

М. П. ШАСКОЛЬСКАЯ
И. А. ЭЛЬЦИН



Шаскольская Марианна Петровна

Эльцин Иосиф Абрамович

СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ЗАДАЧ
ПО ФИЗИКЕ

М., 1974 г., 224 стр. с илл.

Редактор *Е. Б. Кузнецова*

Техн. редактор *С. Я. Шкляр*

Корректор *С. Д. Кайсер*

Печать с матриц.	Подписано
к печати 27/V 1974 г. Бумага 84×108 ¹ / ₃₂ .	
Физ. печ. л. 7. Условн. печ. л. 11,76.	
Уч.-изд. л. 10,54. Тираж 400 000 экз.	
(1-й завод 200 000)	
Цена 30 коп. Заказ № 1438.	

Издательство «Наука».

Главная редакция

физико-математической литературы

117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ордена Трудового Красного Знамени

Первая Образцовая типография

имени А. А. Жданова

Союзполиграфпрома при

Государственном комитете

Совета Министров СССР по

делам издательств,

полиграфии и

книжной торговли.

Москва, М-54, Валовая, 28.

М. П. ШАСКОЛЬСКАЯ
И. А. ЭЛЬЦИН

СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, СТЕРЕОТИПНОЕ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
проф. С. Э. ХАЙКИНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1974

530.1

Ш 27

УДК 530.10 (075.4)

АННОТАЦИЯ

В книгу вошли задачи, предлагавшиеся на физических олимпиадах в Московском университете, и многие другие оригинальные задачи. Настоящее издание дополнено большим количеством новых задач. Все задачи снабжены решениями и методическими указаниями. Содержание задач не выходит за рамки программы средней школы, но понимание решений требует глубокого и продуманного освоения материала.

Книга предназначена для учащихся старших классов, желающих углубить свои знания по физике, для студентов техникумов и первых двух курсов вузов и втузов, в частности для студентов-заочников. Она является также ценным пособием для преподавателей физики в средних школах, техникумах, в вузах и втузах, особенно в пединститутах.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию	4	
Предисловие к первому изданию	4	
	Задачи	Решения
1. Кинематика	5	73
2. Динамика поступательного движения	10	83
3. Статика	17	102
4. Работа, мощность, энергия. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения энергии	21	111
5. Динамика вращательного движения	27	127
6. Закон всемирного тяготения	30	136
7. Колебания. Волны. Звук	31	140
8. Механика жидкостей и газов	35	150
9. Теплота и капиллярные явления	47	173
10. Электричество	52	185
11. Оптика	68	209

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В настоящем издании внесены некоторые небольшие изменения в условия или решения нескольких задач и введено 40 новых задач, также отредактированных профессором С. Э. Хайкиным.

Авторы благодарят всех товарищей, сделавших указания по тексту первого издания.

М. П. Шаскольская,

И. А. Эльцин

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Настоящий сборник задач представляет дальнейшее развитие и переработку нашей книги «Избранные задачи по физике», которая была издана в 1949 г. и быстро разошлась. В основу нашей прежней книги были положены задачи, предлагавшиеся в течение ряда лет на физических олимпиадах, проводимых для школьников физическим факультетом Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. В составлении и подборе олимпиадных задач принимало участие большое число преподавателей и ряд студентов физического факультета МГУ.

В новом, переработанном виде наша книга дополнена большим количеством новых задач; лишь немногие из них являются олимпиадными. Мы старались сохранить прежний стиль задач, избегая тривиальных и подбирая только те задачи, которые требуют больше находчивости и изобретательности, чем обычные школьные задачи.

Для решения большинства этих задач достаточно знаний по физике, получаемых в школе, но мы не считали себя связанными программой для средней школы и рассчитывали на школьников, которые, интересуясь физикой, расширяют свой кругозор самостоятельным чтением. Решение таких задач или даже внимательный разбор готовых решений должны помочь школьникам научиться применять свои знания при рассмотрении конкретных вопросов.

Мы надеемся, что настоящая книга будет полезна не только школьникам, но и их учителям, а также студентам вузов и втузов.

Авторы

1. КИНЕМАТИКА

1.1. Два пассажира, имея секундомеры, решили промерить скорость поезда: один по стуку колес на стыках рельсов (зная, что длина рельса 10 м), а другой по числу телеграфных столбов, мелькавших в окне (зная, что расстояние между столбами равно 50 м). Первый пассажир при первом стуке колес пустил в ход свой секундомер и на 156-м стуке его остановил. Оказалось, что прошло 3 мин. Второй пассажир пустил в ход свой секундомер при появлении в окне первого столба и остановил секундомер при появлении 32-го столба. Оказалось, что и его опыт длился 3 мин. Первый пассажир нашел, что скорость поезда равна $31,2\text{ км/час}$, а второй — 32 км/час . Кто из них ошибся и почему? Какова скорость поезда в действительности?

1.2. Переход из порта A в порт B длится ровно 12 суток. Каждый полдень из A в B и из B в A отходит по пароходу. Сколько пароходов встретит в открытом море каждый из этих пароходов?

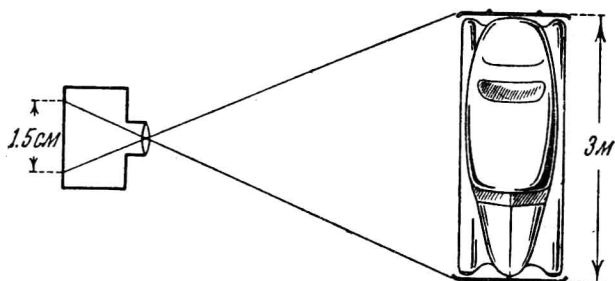


Рис. 1.

1.3. Какую экспозицию нужно делать при фотографировании автомобиля, движущегося со скоростью 36 км/час , чтобы его изображение на негативе (рис. 1) 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 $1,5 \text{ см}$.

1.4. Автомобиль прошел расстояние от A до B со скоростью $v_1 = 40 \text{ км/час}$ и обратно со скоростью $v_2 = 30 \text{ км/час}$. Какова средняя скорость рейса?

1.5. Мальчик бросает мячи один за другим вверх, каждый следующий в тот момент, когда предыдущий находится в наивысшей точке. На какую высоту поднимаются мячи, если он бросает два мяча в секунду?

1.6. Камень, падающий свободно без начальной скорости, пролетел вторую половину пути за 1 сек . С какой высоты он падал?

1.7. Два камня падают в шахту. Второй камень начал свое падение на 1 сек позже первого. Определить движение второго камня относительно первого. Сопротивлением воздуха пренебречь.

1.8. Тело движется по прямой равноускоренно под действием постоянной силы F . Как изменится график скорости этого движения, если сила F начнет уменьшаться?

1.9. Два самолета летят на встречных курсах с одинаковой скоростью 200 м/сек . Из пулемета, расположенного на борту самолета 1 и стреляющего перпендикулярно курсу, обстреливается самолет 2 (рис. 2). На каком расстоянии друг от друга должны расположиться пулевые отверстия

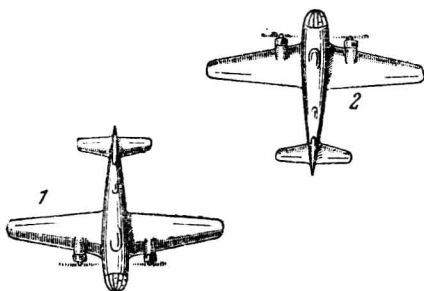


Рис. 2.

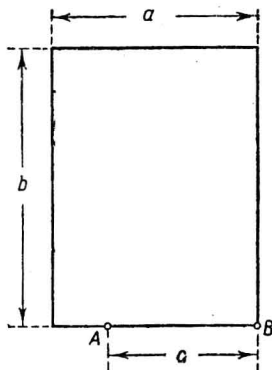


Рис. 3.

в борту самолета 2, если пулемет делает 900 выстрелов в минуту? Какую роль играет при этом сопротивление воздуха?

1.10. Бильярдный шар находится в точке A . Размеры бильярда даны на чертеже (рис. 3). Под каким углом надо направить шар, чтобы попасть в лузу B отражением его от двух бортов? Считать, что при ударе о борт направление движения шара меняется по закону зеркального отражения, т. е. угол падения равен углу отражения.

1.11. Даны три бильярда разной длины, но одинаковой ширины. От длинных бортов бильярдов (рис. 4) одновре-

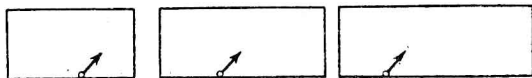


Рис. 4.

менно посылают шары с одинаковой по величине и направлению скоростью. Возможно ли, чтобы эти шары вернулись обратно к тому же борту одновременно?

1.12. Ведро выставлено на дождь. Изменится ли скорость наполнения ведра водой, если подует ветер?

1.13. На движущейся горизонтально и равномерно тележке установлена труба (рис. 5). Под каким углом к горизонту нужно наклонить трубу, чтобы капля дождя, падающая отвесно, упала на дно трубы, не задев ее стенок? Скорость падения капли $v_1 = 60$ м/сек (вследствие сопротивления воздуха эта скорость постоянна). Скорость тележки $v_2 = 20$ м/сек.

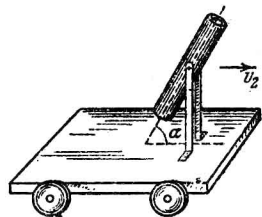


Рис. 5.

1.14. Лодочник для определения скорости течения воды в реке решил произвести такой опыт.

Он опустил в воду деревянный ковш, а сам начал грести вниз по течению. Через 40 мин он достиг пункта A , находящегося на 1 км ниже места отправления, и повернул лодку назад. Поймав ковш, он снова повернул лодку по течению и через 24 мин после этого снова достиг пункта A . Чему была равна скорость течения, если считать, что течение воды в реке и скорость лодки постоянны, а также что на повороты лодки времени не тратилось? Сколько времени возвращался лодочник до встречи с ковшом? Какова скорость лодки относительно воды?

1.15. Почему в кино, когда автомобиль движется вперед, зачастую кажется, что его колеса вертятся назад?

1.16. Если перед фонарем, который освещает падающие одну за другой капли воды, поставить диск с одним или несколькими отверстиями и привести его во вращение, то фонарь будет давать прерывистое освещение капель. Число вспышек будет зависеть от скорости вращения диска и от числа отверстий в нем. Такой способ освещения называется стробоскопическим; он позволяет наблюдать периодические явления, происходящие со столь большой скоростью, что их нельзя наблюдать глазом при обычном освещении. Если подобрать число оборотов стробоскопа так, чтобы за время между двумя вспышками капли успевали пролететь путь, равный расстоянию между соседними каплями, то капли будут казаться неподвижными. Определить нужно для этого число оборотов диска, имеющего

два отверстия, если расстояние между каплями $s = 2$ см, а высота, с которой падают капли, $h = 22,5$ см.

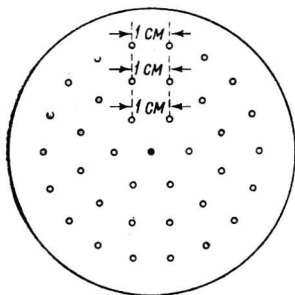


Рис. 6.

1.17. Диск с отверстиями, просверленными по окружностям на расстоянии $s = 1$ см друг от друга (рис. 6), освещен сзади лампой. Диск вращается со скоростью 30 об/мин. На каком расстоянии от центра мы увидим сплошной светящийся круг? Человеческий глаз не ощущает колебаний яркости,

если они происходят чаще, чем 16 раз в секунду.

1.18. По горизонтальной плоскости катится без скольжения с постоянной скоростью v обруч радиуса R . Каковы ускорения различных точек обруча?

1.19. Человек держит один конец доски, а другой ее конец лежит на цилиндре (рис. 7). Доска при этом горизонтальна. Затем человек двигает доску вперед, вследствие чего цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости; отсутствует также скольжение доски по

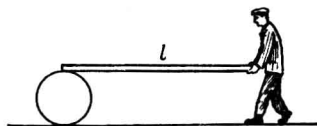


Рис. 7.

цилиндру. Какой путь должен пройти человек, чтобы достичь цилиндра, если длина доски l ?

1.20. На шероховатую горизонтальную плоскость бросают обруч с линейной скоростью v . Одновременно ему сообщается вращательное движение в таком направлении, что он должен катиться по плоскости в ту же сторону (рис. 8). При какой угловой скорости ω обруч покатится по плоскости без скольжения, если радиус обруча R ?

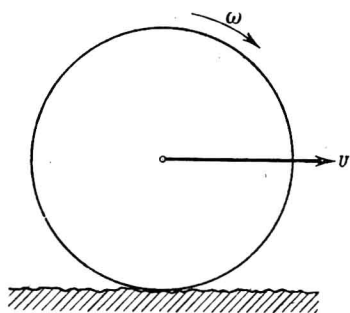


Рис. 8.

1.21. Когда колесо катится, то часто бывает, что нижние спицы видны отчетливо, а верхние спицы как будто сливаются. Почему так?

1.22. С какой скоростью и в какое время суток должен лететь горизонтально самолет на широте Ленинграда (60°), чтобы летчик видел Солнце все время на юге? Радиус Земли равен 6300 км.

1.23. Два человека решили устроить дуэль на револьверах в необычных условиях: они стреляются, стоя на карусели радиуса R , вращающейся с угловой скоростью ω . Первый дуэлянт стоит в центре карусели O , второй — на ее краю.

Как они должны прицеливаться, чтобы поразить один другого? Какой из дуэлянтов находится в более благоприятных условиях? Считать, что пуля первого дуэлянта вылетает из точки O со скоростью v .

1.24. Центр квадрата совпадает с центром окружности, лежащей в той же плоскости; радиус окружности значительно меньше стороны квадрата. Из вершин квадрата одновременно начинают двигаться по сторонам с равными постоянными скоростями собаки, каждая преследуя ближайшую, находящуюся впереди нее (все собаки в начальный момент смотрят в направлении вдоль стороны квадрата по часовой стрелке).

Как расположены точки окружности, к которым прибегают собаки, и как направлены скорости собак в этот момент?

2. ДИНАМИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1. С самолета, летящего горизонтально с постоянной скоростью, сбрасывается бомба. Где будет находиться самолет, когда бомба достигнет земли?

2.2. Ствол ружья и центр мишени, подвешенной на нити, находятся на одной горизонтали (рис. 9). Попадет



Рис. 9.

ли пуля в мишень, если нить обрывается и мишень начинает свободно падать в момент вылета пули из дула? Считать, что сопротивление воздуха отсутствует.

2.3. Когда ружье стреляет дальше, когда оно закреплено в станке или когда оно укреплено на подвеске (рис. 10)?

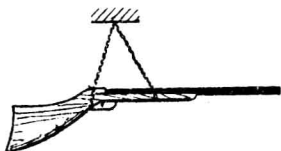


Рис. 10.

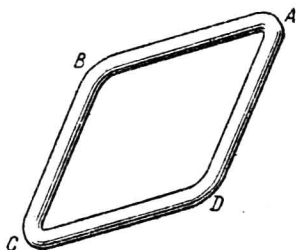


Рис. 11.

2.4. Какие капли дождя падают быстрее — крупные или мелкие? Почему?

2.5. Два шара одинакового радиуса и из одного и того же материала, но один сплошной, а другой полый,

падают в воздухе с одинаковой высоты. Который упадет быстрее?

2.6. Трубка в форме ромба с закругленными углами расположена в вертикальной плоскости, как показано на рис. 11. Один раз шарик скатывается в трубке по сторонам AB и BC , а другой раз по сторонам AD и DC . В каком случае он скатится быстрее? Длина стороны ромба равна a .

2.7. Груз массы m начинает скользить без трения с верхнего конца наклонной грани клина, лежащего на горизонтальной плоскости, причем между клином и плоскостью трение также отсутствует. Масса клина M , угол наклонной грани клина с горизонтом α . Найти ускорение груза и клина относительно плоскости, силу давления груза на клин и клина на плоскость.

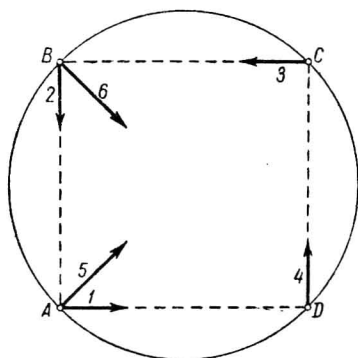


Рис. 12.

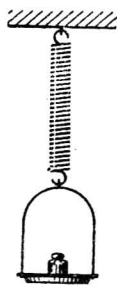


Рис. 13.

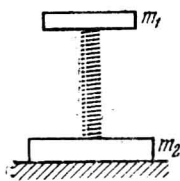


Рис. 14.

2.8. На тонкое кольцо радиуса R в точках A, B, C, D , являющихся вершинами вписанного квадрата (рис. 12), действуют равные силы по направлениям, указанным на рисунке. Кроме того, в точках A и B действуют две равные силы, направленные по диагоналям квадрата. Силы, действующие по направлениям сторон квадрата, равны каждая 1 кГ , а силы, действующие по направлениям диагоналей квадрата, равны каждая $\sqrt{2} \text{ кГ}$. Найти равнодействующую всех сил и точку ее приложения. Как будет двигаться кольцо под действием указанных сил?

2.9. К спиральной пружине, растяжение которой подчиняется закону Гука, прикреплена чашка весов; на чашке стоит гиря (рис. 13). С какой силой надо оттянуть чашку

вниз, чтобы после того как ее отпустят, гиря в какой-то момент перестала давить на чашку?

2.10. Две пластинки с массами m_1 и m_2 соединены пружиной (рис. 14). С какой силой надо надавить на верхнюю пластинку, чтобы после прекращения действия силы верхняя пластинка, подпрыгнув, приподняла и нижнюю? Коэффициент упругости пружины k . Считать, что закон Гука применим все время. Массой пружины пренебречь.

2.11. По наклонной плоскости равномерно спускается велосипедист. Какова по величине и направлению реакция плоскости?

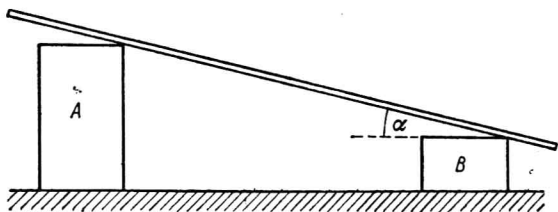


Рис. 15.

2.12. Доска, наклоненная под углом α к горизонту, лежит на двух опорах A и B (рис. 15), по которым она может скользить вниз без трения под действием своего веса Mg . С каким ускорением и куда должен двигаться по этой доске человек с массой m , чтобы доска не скользила?

2.13. Клин с углом при вершине в 90° и углами при основании α и β находится на гладком столе. По его боковым граням одновременно начинают скользить

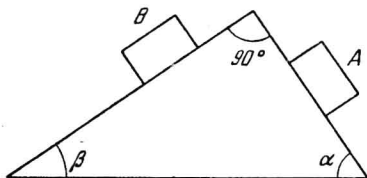


Рис. 16.



Рис. 17.

без трения бруски равной массы (рис. 16). Будет ли при этом клин скользить по столу (трение отсутствует)?

2.14. На дне закрытой пробирки сидит муха. Пробирка свободно падает, оставаясь в вертикальном положении (рис. 17). Как изменится продолжительность падения, если муха во время падения перелетит из нижней части пробирки в верхнюю?

2.15. Птица находится в закрытом ящике, стоящем на одной из чашек весов. Пока птица сидит на дне ящика, весы уравниваются гирями, положенными на другую чашку. Что произойдет с весами, если птица взлетит и будет парить в воздухе внутри ящика?

2.16. Аэростат опускается с постоянной скоростью v . Какое количество балласта надо выбросить из gondолы аэростата, чтобы он поднимался вверх с той же скоростью v ? Сопротивление воздуха пропорционально скорости. Вес и подъемная сила аэростата известны.

2.17. Пуля летит вертикально вверх, достигает высшей точки своего пути и вертикально же падает вниз. В каких местах этой траектории ускорение пули имеет наибольшее и наименьшее значения? Учесть силу сопротивления воздуха, которая растет с увеличением скорости движения пули.

2.18. В массивную трубку вставлена пружина, которая в свободном состоянии занимает всю длину трубки. На пружину положен шарик, который сжимает ее примерно вдвое (рис. 18). Затем трубка начинает в наклонном положении свободно падать. Что произойдет с шариком?

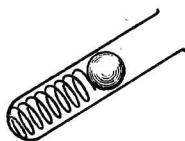


Рис. 18.

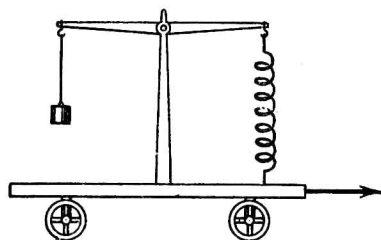


Рис. 19.

2.19. На неподвижной тележке укреплено коромысло весов, на одном конце которого висит груз, а другой конец с помощью пружины соединен с полом тележки (рис. 19). Если тележке с помощью постоянной силы сообщать уско-

рение в горизонтальном направлении, то груз отклонится на некоторый угол в сторону, противоположную ускорению. Изменится ли при этом натяжение пружины?

2.20. В цилиндрической части баллона со сжатым воздухом закреплен поршень. Объем цилиндрической части мал по сравнению с объемом баллона (рис. 20). Если освободить поршень от удерживающих его сил, то поршень выбрасывается из баллона вниз (трение между поршнем и стенками отсутствует). Как изменится время движения поршня в цилиндрической части, если: 1) на поршень положить небольшой шарик? 2) увеличить вес поршня на вес шарика?

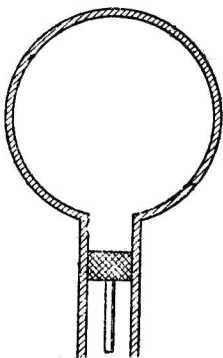


Рис. 20.

2.21. В кинофильме «Смелые люди» герой фильма на ходу поезда, идущего по ровному пути, вскакивает на крепления буферов и отцепляет два последних вагона. В каких случаях это возможно?

2.22. Два груза с массами m_1 и m_2 соединены нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок (рис. 21). Определить ускорение грузов, натяжение нити и давление на ось блока. Массой блока пренебречь.

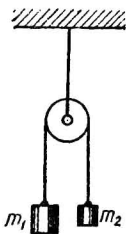


Рис. 21.

2.23. Через середину стержня длиной $2l = 2$ м проходит гори-

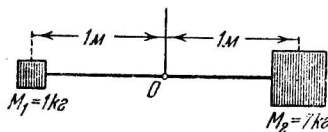


Рис. 22.

зонтальная ось O , вокруг которой он может вращаться. На концах стержня укреплены грузы $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 7$ кг (рис. 22). Стержень приведен в горизонтальное положение и освобожден без толчка. Какое давление будет он оказывать на ось в начальный момент после освобождения? Массой стержня и трением в оси пренебречь.

2.24. На абсолютно гладком столе весомый блок B , на шивающаяся наполовину за край ст. Через невесомый изменится время ее соскальзывания. На абсолютно гладко почки прикрепить две одинаковые массы (рис. 23, б)?

2.25. Через невесомый блок A перекинута нить, к одному концу которой прикреплен груз M_1 , а к другому невесомый блок B , на нити которого висят грузы M_2 и M_3 . Блок A со всеми грузами подвешен к пружинным весам (рис. 24).

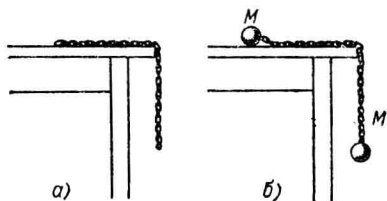


Рис. 23.

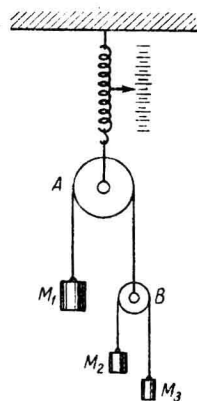


Рис. 24.

Определить ускорение a груза M_1 и показание T пружинных весов, считая, что $M_2 \neq M_3$, $M_1 > M_2 + M_3$.

2.26. Однородная цепочка длиной l и массой m свешивается со стола и удерживается в равновесии силой трения. Найти коэффициент трения покоя, если известно, что наибольшая длина свисающего со стола конца, при которой цепочка еще не начинает скользить, равна l_1 .

2.27. Если локомотив не может сдвинуть тяжелый поезд с места, то машинист применяет следующий прием: он дает задний ход и, толкнув состав немного назад, затем дает передний ход. Объяснить, почему этот прием позволяет сдвинуть состав с места.

2.28. По закону Ньютона изменить состояние движения тела может только внешняя сила, действующая со стороны какого-нибудь другого тела. Какая же внешняя сила останавливает автомобиль или другой подобный самодвижущийся экипаж при торможении?

2.29. Щетка с длинной ручкой лежит горизонтально на вытянутых указательных пальцах широко раздвинутых рук (рис. 25). Что произойдет, если левая рука будет неподвижна, а правую мы будем придвигать к левой, держа