

**М.П. Шаскольская, И.А. Эльцин**

**Избранные задачи по  
физике**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
М11

М11 **М.П. Шаскольская**  
Избранные задачи по физике / М.П. Шаскольская, И.А. Эльцин – М.: Книга по Требованию, 2021. – 132 с.

**ISBN 978-5-458-36342-6**

В книге собран ряд интересных задач по физике, большинство из которых предлагалось на олимпиадах, проводившихся Московским университетом для школьников. Книга рассчитана на учащихся 7—10-х классов, интересующихся физикой, но может быть также полезна преподавателям физики в средней школе.

**ISBN 978-5-458-36342-6**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2021

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 первоизданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение многих лет физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова проводит олимпиады по физике для школьников. Задачи, предлагающиеся на этих олимпиадах и на подготовительных занятиях, по своему характеру, конечно, отличаются от задач, которые решают учащиеся в средней школе. Естественно, что задачи, предлагавшиеся на олимпиадах, труднее обычных школьных задач; они требуют больше находчивости и изобретательности. Однако для решения большинства этих задач достаточно знаний по физике, получаемых в школе; лишь немногие из них требуют формальных знаний, выходящих за рамки школьного курса.

Задачи, предлагавшиеся на олимпиадах, могут быть полезны для всех учащихся средней школы, интересующихся физикой. Решение этих задач или даже внимательный разбор готовых решений должны помочь школьникам научиться применять свои знания при рассмотрении конкретных вопросов. Таковы соображения, по которым было предпринято издание настоящего сборника задач.

В составлении и подборе этих задач принимало участие большое число преподавателей и ряд студентов физического факультета Университета. К сожалению, мы сейчас лишены возможности восстановить полностью перечень тех товарищей, которые участвовали в этой работе, и должны ограничиться лишь неполным списком.

Помимо редактора и составителей настоящего сборника в составлении задач участвовали профессора Московского государственного университета: С. Г. Калашников, А. Б. Млодзеевский, С. П. Стрелков, В. И. Иверонова, С. Т. Конобе-евский, К. Ф. Теодорчик, доценты МГУ И. А. Яковлев, Д. В. Сивухин, ассистент МГУ В. П. Шальнов, кандидат физ.-мат. наук Э. И. Адирович и бывшие и нынешние студенты МГУ Подгорецкий, Мышкис, Старобинский, Бонгард, Свешников, Либерман, Герценштейн.

*С. Хайкин*

Москва  
1949 г.

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

# ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

---

### ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 7—8-х КЛАССОВ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

1. Два мальчика *A* и *B*, чтобы узнать, кто из них сильнее, прикрепили динамометр кольцом к гвоздю, вбитому в стену, а к крюку привязали верёвку, за которую тянули по очереди. Когда тянул *A*, динамометр показал  $42 \text{ кг}$ , а когда тянул *B*, то динамометр показал  $35 \text{ кг}$ . Что покажет ди-

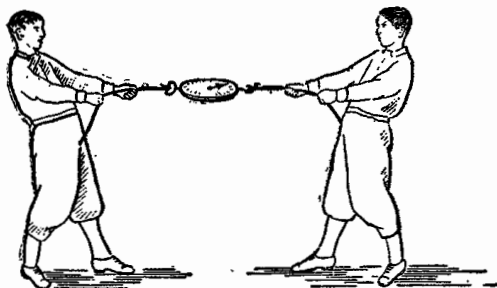


Рис. 1.

намометр, если *A* и *B* снимут его с гвоздя, возьмутся один за кольцо, другой за веревку и будут тянуть его в разные стороны (рис. 1).

Решение. Если *A* будет тянуть попрежнему с силой  $42 \text{ кг}$ , то динамометр покажет  $42 \text{ кг}$ , но при этом *A* сообщит *B* ускорение в свою сторону.

2. Какую экспозицию нужно делать при фотографировании автомобиля, движущегося со скоростью  $36 \text{ км/час}$ , чтобы изображение автомобиля на негативе не размылось, если для этого смещение изображения должно быть не более  $0,1 \text{ мм}$ ?

Длина автомобиля 3 м, а его изображение на негативе получается равным 1,5 см (рис. 2).

Решение. Пусть искомая экспозиция равна  $t$  сек. Тогда автомобиль успеет проехать за это время путь  $t \cdot v$ , где  $v$  — скорость автомобиля. За это же время смещение изображения должно быть не более 0,1 мм. Отношение этих ве-

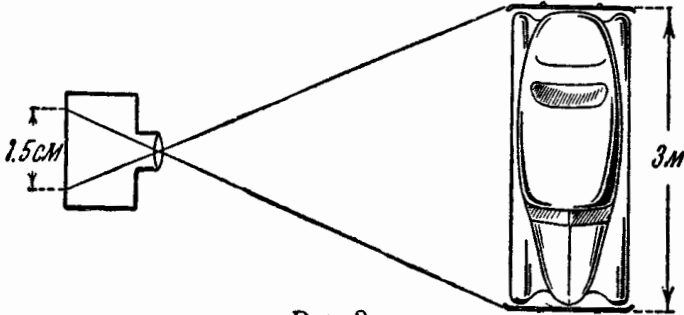


Рис. 2.

личин должно, очевидно, равняться отношению величины предмета к величине его изображения, т. е.  $300:1,5 = 200$ . Следовательно,

$$t \cdot \frac{36 \cdot 100\,000}{3600} : 0,01 = 200$$

и

$$t = \frac{200 \cdot 0,01}{1000} = 0,002 \text{ сек.}$$

3. Радиостанция, находящаяся в точке  $A$ , посылает сигнал проверки времени. Этот сигнал принимают приёмные станции в точках  $B$  и  $C$  (рис. 3). Слушатель, находящийся в точке  $B$ , принимает сигнал от своего приёмника и через 1 сек слышит тот же сигнал, принятый в точке  $C$  на приёмник с мощным громкоговорителем. Чему равно расстояние между точками  $B$  и  $C$ ?

Рис. 3. Решение. Так как радиосигналы распространяются со скоростью  $300\,000 \text{ км/сек}$ ,

то радиоприёмники принимают сигналы почти мгновенно, и можно считать, что радиосигналы станции  $A$  одновременно достигли станций  $B$  и  $C$ , хотя они и находятся вообще на разных расстояниях от станции  $A$ . Звуковой же сигнал из  $C$  в  $B$  идёт со скоростью звука ( $330 \text{ м/сек}$ ). Поэтому рас-

стояние  $BC$  определится как путь, пройденный звуком за 1 сек, т. е.  $BC = 330 \cdot 1 = 330$  м.

✓ 4. Герой одного из рассказов О'Генри дал поросёнку с такой силой, что тот полетел, «опережая звук собственного визга». С какой силой должен был ударить поросёнка герой рассказа, чтобы описанный случай произошёл в действительности? Массу поросёнка примем равной 5 кг, а продолжительность удара — 0,01 сек.

Решение. По второму закону динамики импульс приложенной силы равен изменению количества движения. Следовательно, обозначив силу, действующую на поросёнка, через  $F$ , а скорость поросёнка через  $v$ , получим:

$$F \cdot 0,01 \text{ дн} \cdot \text{сек} = 5000 \cdot v \text{ г} \cdot \text{см/сек}.$$

Чтобы поросёнок обгонял свой собственный визг, он должен двигаться со скоростью, бóльшей скорости звука, т. е.  $v$  должно быть больше 330 м/сек. Следовательно,

$$F > \frac{5000 \cdot 33000}{0,01} \text{ дн},$$

или

$$F > \frac{5000 \cdot 33000}{0,01 \cdot 980 \cdot 1000} \text{ кг},$$

$$F > \sim 16500 \text{ кг}.$$

5. Если локомотив не может сдвинуть тяжёлый поезд с места (рис. 4), то машинист применяет следующий приём: он даёт

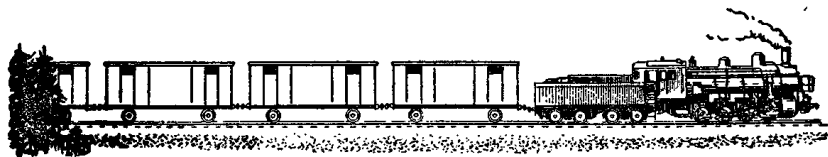


Рис. 4.

задний ход и, толкнув состав немного назад, затем даёт передний ход. Объяснить, почему этот приём машиниста позволяет сдвинуть состав с места.

Решение. Состав обычно останавливается в таком положении, что сцепки между вагонами оказываются натянутыми (так как сжатые при торможении буфера расталкивают вагоны и натягивают сцепки). Поэтому локомотив, чтобы двинуть вперёд состав, должен преодолеть трение покоя для всего состава. Толкая же назад, он толкает сначала лишь первый

вагон, для чего он должен преодолеть трение покоя одного вагона. При дальнейшем движении трение первого вагона уменьшается. Затем паровоз вместе с 1-м вагоном толкают 2-й вагон, преодолевая опять-таки трение покоя лишь одного 2-го вагона, и т. д. После того, как весь состав подался назад, и буфера у всех вагонов сдавлены, паровоз даёт передний ход. При этом он, натягивая сцепку 1-го вагона, преодолевает сначала трение покоя лишь одного 1-го вагона, затем трение покоя лишь 2-го вагона и т. д., пока не сдвинет весь поезд.

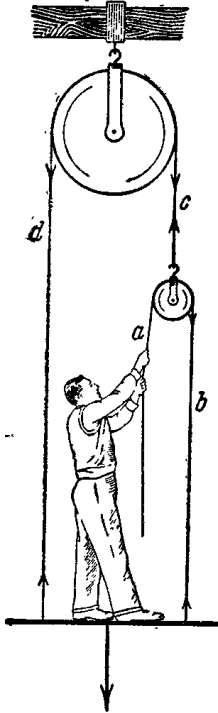


Рис. 5.

6. С какой силой должен человек тянуть верёвку, чтобы удержать платформу, если человек весит  $60 \text{ кг}$ , а платформа —  $30 \text{ кг}$  (рис. 5).

Решение. Пусть человек тянет за верёвку  $a$  с силой  $x \text{ кг}$ . Тогда натяжение верёвки  $b$  будет также  $x \text{ кг}$ . Натяжение верёвки  $c$  уравнивает совокупное действие двух параллельных сил  $x$  и  $x$ ; следовательно, оно равно  $2x$ . Таково же должно быть и натяжение верёвки  $d$ , составляющей продолжение верёвки  $c$ .

Платформа висит на 2-х верёвках  $b$  и  $d$  (верёвка  $a$  не прикреплена к платформе, а потому не поддерживает её). Натяжение  $b$  равно  $x \text{ кг}$ ; натяжение  $d$  равно  $2x \text{ кг}$ ; сумма этих параллельных сил равна  $3x \text{ кг}$  и направлена кверху. С другой стороны, на платформу действуют вниз вес платформы, равный  $30 \text{ кг}$ , и сила, с которой человек давит на платформу. Человек весит  $60 \text{ кг}$ , но верёвка  $a$  тянет его с силой  $x \text{ кг}$ , направленной вверх. Поэтому человек давит на платформу с силой  $60 - x \text{ кг}$ . Сумма всех сил, действующих на платформу, должна быть равна нулю, так как платформа находится в равновесии, т. е.  $(60 - x) + 30 - 3x = 0$ , откуда  $x = 22,5 \text{ кг}$ .

7. Справедлив ли закон сообщающихся сосудов (однородная жидкость в двух сообщающихся сосудах имеет один и тот же уровень), если в одном из сосудов находится некоторый поплавок (капиллярность не учитывать).

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

8. На одной чашке весов находится сосуд с водой, а на другой чашке штатив, на перекладине которого подвешено на невесомой нитке тело (рис. 6). Пока тело не погружено в воду, весы находятся в равновесии. Затем нитку удлиняют, так что тело погружается целиком в воду. При этом равновесие нарушается. Что нужно сделать, чтобы восстановить равновесие?

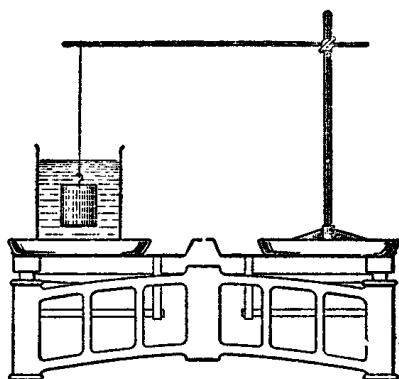


Рис. 6.

Решение. По закону Архимеда на тело, погружённое в жидкость, действует со стороны жидкости подъёмная сила, равная весу объёма жидкости, который занимает погружённое тело. Эта сила будет уменьшать натяжение нити, на которой висит тело. Поэтому на правую чашку весов будут действовать следующие силы: вес

штатива и вес тела, уменьшённый на вес вытесненной им воды. По третьему закону Ньютона, тело, погружённое в жидкость, будет давить на жидкость с силой, равной подъёмной силе, и это действие через жидкость в сосуде будет передаваться на левую чашку весов. Итак, на левую чашку весов будут действовать следующие силы: вес стакана с водой и вес объёма воды, равного объёму погружённого тела. Так как штатив с телом весит столько же, сколько стакан с водой, то для восстановления равновесия нужно на чашку, на которой стоит штатив, положить груз, равный удвоенному весу объёма воды, который занимает погружённое тело.

9. Вытаскивают ведро воды из колодца. Какую силу необходимо приложить для подъёма этого ведра: 1) пока оно

находится под водой и 2) когда его вытащили из воды. Ведро весит  $P$ ; оно сделано из материала, вес единицы объёма которого  $d$ , вмещает оно объём  $V$ . Сопротивление воды движению ведра не учитывать.

Решение. Когда ведро находится под водой, то необходимо приложить силу, равную весу ведра минус вес жидкости, вытесненной материалом ведра. Считая вес единицы объёма воды равным  $d_0$ , получим

$P - \frac{P}{d} d_0$ . Когда же ведро вытащили из воды, необходимо приложить силу, равную весу ведра и весу воды в ведре, т. е.  $P + Vd_0$ .

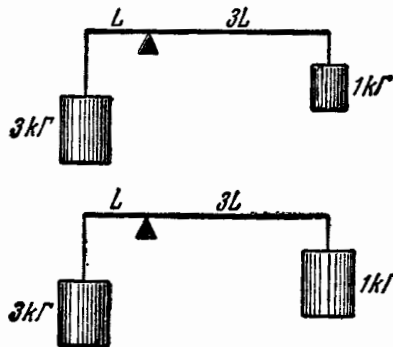


Рис. 7.

10. Два рычага находятся в равновесии. На первом уравновешены 2 разных груза из одного материала, на втором 2 разных по весу, но одинаковых по объёму груза. Нарушится ли равновесие рычагов, если погрузить их в воду (рис. 7)?

Решение. На первом рычаге грузы имеют объёмы, пропорциональные их весам, а потому, при погружении грузов в воду, силы, действующие на плечи рычага, изменятся в одно и то же число раз каждая (согласно закону Архимеда). Следовательно, под водой равновесие не нарушится. На втором рычаге оба груза «потеряют в весе» под водой одинаково, а так как их веса разные, то отношение сил, действующих на плечи рычага, изменится, а потому равновесие нарушится — перетянет груз в  $3 \text{ кг}$ .

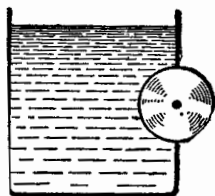


Рис. 8.

11. Один из многочисленных ошибочных проектов вечных двигателей заключался в следующем: в вырез стенки бака с жидкостью вставлен вал, ось которого лежит в плоскости стенки (рис. 8): вал закрывает собой весь вырез, так что жидкость не выливается. Вал может вращаться на своей оси. На половину его, погружённую в жидкость, действует подъёмная сила (по закону Архимеда), которая, казалось бы, должна вызвать вращение вала против часовой стрелки. Это враще-

ние, если бы оно возникло, должно было бы продолжаться вечно. В чём здесь ошибка?

**Решение.** Вращения цилиндра не возникнет, так как вода давит на боковую поверхность цилиндра во всех точках перпендикулярно к поверхности, т. е. по направлению радиуса. Поскольку эти силы проходят через ось цилиндра, они не могут вызвать его вращения. Все эти силы дают равнодействующую, направленную наружу, под некоторым углом вверх, но проходящую через ось цилиндра и поэтому стремящуюся вытолкнуть цилиндр из бака, а не поворачивать его вокруг оси.

**12.** На дно сосуда с водой погружается открытый стакан: один раз дном вверх, а другой раз дном вниз (рис. 9). В каком из этих случаев работа, которую нужно затратить, чтобы погрузить стакан, будет больше? (Вода из сосуда не выливается и в стакан, погружённый дном вниз, не вливается.)

**Решение.** При погружении стакана в воду сила, которую надо приложить к стакану для его погружения, будет увеличиваться по мере погружения стакана в воду, так как будет возрастать подъёмная сила.

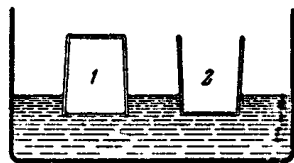


Рис. 9.

Однако, эта сила в рассматриваемых двух случаях неодинакова: в первом случае воздух внутри стакана сжимается, и вода частично входит в стакан. Таким образом, при одинаковом погружении стаканов в воду в первом случае вытесненный объём меньше, значит подъёмная сила меньше, чем во втором случае, а потому меньше и равная ей сила, которую надо приложить, чтобы погрузить стакан, а следовательно, и работа этой силы меньше.

**13.** Для того, чтобы поднять уровень жидкости в сосуде с помощью насоса на высоту  $h$ , надо совершить некоторую работу. Изменится ли потребная для этой же цели работа, если на поверхности жидкости плавает какое-нибудь тело?

**Решение.** Если на поверхности жидкости в сосуде плавает какое-нибудь тело, то, по закону Архимеда, его вес равен весу вытесненной жидкости. Значит, если тело заменить равным по весу количеством жидкости, то уровень не изменится, а потому не изменится и то количество работы, которое нужно потребно, чтобы повысить уровень жидкости на высоту  $h$ .

14. Когда объясняют опыт со взвешиванием воздуха, иногда говорят, что сначала взвешивают колбу с воздухом, а затем, после откачки воздуха из колбы, взвешивают одну колбу.

Разность показаний весов в первом и втором случаях и составляет вес воздуха в колбе. Правильно ли такое толкование опыта по взвешиванию воздуха?

Решение. Такое толкование неправильно. Когда на чашку весов кладут колбу, в которой есть воздух, то находят вес колбы с воздухом, уменьшённый (по закону Архимеда) на вес занимаемого колбой объёма воздуха, т. е. определяют вес только самой колбы (без воздуха). Когда же на чашку весов кладут колбу, из которой воздух удалён, то определяют вес только колбы (без воздуха), уменьшённый на вес воздуха в объёме колбы. Разность этих двух взвешиваний даёт вес воздуха в объёме колбы.

У 15. Удастся ли опыт Торричелли, если барометрическую трубку со ртутью поставить открытым концом не в чашку со ртутью, а в чашку с водой (рис. 10).

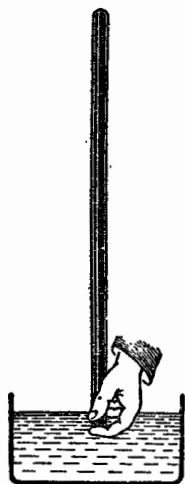


Рис. 10.

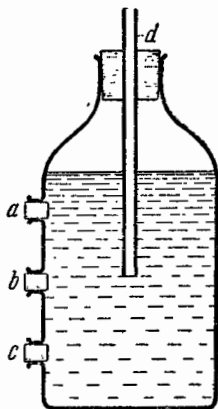


Рис. 11.

Решение. Опыт Торричелли в таком случае не удастся. Хотя в вертикальном положении трубки мы будем иметь жидкости в положении равновесия, но это — неустойчивое положение, так как их общий центр тяжести не занимает наинизшего положения. Поэтому вода ворвётся в трубку, а ртуть из неё вытечет.

16. В боковой стенке сосуда Мариотта (рис. 11) находятся три небольших отверстия *a*, *b* и *c*, закры-

тые пробками. Через пробку в горле сосуда проходит открытая с обоих концов трубка *d*. Вода в сосуде Мариотта стоит выше отверстия *a*. Уровень воды в трубке *d* стоит у самого основания трубки, находящегося на уровне отверстия *b*. Что произойдёт, если открыть одно из отверстий: *a*, *b* или *c*?