пусть указанное смещение (1м) происходит за одну секунду (следовательно, скорость танка 1м/с). Скорость точки A – другая.

Представим, что параллельно танку и с той же скоростью (1м/с) и в том же направлении движется видеокамера. В системе отсчёта, связанной с камерой, танк находится в покое, а верхняя и нижняя часть гусениц движутся в противоположных направлениях со скоростями 1м/с. Возвращаемся в систему отсчёта, связанной с землёй. Относительно неё: танк движется со скоростью 1м/с; точка A – 1м/с + 1м/с = 2м/с; нижняя часть гусеницы – (1м/с – 1м/с = 0м/с) – неподвижна. См. закон сложения скоростей Галилея.

С колесом велосипеда, машины – аналогичная история.

39. «Дельфин и корабли»

Время движения кораблей до встречи равно отношению расстоянию между кораблями к их относительной скорости: $t = S/(V_1 + V_2) = 3000\text{м}/(1\text{м/с} + 2\text{м/с}) = 1000\text{с}$. За это время дельфин успеет проплыть расстояние $5\text{м/с} \times 1000\text{с} = 5000\text{м}$.

40. «Дуть на парус»

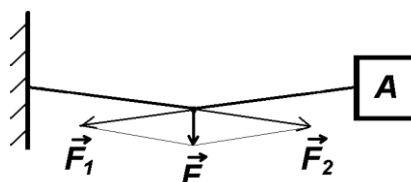
Парусная лодка будет стоять на месте, т.к. в этом случае сила давления потока воздуха является внутренней силой, которая не может сообщить одно общее движение лодке с находящимся на ней вентилятором.

Но всё-таки подобным способом можно придать лодке движение. Для этого воздух, наполняющий паруса, должен затем, частично отбрасываться ими назад (здесь главное соблюсти форму, позволяющую отразить набегающий поток). Возникнет реактивная тяга, приводящая к движению судна вперёд. Не эффективный способ, намного лучше сразу дуть в сторону кормы.

Однако порой развернуть двигатель бывает сложно и ... Подобный способ (реверс тяги) используют при торможении самолетов во время посадки. Так при включённом реверсе реактивного двигателя самолёта он может двигаться хвостом вперёд, а если самолет вертикального влета, то и вверх!



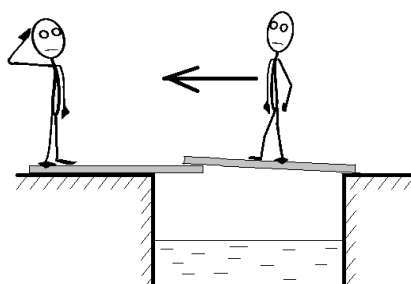
41. «Как вытащить автомобиль»



Силы одного человека часто оказывается достаточно, чтобы извлечь тяжёлую машину тем примитивным способом, который изображён на картинке. Верёвка при любой её натянутости, должна уступить действию даже умеренной силы, приложенной к ней под прямым углом. Возникающие при этом силы показаны на рисунке. Сила тяги человека F разлагается на две одинаковые по величине силы F_1 и F_2 . Эти силы увлекают автомобиль и т.к. они значительно больше силы F .

Выигрыш силы тем больше, чем больше угол между силами F_1 и F_2 , т.е. чем сильнее натянута верёвка.

42. «Как перейти траншею»



Решение показано на рисунке.

43. «Капли дождя и их скорости»

На падающую каплю действуют две силы: постоянная сила тяжести, ускоряющая движение капли, и сила сопротивления воздуха, замедляющая её движение и растущая с ростом скорости капли. Сила сопротивления воздуха растёт до тех пор, пока она не станет равной силе тяжести. Дальше прекращается изменение скорости, и падение капель происходит с постоянной скоростью.

При увеличении размеров капли сила тяжести увеличивается пропорционально объёму, т.е. пропорционально третьей степени радиуса, а сила сопротивления – пропорциональна сечению капли, т.е. пропорциональна квадрату радиуса. Поэтому при увеличении радиуса капли сила тяжести

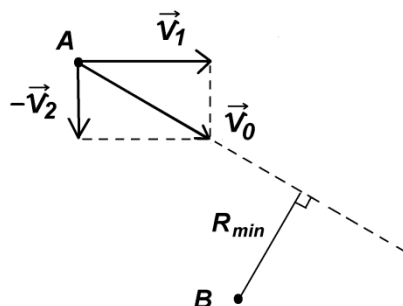
увеличивается быстрее, чем сопротивление, а значит и та постоянная скорость, с которой капля падает на землю, растёт по мере увеличения её размеров.

44. «Капиллярный вечный двигатель»

С верхней, загнутой части фитиля (капилляра), жидкость стекать вниз не будет.

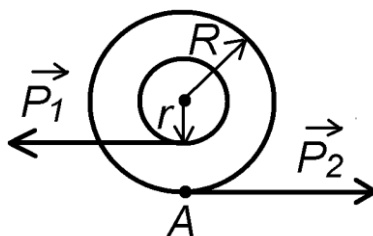
Капиллярное притяжение, преодолев тяжесть, подняло жидкость вверх по фитилю, но ведь та же причина удержит жидкость в порах намокшего фитиля, не давая ей капать с него.

45. «Максимальное сближение»



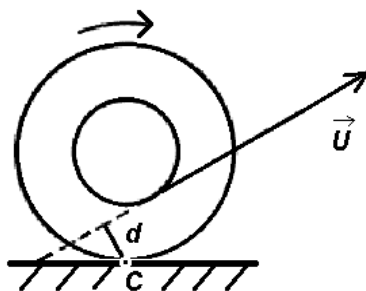
Задача легко решается в системе координат, связанной с одной из улиток. Пусть B неподвижна. Тогда улитка A относительно B как бы участвует в двух движениях: со скоростью V_1 относительно земли и со скоростью $\vec{V}_2 = -\vec{V}_1$ вместе с землёй. Построив параллелограмм (см. рис), найдём скорость $\vec{V}_0$ улитки A относительно неподвижной улитки B . Длина перпендикуляра R_{min} и выражает наименьшее расстояние, на которое сближаются улитки.

46. «Куда поедет велосипед»



Велосипед поедет назад. К колесу приложены две силы, которые нас интересуют: сила P_1 , с которой вы тянете его горизонтально влево, и сила P_2 , возникающая вследствие трения в точке A . Силы эти равные и противоположно направленные. Сила P_1 стремится вращать колесо по часовой стрелке, сила P_2 – против часовой стрелки. Но сила P_1 приложена к малому радиусу r , а сила P_2 – к большому радиусу – R . Поэтому действие силы P_2 будет больше, чем сила P_1 , и колесо начнёт вращаться против часовой стрелки, т. е. поедет назад.

47. «Куда покатится катушка»



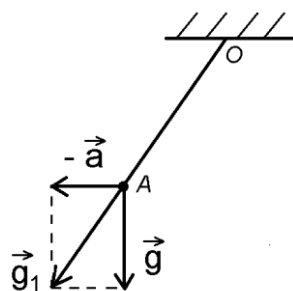
Момент силы U натяжения нити (с плечом силы d) относительно точки C касания катушки поверхности стола направлен по часовой стрелке (см. рис.). (Моменты силы трения, реакции опоры и силы тяжести относительно точки C равны нулю). Следовательно, катушка покатится вправо. Если линия действия силы U пройдёт правее точки C (что определяется углом наклона нити α), то направление момента силы поменяется на противоположное и катушка покатится влево.

48. «Лампа и магнит»

На проводник с током в магнитном поле, как известно, действует сила Ампера ($F_A = LB\sin\alpha$), направление которой определяется правилом левой руки (перпендикулярно току). В нашем случае нить накаливания лампы создаёт своё магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. По нити накаливания идёт переменный ток, который с частотой 50 Гц меняет своё направление. Следовательно, с такой же частотой будет изменяться сила Ампера. Из-за этого спираль лампы начнёт вибрировать, и вследствие инерционности зрения возникнет иллюзия увеличения светящегося тела спирали.

При поднесении сильного магнита вплотную к колбе, нить накала маломощной лампочки (25 Вт) становится похожей на порхающую бабочку, даже возникает опасение разрыва спирали.

49. «Угол отклонения»



В системе отсчёта цистерны вместо ускорения силы тяжести, обусловленного притяжением Земли, имеется ускорение «тяжести», создаваемое силой тяжести и силой инерции ($\vec{F} = -m\vec{a}$). Эта новая «тяжесть» отклоняет маятник от вертикали и определяет новое направление архимедовой силы. Поэтому приложенная к шарiku маятника выталкивающая сила будет направлена вдоль нити и не изменит угол её отклонения от вертикали.

50. «Поедет ли тележка?»

Положение центра масс системы не может измениться под действием только внутренних сил. Поэтому при переливании воды тележка должна начать двигаться в сторону, противоположную движению воды. После того, как уровни воды в баках сравняются, движение тележки прекратится.

51. «Лошадь, телега и III закон Ньютона»

По III закону Ньютона сила, с которой лошадь тянет телегу вперёд (F_1), равна силе, с которой телега тянет лошадь назад (F_2). «Действие равно противодействию». Но силы эти не могут быть скомпенсированы, ведь они приложены к разным телам. Для понимания причин движения необходимо рассматривать все силы, действующие на каждое из тел в отдельности (в нашем случае достаточно сил горизонтальной направленности).

К саням со стороны лошади приложена сила тяги (F_1) и небольшая сила трения (f_1), поэтому равнодействующая этих сил придаёт телеге ускорение (согласно II закону Ньютона), и телега начинает двигаться вперёд.

К лошади же, помимо силы со стороны саней (F_2), направленной назад, приложена со стороны дороги, в которую она упирается ногами, сила трения покоя (f_2), направленная вперёд и большая, чем сила со стороны телеги. Поэтому лошадь так же обретает ускорение и начинает двигаться вперёд.

После того, как лошадь сдвигает телегу с места, устанавливается равномерное движение, что объяснимо сравнением сил, действующих на каждое из тел ($F_1 = f_1$ и $F_2 = f_2$) в соответствии с первым законом Ньютона.

52. «Лучи холода»

Лучей холода не существует. Так предметы в соседстве со льдом становятся холоднее не под действием «лучей холода», а потому, что они теряют путем излучения больше тепла, чем получают от льда. И тёплый предмет, и холодный лёд испускают путем излучения теплоту; предмет, нагретый сильнее, чем лёд, отдает теплоты больше, чем получает. Приход тепла меньше расхода, – и предмет охлаждается.

Эффектный опыт с зеркалами, также может навести на мысль о лучах холода. У двух противоположных стен длинного зала устанавливаются большие вогнутые зеркала. Если близ одного зеркала, в так называемом фокусе его, поместить сильный источник тепла, то испускаемые им лучи, отразившись от зеркала, направляются ко второму зеркалу, вновь отражаются и собираются им в одной точке – в фокусе; тёмная бумага, помещённая в этой точке, загорается. Это наглядно свидетельствует о существовании греющих лучей. Но если, вместо источника тепла, поместить в фокусе первого зеркала кусок льда, то окажется, что термометр, находящийся в фокусе второго зеркала, обнаружит здесь холод. Не значит ли это, что лёд испускает холодные лучи, отражающиеся от зеркал и собирающиеся на шарике термометра?

Нет, и в этом случае можно объяснить явление без таинственных лучей холода. Шарик термометра путем излучения отдаёт льду больше теплоты, чем сам получает от льда; поэтому ртуть в нём охлаждается. Итак, здесь также нет причины допускать существование охлаждающих лучей. Никаких лучей холода в природе нет: все виды лучей сообщают энергию, а не отнимают её.

53. «Магнит и Си-кольцо»

При падении магнита сквозь кольцо в нём возникает э.д.с. и по кольцу течёт индуцированный ток. Взаимодействие магнитных полей этого тока и падающего магнита по закону Ленца таково, что препятствует движению магнита, вызывающему э.д.с. индукции. Поэтому падение магнита сквозь металлическое кольцо будет происходить с ускорением, меньшим, чем ускорение свободного падения.

54. «Магнитная вертушка»

Магнит притягивает ближайшую к нему ненагретую проволочку вертушки, но вследствие нагревания пламенем (до температуры точки Кюри) эта проволочка потеряет свои магнитные свойства, и магнитное взаимодействие между ней и магнитом прекратится; тогда магнит притянет следующую ненагретую и потому намагничивающуюся проволочку, явление опять повторяется и т.д. Пока нагретая проволочка делает круг, она успевает охладиться и обрести способности к повторному намагничиванию. В результате возникает непрерывное вращение вертушки.

55. «Магнитное поле проволочного куба»

Через проволочные рёбра куба 3-5 и 4-6 токи не идут, т.к. это точки равного потенциала. Для любого из оставшихся рёбер имеется в соответствующей диагональной плоскости другое ребро, в котором течёт такой же по силе и направлению ток. Эти токи создают в центре куба равные и про-

тивоположно направленные магнитные индукции, а потому результирующая магнитная индукция, созданная токами, будет равна нулю. Стрелка компаса будет указывать на северный географический (южный магнитный) полюс Земли.

56. «Мальчик и плот на реке»

Для мальчика безразлично, в каком направлении плыть от плота. За единицу времени река сносит и пловца и плот на одинаковые расстояния. Ответ становится очевидным, если рассматривать происходящее в системе отсчёта, связанной с водой реки. Тогда плот относительно воды будет неподвижен, а в неподвижной воде пловец одинаково быстро будет удаляться от неподвижного плота в любом из направлений

57. «На качелях»

Стоя (сидя) на доске качелей, безусловно, можно надлежащими телодвижениями постепенно увеличить размах качаний и довести их до желаемой величины. Для этого нужно: 1) находясь в высшей точке – присесть (наклоняться) и оставаться в такой позе до момента, когда верёвки качелей будут направлены отвесно, т.е. когда будет достигнута низшая точка; 2) находясь в нижней точке – выпрямляться и оставаться в этой позе до момента достижения высшей точки.

Рассмотрим в качестве модели качелей маятник переменной длины. Когда качающийся приседает (наклоняется), его центр тяжести опускается, и длина маятника увеличивается. Когда качающийся распрямляет ноги, центр тяжести поднимается, и длина маятника уменьшается.

Пусть наш маятник уже качается с небольшой амплитудой. Мгновенно уменьшим длину маятника в момент прохождения им нижней точки. Из закона сохранения момента импульса следует, что при этом произведение скорости маятника на его длину не изменится. Таким образом, скорость маятника – и, соответственно, энергия – возрастет. Обладая большей энергией, маятник отклонится на больший угол. В момент наибольшего отклонения длину маятника можно вернуть к исходной величине. Повторяя процесс периодически, можно раскачивать маятник всё сильнее.

Период математического маятника не зависит от его массы, но мы имеем дело с физическим маятником – сядет на качели более массивный и крупный человек, изменится и положение центра масс маятника...

58. «Нагрев и количество теплоты»

Для нагревания шара *A*, стоящего на подставке, потребуется больше энергии, т.к. при расширении от нагревания его центр тяжести перемещается вверх, и необходимо затратить некоторое количество теплоты на увеличение потенциальной энергии шара (см. I закона термодинамики).

У висящего на подвесе шара *B* центр тяжести при нагревании перемещается вниз. При этом некоторое количество механической энергии превращается в соответствующее количество теплоты. Следовательно, для нагревания висящего шара надо будет затратить меньше энергии.

59. «Направление течения»

Можно предложить вариант с нагревом трубы. Зажжём под ней костёр (или используем газовую горелку) и будем измерять температуру трубы (можно оценивать степень нагрева ладонкой руки) на одинаковом расстоянии (например, 0,5м) справа и слева от места нагрева. Тепло будет передаваться за счёт теплопроводности стенок трубы и переноситься потоком жидкости. В направлении течения жидкости труба нагреется сильнее.

Если труба пластиковая или по ней течёт горячая жидкость, то лучше трубу не нагревать, а охлаждать (например, обычным или сухим льдом). В направлении течения жидкости труба охладиться сильнее.

60. «Нижняя часть облаков»

Благодаря конвекции тёплый и влажный воздух поднимается вверх. Чем выше от поверхности земли, тем меньше атмосферное давление, поэтому поднимающийся воздух, совершает работу по расширению. Расширяясь, воздух охлаждается (см. I закон термодинамики). На определённой высоте воздух достигает температуры точки росы, при которой его водяной пар становится насыщенным, и происходит конденсация с образованием микроскопических капелек. Из этих капелек и состоят облака. Ниже указанной высоты конденсация не происходит, поэтому и получается, что нижняя граница облака плоская.

61. «С гирькой и без»

По закону Архимеда, гирька в воде становится легче, чем была вне воды. Можно, казалось бы, ожидать, что чашка весов со стаканом поднимется. Между тем в действительности весы остаются в равновесии. Как это объяснить?

Гирька в стакане вытеснила часть воды, которая оказалась выше первоначального уровня; вследствие этого увеличивается давление на дно сосуда, так что дно испытывает добавочную силу, равную потере веса гирькой.

62. «Обезьяна и гиря»

Когда обезьяна начнёт взбираться вверх по свисающей с блока верёвке, сама верёвка под действием обезьяны должна двигаться обратно вниз (сравните с подъёмом человека по лестнице, свисающей с воздушного шара – см. комментарии к вопросу № 63 «Подъём на воздушный шар»). Но если верёвка движется по блоку справа налево, то груз будет увлекаться ею вверх, т.е. подниматься. И обезьяна и груз, достигнут блока одновременно.

63. «Обезьяны на канате»

Т.к. внешние силы, которые могли бы сообщать обезьянам импульс, отсутствуют, то обезьяны могут сообщать друг другу (через канат) только одинаковые импульсы. (Внутренними силами невозможно изменить импульс замкнутой системы тел). Поэтому независимо от того, как быстро обезьяны перебирают лапами по канату, подниматься относительно земли они будут с одинаковой скоростью (поскольку массы их равны), и обе обезьяны достигнут блока одновременно.

64. «Образование сосулек»

Сосульки образуются при низких (отрицательных по шкале Цельсия) температурах, обычно – несколько градусов ниже нуля, и при поступлении воды. Вода может, например, стекать с крыши дома, где снег тает под воздействием солнечных лучей или тепла с чердачных помещений. Талая вода под воздействием силы тяжести стекает вниз, и, благодаря холодному окружающему воздуху, замерзает.

65. «Осадка судна на разных широтах»

Изменение ускорения силы тяжести с широтой одинаково сказывается, как на пароходе, так и на воде, в которой плавает пароход. Поэтому осадка парохода не изменится.

66. «Падение пробирки с мухой»

Если какое-нибудь тело свободно падает, и в это время внутри тела происходят какие-нибудь перемещения отдельных его частей, то центр тяжести тела продолжает двигаться с ускорением свободного падения, так как перемещения, совершаемые под действием внутренних сил, не могут изменить положения центра тяжести. Поэтому и центр тяжести системы пробирка – муха будет двигаться по-прежнему с ускорением свободного падения. Следовательно, когда муха перелетает из нижней части пробирки в верхнюю, дно пробирки несколько опускается относительно центра тяжести всей системы (пробирка – муха). Таким образом, дно пробирки скорее ударится о землю, чем в том случае, когда муха будет оставаться неподвижной.

67. «Палец в воде»

На погружённый в воду палец будет действовать выталкивающая сила со стороны воды. Сила, равная ей по величине и противоположная по направлению, согласно третьему закону Ньютона будет действовать на воду и дно сосуда. Равновесие нарушится и чаша весов, на которой стоит сосуд, опустится.

68. «Паучок на палочке»

При равномерном движении с любой скоростью (не близкой к световой ☺) весы покажут вес паучка и палочки $(m + M)g$, и в отсутствии ускоренного движения показания весов будут неизменны.

69. «Перетекание газа»

Давление на кран K с каждой стороны не будет равно давлению, показываемому манометрами. К этому давлению следует прибавить гидростатическое (весовое) давление столба газа ρgh . Так как плотность CO_2 больше плотности H_2 , то давление слева от крана K будет больше, чем справа, и после открытия крана часть углекислого газа перейдёт в сосуд, занимаемый водородом.

Во втором опыте манометры будут находиться внизу. Давление у крана будет в этом случае на ρgh меньше, чем давления, показываемые манометрами. Если показания манометров одинаковы, то давление водорода на кран больше, чем давление углекислого газа, и при открывании крана часть H_2 перейдёт в сосуд с CO_2 .

70. «Перетягивание динамометра»

Динамометр покажет 450 Н., но при этом более сильный человек придаст прибору и сопернику ускорение в свою сторону (второй участник соревнования наклонится вперёд).

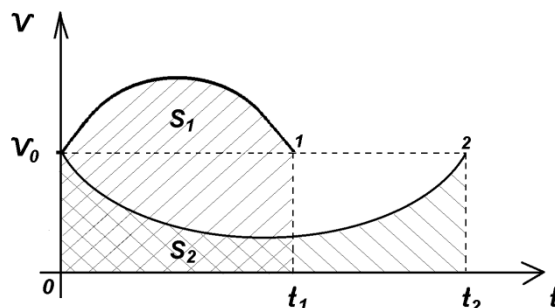
71. «В помощь Сизифу»

При скатывании камня с горы его потенциальная энергия будет израсходована на силу трения ($E_{\text{п}} = Mgh = A_{\text{тр}}$) на всём его пути до остановки. Чтобы вернуть камень в исходное положение, необходимо совершить работу по изменению потенциальной энергии камня и преодоление силы трения. Если перемещать камень по тому же пути, по которому он скатывался, то величина работы будет равна удвоенной величине потенциальной энергии ($A = 2Mgh$).

72. «Плавающий мяч в лифте»

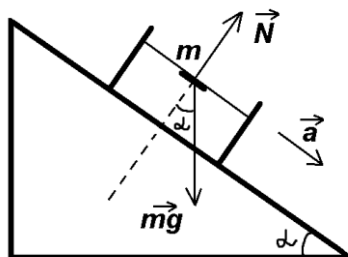
Осадка мяча не изменится в обоих случаях. При движении с ускорением вес мяча и вес вытесненной им воды изменится в одинаковое число раз.

73. «По какому пути быстрее»



Построим качественные графики скорости для шариков, движущихся по выпуклой (1) и вогнутой (2) горкам. Скорости тел в начале (точка A) и в конце движения (точка C), согласно закону сохранения полной механической энергии – одинаковы (и равны V_0). График №1 – для вогнутой горки (ABC): скорость шарика сначала увеличивается, а потом уменьшается. График №2 – для выпуклой горки (ADC): скорость шарика сначала уменьшается, а потом увеличивается. Геометрический смысл графика скорости заключается в том, что площадь фигуры под графиком численно равна пути, пройденным телом. Путь ABC и путь ADC одинаковы, следовательно, и площади под соответствующими графиками равны: $S_1 = S_2$. Из равенства площадей следует, что «высокий» график должен быть «узким», а «низкий» – «широким». Поэтому, по вогнутому пути ADC шарик пройдет быстрее, чем по выпуклому пути ABC: $t_2 > t_1$.

74. «Поведение жидкости на горке»



Выделим у поверхности жидкости весьма малый объём массы m . Со стороны прилегающих слоёв жидкости на него должны действовать силы, нормальные к его поверхности (т.к. жидкость движется вся как целое (см. рис.)). Если взять объём в виде участка тонкого слоя, то силы, действующие на боковые грани, будут исчезающе малы, и результирующая сила N будет нормальна к поверхности выделенного объёма. Кроме силы N , на выделенный объём будет действовать его вес mg . Эти две силы должны сообщить выделенному объёму жидкости ускорение, равное ускорению, с которым сосуд скользит по наклонной плоскости, т.е. $g \times \sin \alpha$, где α – угол, образуемый наклонной плоскостью с горизонтом.

Таким образом, равнодействующая сил N и mg должна быть равна $mg \times \sin \alpha$. Но сила $mg \times \sin \alpha$ равна проекции mg на направление наклонной плоскости. Следовательно, проекция силы N на то же направление должна быть равна нулю, т.е. сила N перпендикулярна к наклонной плоскости, а значит, поверхность жидкости параллельна ей.

75. «Поезда на Экваторе»

Если взвешивать груз на безмене (динамометре), ему нельзя придавать ускорение: дернешь вверх – вес увеличится (перегрузка $mg+ma$); ускоришь вниз – вес уменьшится ($mg-ma$, возможно и до невесомости).

Двигаться с ускорением можно не только по прямой, но и по дуге окружности (с центростремительным ускорением): на вогнутом мосте пассажиры машины испытывают перегрузку, а на выпуклом – уменьшение веса (возможно до невесомости – отрыва от поверхности). В нашем случае поезда движутся по дуге окружности – Экватору – «выпуклому мосту», что приводит к уменьшению веса. Так же вес наших поездов будет зависеть от их скоростей: чем она больше, тем больше центростремительное ускорение поезда (линейная скорость в квадрате делённая на радиус земной дуги).

Остаётся выяснить, какой поезд движется с большей скоростью. Здесь надо учитывать вращение Земли (линейная скорость вращения точек Экватора – около $500\text{м/с} = 1800\text{км/ч}$). В одном случае к скорости поезда (пусть она равна $100\text{км/ч} = 30\text{м/с}$) прибавляется скорость вращения Земли ($=1900\text{км/ч}$), в другом – вычитается ($=1700\text{км/ч}$). (См. закон сложения скоростей).

Таким образом, поезд, движущийся по направлению вращения Земли, движется быстрее, он легче такого же поезда, но движущегося против её вращения. И эта разность – не мелочь. (Пусть поезд – 10 вагонов по 100т, $R = 6400000\text{м}$ – радиус Земли. Тогда разность в весе примерно равна 10кН или 1000кгс).

76. «Поплавковый двигатель»

Казалось бы, колесо должно вращаться против часовой стрелки из-за того, что поплавки, находящиеся слева от колеса тяжелее поплавков, находящихся справа, на величину выталкивающей силы. Указанная разница в весе, равна выталкивающей силе, действующей на погружённые в жидкость поплавки, но меньше силы давления жидкости, действующей на поплавок, входящий через трубку в сосуд. Поэтому плавок не сможет проникнуть в сосуд и такой «вечный двигатель» работать не будет.

77. «Поплавок в сообщающихся сосудах»

Т.к. поплавок находится на поверхности жидкости в равновесии, то вес его равен весу вытесненной им жидкости. Поэтому, если бы заменили поплавок той жидкостью, в которой он плавает, то она бы заняла объём, равный объёму погружённой части поплавка, и уровень жидкости не изменился бы. Следовательно, закон сообщающихся сосудов не нарушится, если на поверхности жидкости в одном из сосудов плавает поплавок.

78. «Последствия удаления пробки»

Во вращающемся сосуде жидкость также принимает участие во вращении. Так как внешние силы на вращающуюся систему сосуд – жидкость не действуют, значит и момент сил равен нулю. Поэтому момент импульса системы, равный произведению момента инерции на угловую скорость, должен оставаться неизменным. Когда откроют пробку, вода начинает выливаться, вследствие чего момент инерции системы начинает уменьшаться, и поэтому угловая скорость вращения сосуда будет возрастать. С момента, когда вода перестанет выливаться из отверстия, скорость вращения станет постоянной (из-за вращения сосуда уровни воды в чашках не будут оставаться горизонтальными).

79. «Сближение лодок»

Если массы лодок с пассажирами равны (а это, по-видимому, так), то лодки в обоих случаях будут приближаться с одинаковой скоростью. По III закону Ньютона палка на носу первой лодки будет притягивать вторую лодку с такой же по величине силой, с которой её тянет мальчик. Одинаковые силы придают равным массам одинаковые ускорения.

80. «На вращающихся катках»

Центр тяжести щётки находится ближе к её левому краю, поэтому сила реакции катка *A*, действующая на ручку щётки, будет больше, чем сила реакции катка *B*. Левый каток толкает щётку вправо, а правый каток – влево. Сила трения (а она является движущей силой) на катке *A* будет больше, чем на катке *B*, поэтому щётка начнёт движение вправо.

Положение, в котором центр тяжести будет находиться на равном расстоянии от катков, щётка пройдёт по инерции и сдвинется вправо ещё на некоторое расстояние до остановки.

В этом положении равнодействующая сил трения имеет уже противоположное направление, заставляет щётку начать движение влево.

Так будет повторяться многократно, и щётка будет совершать горизонтальные колебания относительно положения равновесия под действием равнодействующей сил трения (возвращающей силы).

81. «Пружина и ускорение»

Ускорение тележки скажется в том, что груз отклонится на некоторый угол, и натяжение нити, на которой висит груз, увеличится. Но момент, действующий на коромысло весов, определяется составляющей силы, перпендикулярной к плечу, т.е. вертикальной составляющей натяжения нити, которая не изменится. Это видно из того, что груз, отклонившись, останется неподвижным относительно тележки, т.е. его ускорение в вертикальном направлении равно нулю, а значит, вертикальная составляющая натяжения нити уравнивает вес груза. Но если момент, действующий на левое плечо коромысла, не изменится, то и натяжение пружины также останется неизменным.

82. «Птички на проводе»

Птицы могут без опаски сидеть на проводах высоковольтной линии, потому что ток не проходит через них. Электрическому току значительно легче пройти по медному проводу, чем по телу птицы, поэтому он и продолжает течь по проводам. Однако птицы могут погибнуть, если, сидя на проводе, они в тот же самый момент коснутся какого-нибудь другого предмета.

83. «Пуля или гильза?»

Если пуля и её гильза имеют только горизонтальные, хоть и разные скорости, то они упадут с высоты, на которой расположен пистолет, одновременно. $S = gt^2/2 \Rightarrow t = \sqrt{2S/g}$.

84. «Пятёрка за знание»

Имеем дело с отражением световых лучей от различных поверхностей и с их прохождением лучей через светофильтры. Красный светофильтр пропускает только красные лучи, а все остальные – поглощает. Зелёный – пропускает только зелёные лучи. Красная пятёрка потому и красна, что отражает из падающего на неё солнечного (белого) света только красные лучи, а все осталь-

ные поглощает. Аналогично, зелёная двойка отражает только зелёные лучи. Поверхность белого цвета – отражает все лучи, а чёрного – все поглощает.

Если мы хотим увидеть (получить) красную пятёрку, то должны её наблюдать через зелёный светофильтр. Тогда на зелёном фоне мы увидим чёрную (отсутствие лучей) пятёрку. Если посмотреть на пятёрку через красный светофильтр, то мы не различим её изображения на красном фоне. Если посмотреть на зелёную двойку через красный светофильтр, то получим на красном фоне чёрную отметку, а посмотрев через зелёный светофильтр, потеряем её на зелёном фоне.

85. «Связанные маятники»

В момент $t = 0$ один из маятников, отклонённый на некоторый угол, отпускают, когда второй находится в вертикальном положении. Вся энергия первоначально была сосредоточена в первом маятнике, а второй покоился, но с течением времени в результате связи через пружинку энергия постепенно передаётся от первого ко второму до тех пор, пока вся энергия не окажется во втором, и первый остановится. Процесс повторяется от второго к первому и так далее, т.е. совершаются биения с обменом энергией.

Биения в колебательной системе с двумя степенями свободы возникают, когда собственные моды этой системы имеют близкие частоты.

86. «Снеговик в шубе»

Снеговик тает из-за того, что он получает тепло из окружающей среды. Шуба не греет, она затрудняет теплообмен с окружающей средой. Следовательно, снеговик без шубы растает быстрее снеговика в шубе.

87. «Сосуд Мариотта»

Очевидно, что на уровне нижнего конца трубки, проходящей через горло сосуда, а следовательно, на уровне отверстия B давление жидкости равно атмосферному. Поэтому, когда открывают отверстие A , давление снаружи больше, чем изнутри, и воздух будет входить пузырьками в сосуд, вода в сосуде будет опускаться и входить в трубку. Когда уровень воды в этой трубке достигнет высоты отверстия A , воздух перестанет входить в сосуд.

Если вместо отверстия A открыть отверстие B , то, вследствие равенства давления снаружи и изнутри, будет наблюдаться равновесие, т.е. воздух не будет входить в сосуд, и вода не будет из сосуда выливаться.

Если открыть отверстие C , то вода будет выливаться из сосуда, а воздух входить в сосуд через трубку. При этом давление у нижнего конца этой трубки, не зависимо от изменения уровня воды в сосуде, будет оставаться равным атмосферному, а вода будет выливаться с постоянной скоростью до тех пор, пока уровень её в сосуде не опустится до нижнего конца трубки. После этого вода будет продолжать выливаться, но скорость истечения будет убывать.

88. «Тёмные окна домов»

Потому что отражение света от стен всегда больше, чем отражение от прозрачных, т.е. пропускающих свет окон.

89. «Термоэкстрим»

Температура кипения жидкого азота составляет около минус 196°C , температура плавления свинца – 327°C (а в проведения демонстрации фокуса – $425-450^{\circ}\text{C}$), температура кисти руки человека – около 30°C .

На первый взгляд такие фокусы кажутся безумной затеей, и воображение рисует страшные картины последствий такого термоэкстрима. Однако физика позволяет (с соблюдением определённой техники безопасности) сделать подобное на короткий момент, без получения обморожений и ожогов.

Начнём с жидкого азота. Почему кратковременное погружение в него относительно безопасно? Ответ заключается в интересном физическом явлении – эффекте Лейденфроста.

Если холодная жидкость соприкасается с горячим твёрдым телом, то теплообмен происходит очень хорошо, но лишь до тех пор, пока разница температур не превысит определённый предел. Как только разница температур становится слишком большой, слой жидкости, примыкающий к твёрдому телу, моментально испаряется и создаёт прослойку пара. Поскольку теплопроводность пара намного меньше, чем жидкости, скорость теплообмена резко падает. Именно такая прослойка образуется и при контакте кожи с жидким азотом и на какое-то время защищает её от обморожения.

Кстати, эффект Лейденфроста можно легко наблюдать в домашних условиях, капнув немного воды на горячую сковороду. Если сковорода нагрета не очень сильно, вода испарится очень быстро, а вот если температура сковороды превышает примерно 193 °С, вы увидите эффект Лейденфроста. Капля будет парить над поверхностью сковороды на воздушной прослойке, и, конечно, всё равно испарится, но значительно медленнее, чем при более низкой температуре.

С погружением в расплав свинца – аналогично. Рука обязательно должна быть влажной, тогда при контакте со свинцом влага моментально превратится в пар, который на мгновения изолирует руку от поступления тепла и послужит паровой защитой.

Внимание: не рекомендуем вам повторять эти опыты самостоятельно. Несоблюдение особых нюансов (которые мы здесь не рассматривали) и совершение ошибок может привести к серьёзным последствиям.

90. «Ток и пружина»

Как только через пружину пойдёт ток, соседние витки (по которым идут параллельные токи) притянутся, в результате чего пружина сожмётся. Если ток достаточно велик, нижний конец пружины выйдет из ртути и цепь разомкнётся. Притяжение витков исчезнет, пружина расправится, замыкая цепь, и весь процесс повторится, т.е. в системе возникнут автоколебания.

Если же нижний конец пружины при пропускании тока не выходит из ртути, то колебания не возникнут.

91. «Ускорение мяча после отскока»

Падающий с очень большой высоты мяч будет двигаться равномерно (ускорение равно нулю), т.к., действующая на него сила тяжести будет уравновешена силой сопротивления ($F_m = F_c = mg$). После упругого удара (будем считать его абсолютно упругим) и сразу после отскока, скорость мяча лишь поменяет своё направление на противоположное, а значит, сила сопротивления изменит только своё направление, но не величину. Т.о., на мяч вниз будут действовать две силы – тяжести и сопротивления, сумма которых будет равна удвоенной силе тяжести. Такая сила, по II закону Ньютона, придаст телу массой m двойное ускорение свободного падения: $a = 2mg/m = 2g$.

92. «Ускорения трёх грузов»

В начальном положении шарики неподвижны. Согласно первому закону Ньютона – силы, действующие на каждый из них, скомпенсированы. Так на шарик №3 действует вниз сила тяжести (mg), а вверх такая же (по величине) сила упругости пружины. На шарик №2: вниз две силы тяжести (своя и шарика №3); вверх – равная по величине сила упругости. На шарик №1: вниз – три силы тяжести; вверх – сила натяжения нити.

Обрезаем нить и фиксируем силы СРАЗУ после этого. На шар №1 действуют только три силы тяжести ($3mg$), следовательно (по второму закону Ньютона) ускорение первого шара – три ускорения свободного падения и он устремляется вниз. На шары №2 и №3 при обрезании нити (при растянутых пружинах) действия сил не меняется и, следовательно, их ускорения равны нулю (они продолжают находиться в покое).

93. «Цилиндр и доска»

Когда цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости, то его образующая, касающаяся плоскости, неподвижна в данный момент, а сам цилиндр вращается вокруг этой неподвижной прямой. Очевидно, что в этом случае образующая, касающаяся доски, движется вперёд со скоростью, вдвое большей той, с которой движется ось цилиндра. Поэтому, когда человек, толкая доску, пройдёт путь, равный длине доски (L), то цилиндр уйдёт вперёд на расстояние, равное половине длины доски. Таким образом, чтобы дойти до цилиндра, человеку надо пройти путь, равный $2L$: $2 \times 2\text{ м} = 4\text{ м}$.

94. «Что сильнее притягивается?»

Согласно III закону Ньютона яблоко притягивается к Земле точно с такой же силой, как Земля к яблоку (аналогично с гвоздём и магнитом).

Но почему нам кажется, что яблоко «должно» притягиваться сильнее? Наверное, из-за разных ускорений, которые сообщают тела при взаимодействии друг другу: ускорение падающего яблока (g) больше ускорения Земли (Земля тоже падает на яблоко!) во столько раз, во сколько масса Земли ($6 \times 10^{24}\text{ кг}$) больше массы яблока (1 кг).

95. «Шарики в жидкости на центрифуге»

Вследствие центробежного эффекта алюминиевый шарик переместится к внешнему краю трубки, а пробковый шарик – будет вытеснен с периферии более плотной (по сравнению с ним) жидкостью и приблизится к оси вращения трубки.

96. «Щётка на пальцах»

Пусть щётка находится на правом конце ручки. Центр тяжести ручки со щёткой находится между пальцами ближе к правой руке. Следовательно, давление ручки со щёткой на оба пальца будет неодинаково: изначально на правый палец оно будет больше, чем на левый. Поэтому и сила трения между ручкой и пальцем, пропорциональная давлению, будет больше для правого пальца.

Если правую руку начать двигать к левой, то щётка будет двигаться вместе с правым пальцем, скользя по левому пальцу, пока центр тяжести не окажется посередине между пальцами. Это положение щётка пройдёт по инерции и давление на левый палец станет больше, чем на правый. Скольжение на левом пальце остановится и начнёт скользить правый палец... Процесс будет поочередно повторяться до тех пор, пока пальцы не сойдутся под центром тяжести «самоуравновешивающейся» щётки.

97. «Магнитный вечный двигатель»

Устройство работало бы, если бы магнит действовал на металлический шарик только во время его подъёма на подставку по верхнему желобу. Но вниз шарик скатывается замедленно под действием двух сил: тяжести и магнитного притяжения. Поэтому к концу спуска он не приобретёт скорость, необходимую для поднятия по закруглению нижнего желоба и начала нового цикла.

(Если силы магнита достаточно для того, чтобы притянуть к себе железный шарик, то её же хватит и на то, чтобы не отпустить его от себя).

98. «Падение в шахту»

Гравитационная сила, действующая на тело, прямо пропорциональна расстоянию от центра Земли: в самом центре она равна нулю, у поверхности – максимальна (mg). Упав в сказочную шахту, мешок сначала будет двигаться до центра ускоренно, увеличивая свою скорость до максимального значения, а затем он начнёт двигаться замедленно, до полной остановки на выходе из шахты с другой стороны земного шара. Далее процесс повторится, но в обратном направлении. Ситуация будет повторяться бесконечное число раз (если учитывать силу сопротивления, то тело в конце концов остановилось бы в центре). Т.о. тело будет совершать незатухающие гармонические колебания относительно положения устойчивого равновесия.

Колебания тела в шахте будут напоминать колебания пружинного маятника с периодом $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, где m – масса мешка, а k – коэффициент жёсткости пружины. По аналогии «коэффициент жёсткости земной пружины» равен отношению максимальной силы к амплитуде колебаний (радиусу Земли), т. е. $k = mg/R$, с учётом чего время движения мешка «туда – обратно» (период его колебаний) равен: $T = 2\pi\sqrt{R/g} \approx 5063\text{с} \approx 84\text{мин.}$ (Это время соответствует периоду обращения искусственного спутника Земли, движущегося по окружности у поверхности планеты с первой космической скоростью $7,9\text{км/с!}$).

99. «Подъём на воздушный шар»

Шар в покое не останется. Пока человек взбирается по лестнице, воздушный шар будет опускаться. Здесь происходит то же, что и при перемещении человека по лёгкой лодке: если он идёт от кормы к носу, лодка перемещается в обратном направлении. Точно так же и лестница, отталкиваемая вниз ногами, взбирающегося по ней человека, будет увлекать шар к земле.

Шар, лестница и человек представляют собой изолированную систему, центр масс которой не может быть перемещён внутренними силами. Он сохранит неизменным своё положение при подъёме человека по лестнице только тогда, когда сам шар опустится вниз, – иначе центр масс поднялся бы. Что касается перемещения шара, оно во столько раз меньше перемещения человека, во сколько раз шар тяжелее человека.

100. «Простой способ путешествовать»

Во-первых, поднявшись в воздух, мы, в сущности, не отделяемся ещё от земного шара: мы остаемся связанными с его газообразной оболочкой, висим в его атмосфере, которая участвует во вращении Земли вокруг оси. Воздух (вернее, его нижние более плотные слои) вращается вместе с Землей, увлекая с собой все, что в нем находится: облака, самолёты, всех летящих птиц, насекомых и т.д. (Если бы воздух не участвовал во вращении земного шара, то, стоя на Земле, мы постоянно чувствовали бы сильнейший ветер, по сравнению с которым самый страшный ураган казался бы нежным дуновением).

Во-вторых, если бы даже мы могли подняться в высшие слои атмосферы или если бы Земля вовсе не была окружена воздухом, нам и тогда не удалось бы осуществить предложенное путешествие. Ведь, отделяясь от поверхности вращающейся Земли, мы продолжаем по инерции двигаться с прежней скоростью, т. е. с той же, с какой перемещается под нами Земля. Когда же мы снова опускаемся вниз, мы оказываемся в том самом месте, от которого раньше отделились, подобно тому как, подпрыгнув в вагоне движущегося поезда, мы опускаемся на прежнее место. Правда, мы будем двигаться по инерции прямолинейно (по касательной), а Земля под нами – по дуге; но для небольших промежутков времени это не меняет дела.