

Тульчинский М.Е.

**Занимательные задачи-
парадоксы и софизмы по
физике**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-053.2
ББК 74.27
Т82

Т82 **Тульчинский М.Е.**
Занимательные задачи-парадоксы и софизмы по физике / Тульчинский М.Е. –
М.: Книга по Требованию, 2012. – 160 с.

ISBN 978-5-458-25437-3

Книга содержит занимательные задачи-парадоксы и софизмы, подобранные
в соответствии с программой курса физики средней школы.

ISBN 978-5-458-25437-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

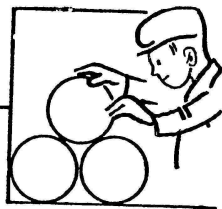
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



1. КИНЕМАТИКА

● 1. Всегда ли верно правило параллелограмма?

Груз P поднимается при помощи двух неподвижных блоков (рис. 1). Пусть скорости точек A и B равны v , необходимо определить скорость u .

Решение. Из чертежа находим: $u = 2v \cos \alpha$.

Но при малом угле α (блоки расположены близко друг от друга) должно быть $u \approx v$, тогда как полученная формула дает $u = 2v$.

Как разрешить это противоречие?

● 2. Как рассчитать среднюю скорость?

Из пункта A в пункт B автодрезина двигалась равномерно со скоростью 20 км/ч , а из пункта B в пункт A — также равномерно со скоростью 30 км/ч . Определить среднюю скорость движения туда и обратно.

Решение. Согласно правилу нахождения среднего арифметического значения находим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{20 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{2} = 25 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

С другой стороны, согласно формуле определения средней скорости $v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$ имеем:

$$\begin{aligned} v_{\text{ср}} &= \frac{2l}{t_1 + t_2} = \frac{2l}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \\ &= \frac{2 \cdot 20 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}. \end{aligned}$$

Как объяснить эти противоречащие друг другу ответы?

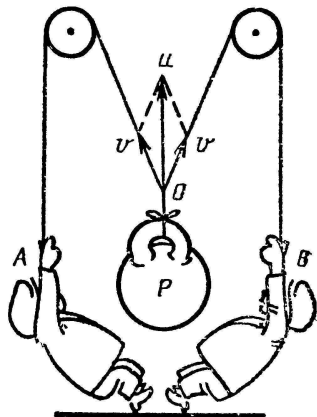


Рис. 1.

● 3. Неоднозначные ответы.

В момент, когда вагон троллейбуса имеет скорость 10 м/сек, водитель включает тормоз, и вагон движется равнозамедленно до остановки. При каком ускорении он пройдет путь 8 м за 2 сек?

Решение. В соответствии с формулой $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ получаем: $a = -6 \text{ м/сек}^2$.

В соответствии с формулой $a = \frac{v - v_0}{t}$ имеем: $a = -5 \text{ м/сек}^2$.

Пользуясь же формулой $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$, получаем: $a = -6,25 \text{ м/сек}^2$.

Как объяснить эти противоречащие друг другу ответы?

● 4. Может ли это быть?

Материальная точка на пути в 1 м изменяет свою скорость от 1 мм/сек до 2 мм/сек, двигаясь со средним ускорением 10 км/сек². Определить время движения.

Решение. Время определится по формуле средней скорости: $v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$, но $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$. Следовательно, $t = \frac{s}{v_{\text{ср}}} = \frac{2s}{v_1 + v_2}$.

Таким образом, $t = \frac{2\text{ м}}{0,001 \frac{\text{м}}{\text{сек}} + 0,002 \frac{\text{м}}{\text{сек}}} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} \text{ сек.}$

С другой стороны, согласно формуле $a_{\text{ср}} = \frac{v_2 - v_1}{t}$ имеем:

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a_{\text{ср}}}, \text{ т. е. } t = \frac{0,002 \frac{\text{м}}{\text{сек}} - 0,001 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{10000 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 10^{-7} \text{ сек.}$$

Как разрешить получившееся противоречие в ответах?

● 5. Когда подводит «здравый смысл».

Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, проходит первый километр с ускорением a_1 , а второй — с ускорением a_2 . При этом на первом километре его скорость возрастает на 8 м/сек, а на втором — на 4 м/сек. Что больше: a_1 или a_2 ?

Решение. По формуле $v^2 - v_0^2 = 2as$ находим:

$$a_1 = \frac{8^2 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2} - 0}{2 \cdot 1000 \text{ м}} = 0,032 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}$$

$$\text{и } a_2 = \frac{12^2 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2} - 8^2 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}}{2 \cdot 1000 \text{ м}} = 0,04 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

Следовательно, $a_2 > a_1$.

Но ведь согласно формуле $a = \frac{v - v_0}{t}$, чем больше приращение скорости, тем больше и ускорение. Следовательно, на первом километре должно быть большее ускорение, чем на втором. Но это противоречит расчету. В чем ошибка рассуждений?

● 6. Противоречит ли физика алгебре?

Для равнопеременного движения при $v_0 = 0$ имеем: $v = at$ и $v = \sqrt{2as}$. Если $v_0 \neq 0$, то $v = v_0 + at$. Подставляя вместо at величину $\sqrt{2as}$, имеем: $v = v_0 + \sqrt{2as}$.

Но известна другая формула: $v^2 = v_0^2 + 2as$. Из алгебры известно, что при $x^2 = a^2 + b^2$ величина $x \neq a + b$. Где допущена ошибка, вследствие чего возникло противоречие физики и алгебры?

○ 7. Когда время «не подчиняется» скорости.

Камень брошен вертикально вверх и движется в пустоте. С какими начальными скоростями его нужно бросать, чтобы он оказался на высоте 29,4 м через 6 сек и 3 сек?

Решение. Воспользовавшись формулой $H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$, получаем при $t = 6$ сек значение начальной скорости, равным $v_{06} = 34,3$ м/сек, а при $t = 3$ сек — равным 24,5 м/сек. Получилось противоречие: чтобы подняться на одну и ту же высоту при большей начальной скорости, требуется большее (!) время. Как разрешить его?

2. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

● 8. Почему покоится брусок?

На лежащий на столе брусок поставлена гиря в 1 кг. Брусок сохраняет свое состояние покоя, хотя на него действует сила тяжести. Не противоречит ли это первому закону Ньютона?

○ 9. Выполняется ли закон инерции?

Висящий на нити в каюте быстроходного судна груз почему-то отклонился в сторону, хотя на него ничто не действовало. Как объяснить этот опыт, находящийся в противоречии с первым законом динамики Ньютона?

● 10. Что значит пропорциональность величин?

Две величины A и B называются пропорциональными друг другу, если отношение их есть величина постоянная. Иначе: если

$A = kb$, где k — величина постоянная, то A и B пропорциональны друг другу.

Согласно второму закону Ньютона сила пропорциональна массе m движущейся материальной точки и ускорению ее движения a , т. е. $F = k_1 m$ и $F = k_2 a$, где k_1 и k_2 — постоянные множители.

Перемножив написанные уравнения, получим: $F^2 = k_1 k_2 m a$; а полагая $\sqrt{k_1 k_2} = k'$, имеем: $F = k' \sqrt{m a}$.

Разделив почленно те же уравнения, получим: $1 = \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{m}{a}$,

а полагая $\frac{k_1}{k_2} = k''$, имеем: $a = k'' m$.

Полученные уравнения находятся в явном противоречии со вторым законом Ньютона: $F = k m a$. В чем ошибка рассуждений?

● 11. Натяжение нити.

Если к одному концу гибкой нерастяжимой нити, неподвижно закрепленной другим своим концом, приложить силу F , то натяжение в каждой точке нити станет равным F . Но нить состоит из бесконечного множества точек. Следовательно, сила, приложенная ко всей нити, равна бесконечно большой величине. Но этого быть не может! В чем ошибка рассуждений?

● 12. Разрыв нити.

Разрыв нити происходит в той ее точке, где сопротивление разрыву минимально. Следовательно, однородная нить не может быть разорвана никаким грузом, так как в ней не существует минимума сопротивления разрыву. Но ведь опыт показывает, что любую нить можно разорвать. Как разрешить это противоречие?

○ 13. Ускорение свободного падения.

Согласно второму закону Ньютона ускорение пропорционально силе. Чем больше сила тяжести, тем больше должно быть ускорение свободного падения. Однако ускорение свободного падения для всех тел одинаково. Как разрешить это кажущееся противоречие?

○ 14. Изменится ли натяжение шнура?

Тело весом P скользит по горизонтальной поверхности под действием груза Q (рис. 2), прикрепленного к концу шнура, привязанного к телу и перекинутого через неподвижный блок. Какова сила натяжения шнура, если коэффициент трения скольжения k ? Трение в блоке не учитывать.

Решение. Согласно второму закону Ньютона движение тела P описывается уравнением

$$\frac{P}{g} a = T - kP,$$

где a — ускорение движения, T — сила натяжения шнура, g — ускорение силы тяжести.

Движение тела Q описывается уравнением

$$\frac{Q}{g} a = Q - T.$$

Решая эту систему уравнений, определяем ускорение

$$a = \frac{Q - kP}{P + Q} g$$

и натяжение шнура

$$T = \frac{P \cdot Q (k + 1)}{P + Q}.$$

Из написанной формулы видно, что она не изменится, если заменить P на Q , а Q на P . Физически это означает, что натяжение шнура не изменится, если поменять местами тела P и Q .

Как объяснить полученный парадоксальный результат с точки зрения «здравого смысла»?

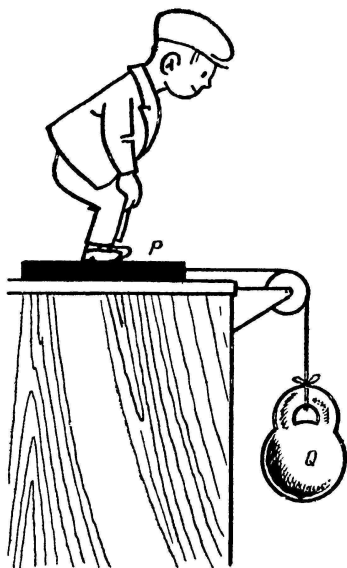


Рис. 2.

○ 15. Что лучше: тянуть или толкать?

Когда тепловоз тянет состав, сцепка между вагонами натянута. Если же он толкает состав, то сцепка ослаблена и вагоны упираются друг в друга сжатыми буферами. На подъемах нередко сзади прицепляют второй тепловоз — «толкач». Если передний тепловоз стремится натянуть сцепку, а «толкач» ослабить ее и сжать буфера, то не мешают ли они друг другу? Разъясните кажущееся противоречие.

○ 16. Смазка и трение.

Смазывание трущихся поверхностей уменьшает трение.

Почему же труднее удерживать рукоятку топора сухой рукой, чем влажной?

○ 17. Трение скольжения и качения.

Трение при качении меньше, чем трение при скольжении. Почему же в зимнее время можно наблюдать, как у движущейся телеги колесо не вращается, а скользит по снегу?

○ 18. Надо ли смазывать маслом железнодорожный рельс?

Смазка уменьшает трение (сопротивление движению). Почему же не смазывают рельсы железнодорожного транспорта? Более того, наибольшая бесполезная трата энергии электровоза бывает именно во время гололедицы, после дождя и т. п. Объясните парадокс.

○ 19. Больше осей — меньше трение.

Чем больше осей имеет механизм, тем больше сила трения в его движущихся частях. Почему же устройство, изображен-

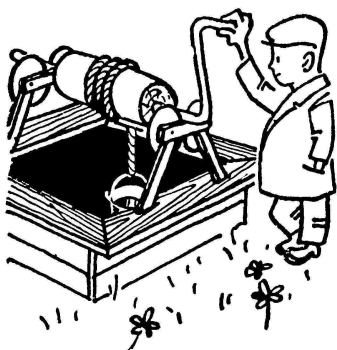


Рис. 3.

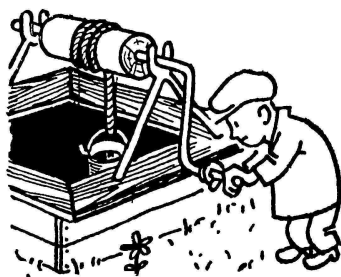


Рис. 4.

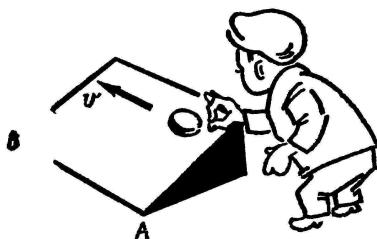


Рис. 5.

ное на рисунке 3, имеющее 5 осей (ось ворота опирается на две пары вращающихся дисков), обнаруживает меньшую силу трения, чем если бы ось ворота находилась в подшипниках скольжения (рис. 4)?

● 20. Как движется монета?

На наклонной плоскости лежит монета, удерживаемая силой трения (рис. 5). Как будет она двигаться, если сообщить ей скорость в направлении, параллельном AB ?

Решение. Сила трения будет удерживать монету на определенной высоте, и она будет двигаться горизонтально.

Проделаем соответствующий опыт и убедимся, что монета движется влево и вниз замедленно. При достаточной длине наклонной плоскости монета останавливается. В чем ошибка решения?

● 21. Равно ли действие противодействию?

Ученик утверждал, что III закон Ньютона несправедлив. Если бы действие было равно противодействию, никакого движения не могло бы существовать, потому что, какая бы сила ни была приложена к телу, она вызовет с его стороны равное ей сопротивление, с которым и уравновесится. В чем ошибка ученика?

● 22. Чья лодка быстрее?

К пристани причаливают две одинаковые лодки. Лодочники подтягиваются к берегу с помощью веревок. Противоположный конец первой веревки привязан к столбу на пристани, за противоположный конец второй веревки тянет матрос, стоящий на пристани. Все трое прилагают одинаковые усилия. Какая лодка причалит раньше?

Решение. Так как все матросы прилагают одинаковые силы и в первом случае веревку выбирает один матрос, а во втором — двое, то во втором случае лодка должна двигаться быстрее.

Но можно рассудить иначе. Так как все матросы прилагают одинаковые силы, то во втором случае лодку тянут матросы поочередно: когда веревку выбирает первый, то второй только держит ее, когда веревку выбирает второй, то ее удерживает первый. Если же они одновременно выбирают веревку, прилагая прежнюю силу, то каждый из них сообщает лодке импульс (скорость), равный половине того, который сообщался в первом случае. Таким образом, лодки причалят одновременно. В каком из решений допущена ошибка?

● **23. Какая машина крепче?**

При столкновении грузовика с легковой машиной повреждение получает главным образом легковая.

Но ведь согласно III закону Ньютона на обе машины должны действовать одинаковые силы, которые должны произвести одинаковые повреждения. Как объяснить это противоречие «теории» и опыта?

○ **24. «Нарушение» закона сохранения механического импульса (количества движения).**

Регулируя подачу топлива к двигателям ракеты, можно создать силу тяги, равную силе тяжести ракеты. В этом случае ракета повиснет над землей неподвижно (ветра нет).

Но ракета, выбрасывая продукты горения, сообщает им некоторый механический импульс, а сама противоположно направленного равного импульса не получает. Выходит, что закон сохранения механического импульса не выполняется. Но ведь это не так. Как разрешить это противоречие?

● **25. Как же должен катиться цилиндр: ускоренно или замедленно?**

По горизонтальной плоскости катится цилиндрический диск (рис. 6) в направлении, указанном стрелкой. Так как сила трения F направлена вправо, то скорость диска должна уменьшаться.

С другой стороны, момент этой силы относительно центра O направлен против часовой стрелки, и вследствие этого скорость вращения диска должна увеличиваться. Как объяснить полученное противоречие?

3. СТАТИКА

● **26. Куда направить силу?**

Пусть имеются две силы P и Q (рис. 7), приложенные к одной точке O под углом α друг к другу. Равнодействующая, по-

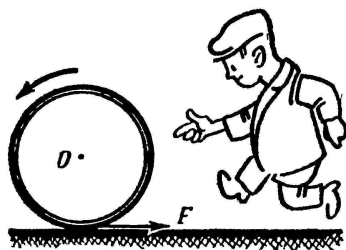


Рис. 6.

строенная по правилу параллелограмма сил, найдется из соотношения

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \alpha,$$

откуда

$$R = \pm \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cos \alpha},$$

т. е. согласно общепринятому правилу знаков $\pm$ (правило Декарта) равнодействующая R может быть направлена или внутрь угла α или вне его. Как разрешить это противоречие?

○ 27. Верен ли переместительный закон?

Требуется сложить три силы F_1, F_2, F_3 , расположенные в одной плоскости и приложенные к трем точкам тела A, B, C (рис. 8). Сложив для этого силы F_1 и F_2 , получим их равнодействующую R_{12} , приложенную в точке D . Перенесем затем силу F_3 вдоль ее линии действия в точку D и сложив здесь с силой R_{12} , найдем равнодействующую R сил F_1, F_2, F_3 .

Однако можно было поступить иначе: сначала сложить силы F_2 и F_3 , а затем их равнодействующую R_{23} сложить с силой F_1 . В этом случае получится равнодействующая R' , приложенная в точке E . Нет ли здесь противоречия?

● 28. Нарушится ли равновесие?

Рычаг AB уравновешен на оси C силами P_1 и P_2 (рис. 9). Если приложить силу Q вдоль рычага, то она не должна нарушить его равновесие. Но можно поступить иначе: графически сложить силы P_1 и Q , получить равнодействующую R , а затем точки приложения ее и силы P_2 перенести в точку O пересечения их направлений. Равнодействующая S этих сил пересекает точку D рычага. Перенесем

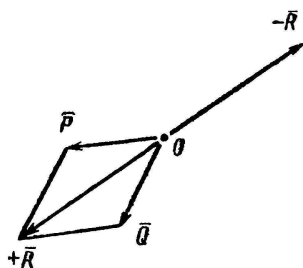


Рис. 7.

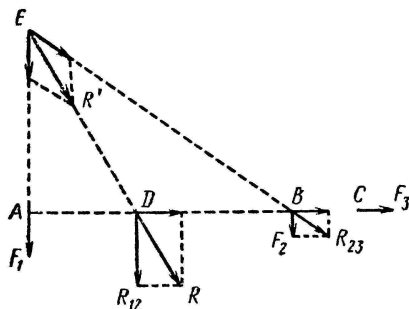


Рис. 8.

в нее точку приложения равнодействующей всех сил рычага S . Теперь необходимо следует вывод: равновесие рычага должно нарушиться. Как разрешить противоречие этого вывода с выводом, сделанным в начале текста задачи?

● 29. Покатится ли шар?

Тяжелый шар поставили на горизонтальный пол, чтобы он касался стены, наклоненной к полу под тупым углом (рис. 10). Разложим силу тяжести шара P на составляющие Q и T . Первая уравновешивается реакцией стены, а вторая, ничем не уравновешиваемая, должна покатить шар вправо. Однако шар остается в покое. В чем ошибка рассуждений?

● 30. Прогиб балки.

К доске, лежащей на опорах A и B , приложены силы F_1 и F_2 (рис. 11). Изменится ли стрела прогиба h , если заменить эти силы равнодействующей R ?

Решение. По смыслу самого понятия равнодействующая может заменить данную систему сил. Поэтому стрела прогиба не изменится.

С другой стороны, величина момента силы F относительно опоры A (или B) зависит от точки ее приложения. Как разрешить это противоречие?

○ 31. Куда повернется пластинка?

К однородной круглой пластине, лежащей на горизонтальной плоскости, приложены две равные и противоположно направленные силы F_1 и F_2 (рис. 12). В каком направлении станет двигаться точка B ?

Решение. Так как силы F_1 и F_2 образуют пару сил, то

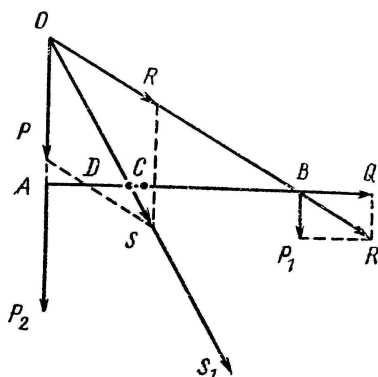


Рис. 9.

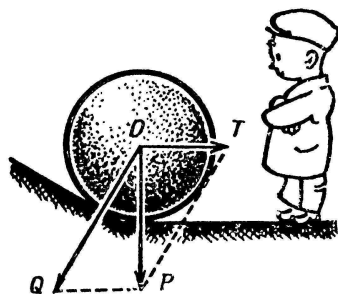


Рис. 10.

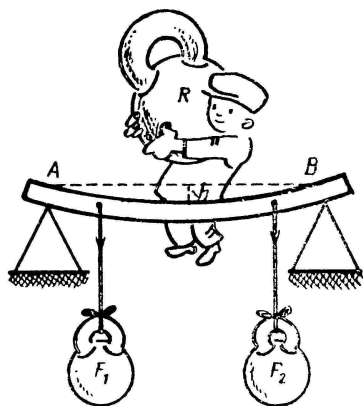


Рис. 11.

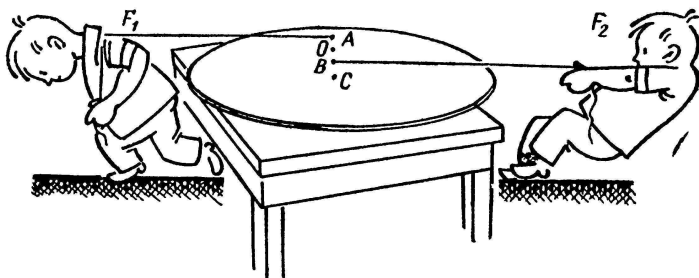


Рис. 12.

пластина будет поворачиваться вокруг центра вращения, которым является точка O , находящаяся посередине отрезка AB . Следовательно, точка B будет двигаться по направлению действия силы F_2 .

Но опыт опровергает это решение. Пластинка поворачивается вокруг центра тяжести C , и точка B движется противоположно направлению силы F_2 . Как объяснить этот парадокс?

● 32. Полет ракеты.

Если на тело не действует внешняя сила, то центр тяжести тела остается неподвижным. Как же обстоит дело с ракетой? Ведь на ракету в космическом пространстве (действием поля тяготения пренебрегаем) внешние силы не действуют, а центр тяжести ракеты, по-видимому, передвигается. Как разрешить противоречие?

○ 33. Какими надо делать концы осей?

Обыкновенно принимается, что величина силы трения не зависит от размеров трущихся поверхностей. Почему же концы осей часовых механизмов и других точных машин делают очень тонкими (рис. 13)?

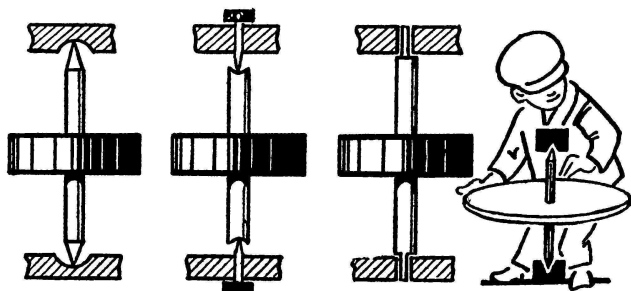


Рис. 13.