

И.Ш. Слободецкий

**Всесоюзные олимпиады по
физике**

учебник

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 53
ББК 22.3
И11

И11 **И.Ш. Слободецкий**
Всесоюзные олимпиады по физике: учебник / И.Ш. Слободецкий – М.: Книга по Требованию, 2024. – 254 с.

ISBN 978-5-458-33083-1

В этой книге приведены задачи, которые предлагались на первых олимпиадах, проводившихся Московским физико-техническим институтом и Московским государственным университетом им. М.В. Ломоносова, на заключительных турах I и II Всероссийских и I–XIV Всесоюзных олимпиад. Для удобства пользования книгой она снабжена тематическим указателем задач. С его помощью легко отыскать задачи на определенную тему. Правда, надо иметь в виду, что многие из задач являются «комбинированными», т. е. относятся одновременно к нескольким разделам. В книге приведены с подробными решениями задачи, которые предлагались на проводившихся в масштабе всей страны олимпиадах по физике учащихся старших классов средних школ. В конце книги помещен тематический указатель задач. Книга предназначается для учащихся, проявляющих повышенный интерес к изучению физики.

ISBN 978-5-458-33083-1

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2024

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, кляксы, 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.

ЗАДАЧИ

ОЛИМПИАДА МФТИ

(1962 г., Москва)

Вариант 1

1. К концу висящей вертикально пружины, массой которой можно пренебречь, подвешивают груз массой m . Затем к середине уже растянутой пружины подвешивают еще один груз такой же массы. Определить длину растянутой пружины. Жесткость пружины равна k , а ее длина в нерастянутом состоянии l_0 .

2. На концах и в середине невесомого стержня длины l расположены одинаковые шарики. Стержень ставят вертикально и отпускают. Считая, что трение между плоскостью и нижним шариком отсутствует, найти скорость верхнего шарика в момент удара о горизонтальную поверхность. Как изменится ответ, если нижний шарик шарнирно закреплен?

3. Трамвайный провод обвился и лежит на земле. Человек в токопроводящей обуви может подойти к нему лишь маленькими шагами. Делать же большие шаги опасно. Объяснить почему.

Вариант 2

4. Брускок массы M находится на гладком горизонтальном столе, по которому он может дви-

гаться без трения. На бруске стоит куб массой m , упирающийся в небольшой выступ O (рис. 1). При каком максимальном значении модуля силы \vec{F} , приложенной к бруску, не произойдет опрокидывания куба?

5. Математический маятник отклонили на угол 90° от вертикали и отпустили. В тот мо-

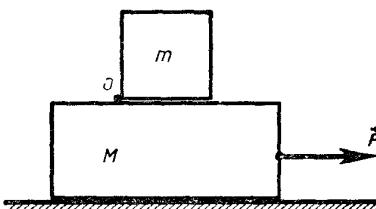


Рис. 1

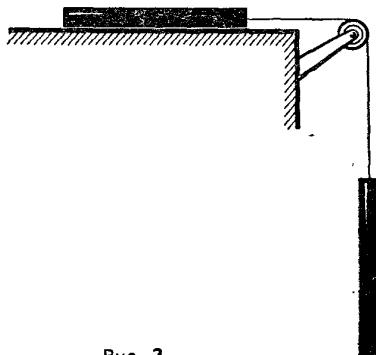


Рис. 2

мент, когда маятник проходил положение равновесия, точка его подвеса стала двигаться вверх с ускорением \vec{a} . На какой максимальный угол отклонится маятник от вертикали?

6. На гладком горизонтальном столе находится металлический стержень длиной l и массой m , который может двигаться по столу без трения. К одному из концов этого стержня при-

креплена непроводящая нить, перекинутая через блок, укрепленный на конце стола (рис. 2). На другом конце нити висит точно такой же стержень. Будучи предоставленной самой себе, система приходит в движение. Найти напряжение (разность потенциалов) между концами каждого из стержней. Трением в оси блока и массой нити пренебречь.

ОЛИМПИАДА МФТИ И МГУ

(1963 г., Москва)

Вариант 1

7. Две гладкие плоскости на-
клонены к горизонту и друг к
другу под углами в 60° . Как
нужно положить куб между эти-
ми плоскостями, чтобы он на-
ходился в равновесии? Трением
между плоскостями и кубом
пренебречь.

8. Найти емкость системы одинаковых конденсаторов, изо-
браженной на рисунке 3. Ем-
кость каждого из конденсаторов
равна C .

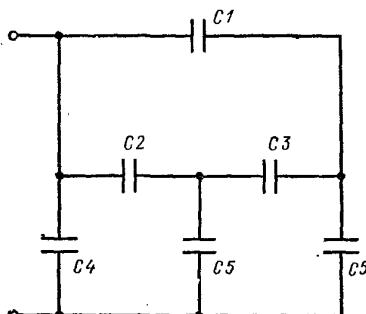


Рис. 3.

9. На горизонтальной пло-
скости лежит брусков массой m_1 ,
и на нем — другой брусков мас-
сой m_2 .

Через систему блоков, изобра-
женную на рисунке 4, переки-
нута нить. К подвижному блоку
подведен груз массой $M =$
 $= m_1 + m_2$.

При каком соотношении между
массами m_1 и m_2 бруски не
будут скользить друг по дру-
гу, если коэффициент трения
между брусками равен μ , а
коэффициент нижнего бруска о

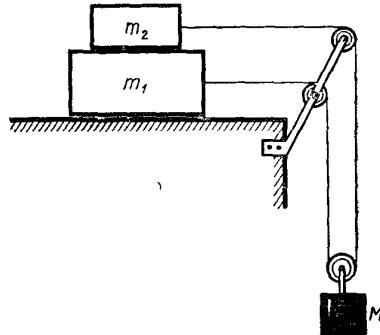


Рис. 4

плоскость равен нулю? Нить считать невесомой и нерастяжимой, массой блоков и трением в них пренебречь.

Вариант 2

10. Две динамо-машины вырабатывают постоянное напряжение: одна — 110 В, другая — 220 В. Какое напряжение покажет вольтметр, присоединенный к «плюсу» одной динамо-машины и «минусу» другой?

11. Два одинаковых кубика находятся на горизонтальной плоскости и прижаты к упорам с помощью пружины (рис. 5). Как будет двигаться система, если убрать один из упоров?

12. Имеется подвеска, состоящая из стержней, соединенных шарнирно (рис. 6). Стержни AD , BC , DE и CH сплошные. Между точками O и M натянута нить. Определить силу T натяжения нити OM , если масса всей системы равна m .

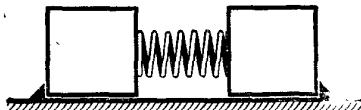


Рис. 5

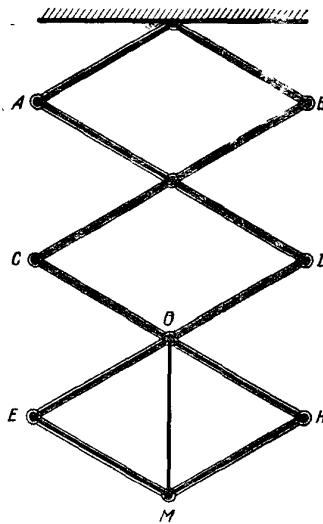


Рис. 6

I ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА

(1965 г., Москва)

13. Цветное стекло растерто в порошок, который кажется совершенно белым. Как узнать, каков был цвет стекла?

14. Четыре одинаковых провода заключены в трубу, идущую с третьего на четвертый этаж здания. Провода выступают из трубы на каждом из этих этажей. Провода пронумерованы на концах, выступающих на третьем этаже. Необходимо проставить эти же номера на концах, выступающих на четвертом этаже. Как, имея в своем распоряжении батарейку,

лампочку, короткий кусок провода и совершив наименьшее число проб, установить, какой номер соответствует каждому из концов на четвертом этаже?

15. Лампочку карманного фонаря, рассчитанную на напряжение 3,5 В и силу тока 0,28 А, соединили последовательно с лампочкой мощностью 110 Вт, рассчитанной на напряжение 220 В. При этом лампочка карманного фонаря перегорела. Почему это произошло?

16. В какую сторону покатится катушка, если потянуть

за нить так, как показано на рисунке 7? Трение между катушкой и полом велико.

17. Почему велосипедист может перемещаться значительно быстрее бегуна, хотя в обоих случаях работа совершается за счет энергии мышц человека?

18. Два капилляра разного диаметра опущены в сосуд (рис. 8). Капилляры соединены трубкой с краном. Что произойдет, если открыть кран?

19. Доказать, что упругий невесомый шарик, брошенный в угол комнаты, вылетит из него по направлению, параллельному тому, по которому он был брошен.

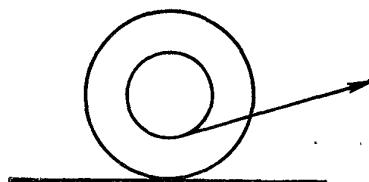


Рис. 7

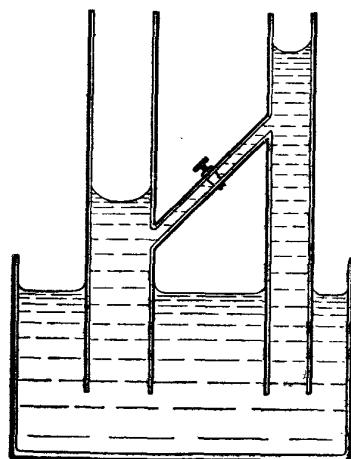


Рис. 8

20. Доказать, что при абсолютном нуле температуры твердое тело должно быть кристаллическим.

21. Почему вратарю футбольной команды было бы трудно выбить далеко в поле деревянный шар или слабо надутый мяч?

22. На наклонной плоскости лежит монета. Как будет двигаться эта монета, если ей сообщить горизонтальный импульс, параллельный нижнему краю наклонной плоскости?

23. Две пересекающиеся плоскости равномерно заряжены отрицательным зарядом. В некоторой точке между плоскостями помещен радиоактивный источник. Начертить примерный вид траекторий движения положительно и отрицательно заряженных частиц, испускаемых источником. Что это за кривые?

24. Два шкива соединены ременной передачей. Ведомый шкив, вращаясь, поднимает груз. При этом совершается некоторая работа. Энергия, необходимая для совершения работы, передается от ведущего шкива к ведомому через ремень в виде потенциальной энергии упругой деформации растянутого ремня. Однако, как видно из рисунка 9, растянутые части ремня, несущие энергию, дви-

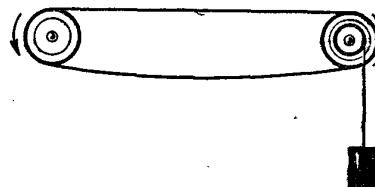


Рис. 9

жутся не от ведущего шкива к ведомому, а наоборот. Как же происходит передача энергии от ведущего шкива к ведомому?

25. Почему с моста лучше видно рыбу, плывущую в реке, чем с низкого берега?

26. Имеются два одинаковых идеальных трансформатора с коэффициентом трансформации (отношением чисел витков) $K = 1/3$. Первичная обмотка од-

ного из них последовательно соединена со вторичной обмоткой второго, а свободные концы этих обмоток включены в сеть переменного тока напряжением $U_0 = 100$ В. Вторичная обмотка первого трансформатора последовательно соединена с первичной обмоткой второго. Определить амплитуду U_m переменного напряжения между свободными концами этих обмоток.

II ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА

(1966 г., Москва)

27. Почему тонкая медная проволока плавится в пламени газовой плиты, в то время как толстый медный стержень даже не раскаляется докрасна?

28. Зачем нужен постоянный магнит в телефонном наушнике? Как нужно изменить схему телефонной линии для того, чтобы можно было обойтись без этого магнита?

29. От чего зависит показание термометра, прикрепленного снаружи к спутнику с его теневой стороны?

30. Объяснить, почему человек может бежать по тонкому льду, на котором не может стоять, не проваливаясь?

31. По поверхности стола движется с постоянной скоростью черная доска. По доске движется кусок мела, пущенный по ней так, что в начальный момент скорость мела относительно стола перпендикулярна скорости доски. Какой формы след оставит мел при своем движении?

32. Два спутника движутся по одной круговой орбите на некотором расстоянии друг от друга. На «догоняющем» спут-

нике на короткое время включают двигатель, сообщающий спутнику дополнительный импульс по касательной к траектории. Встретятся ли спутники после этого?

33. На улице целый день моросит холодный осенний дождь. В кухне развесили много выстиранного белья. Быстрее ли высохнет белье, если открыть форточку?

34. Какую из палок легче удерживать вертикально в равновесии на пальце (рис. 10): короткую или длинную?



Рис. 10

35. Почему на велосипеде можно ехать, не держась за руль?

36. Для чего к воздушному змею приделывают хвост?

37. Оценить время упругого соударения между двумя одинаковыми металлическими кубиками, сталкивающимися своими боковыми гранями.

38. Как изменится освещенность изображения планеты, рассматриваемой в телескоп, объектив которого имеет диаметр $D = 80$ мм и фокусное расстояние $F = 800$ мм, при замене окуляра с фокусным расстоянием $F_1 = 50$ мм на окуляр с фокусным расстоянием $F_2 = 100$ мм или на окуляр с фокусным расстоянием $F_3 = 25$ мм? Диаметр зрачка глаза принять равным $\alpha_0 = 5$ мм.

39. Имеется динамо-машина с независимым возбуждением, на якоре которой имеются две совершенно одинаковых обмот-

ки с сопротивлением R . Каждая из обмоток соединена с одним из двух одинаковых коллекторов. Одну из обмоток подключили к источнику с напряжением U . Другую обмотку замкнули на резистор с сопротивлением r . Как зависит угловая скорость вращения якоря и сила тока в каждой из обмоток от значения сопротивления r ?

40. Закрытый сосуд заполнен водой при температуре 27°C . Чему стало бы равным давление внутри сосуда, если бы взаимодействие между молекулами воды внезапно исчезло?

41. Точка подвеса математического маятника длины L совершает горизонтальные колебания; при этом ее координата x меняется со временем t по закону $x = a \cos \omega t$. Считая колебания малыми, найти амплитуду и фазу вынужденных колебаний маятника.

I ВСЕСОЮЗНАЯ ОЛИМПИАДА

(1967 г., Москва)

42. (8 кл.) В цилиндрический стакан наливают воду. При каком уровне воды центр тяжести стакана с водой занимает нижнее положение?

43. (8 кл.) Как определить направление вращения двигателя электрической кофемолки, если корпус кофемолки непрозрачен?

44. (8 кл.) Закрытый непрозрачный ящик содержит внутри электрическую цепь, состоящую лишь из резисторов. От трех точек этой цепи имеются выводы 1, 2 и 3 снаружи ящика. Омметр, присоединенный к вы-

водам 1 и 2, показывает 3 Ом, присоединенный к выводам 2 и 3 — 5 Ом, к выводам — 1 и 3 — 6 Ом. Нарисовать, какие цепи с наименьшим возможным числом резисторов могут находиться внутри ящика.

45. (8 кл.) Для каждой из трех схем включения реостата R (рис. 11) нарисовать графики зависимости общего сопротивления R_0 цепи от сопротивления r левой (по рисунку) части реостата (до движка).

46. (9 кл.) Цепочка из одинаковых коротких пружинок жесткостью k и массой m каж-

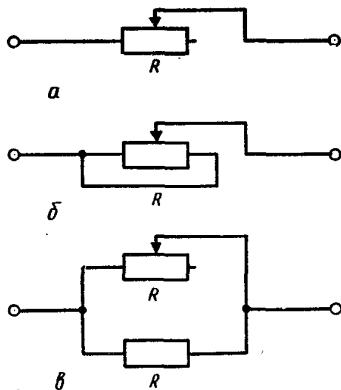


Рис. 11

дая подвешена за один конец. На сколько растягивается эта цепочка? Растижением пружинки за счет действующей на нее силы тяжести пренебречь.

47. (9 кл.) В каком случае пуля, пробивающая две коробки, в одной из которых находится мед, а в другой — вода, пролетит дальше: если она вначале попадает в коробку с медом или если вначале она попадает в коробку с водой?

48. (9 кл.) Две одинаковые гантельки летят навстречу друг другу (рис. 12). Как они будут двигаться после столкновения? Считать, что размеры шариков, укрепленных на концах гантелеек, малы по сравнению с размерами гантелеек. Столкновения шариков абсолютно упруги.

49. (9 кл.) На подставке лежит тело массой m , подвешенное на пружине жесткостью k (рис. 13). В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с ускорением a . Через какое время подставка оторвется от тела? Каким будет максимальное растяжение пружины?

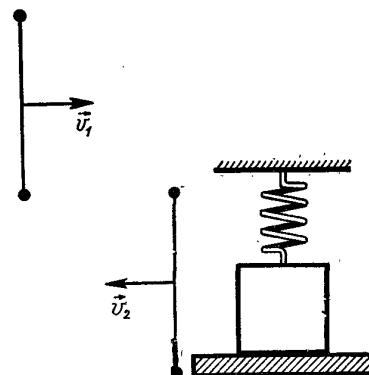


Рис. 12

Рис. 13

50. (9 кл.) График зависимости объема тела от температуры в интервале от 0°C до температуры t_1 представляет собой параболу, переходящую при $t = t_1$ в прямую, не являющуюся касательной к параболе (рис. 14).

Как зависит коэффициент теплового расширения этого тела от температуры при $t < t_1$ и $t > t_1$?

Что можно сказать о коэффициенте расширения рассматриваемого тела при $t = t_1$?

51. (9 кл.) Как зависит теплота испарения жидкости и коэффициент поверхностного натя-

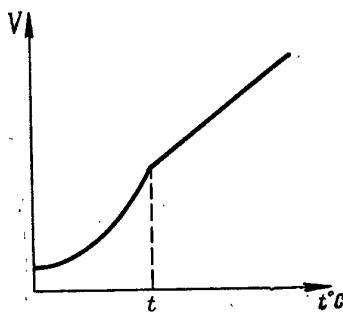


Рис. 14

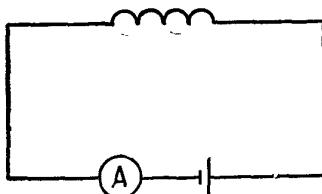


Рис. 15

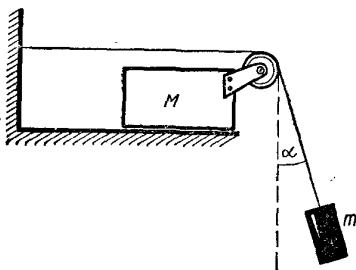


Рис. 16

жения от температуры? Ответ обоснуйте теоретически.

52. (10 кл.) Как будет меняться ток в цепи соленоида (рис. 15), если соленоид быстро распрямить, потянув за концы проволоки?

53. (10 кл.) Доказать, что параллельный пучок световых луч-

чей, который падает на однородный стеклянный шар, не может выйти из этого шара параллельным.

54. (10 кл.) В середине плоского конденсатора, заряженного до напряжения U , находится маленький металлический шарик радиуса r . Какой заряд появится на шарике, если его соединить проводником с одной из пластин? Перераспределением заряда вдоль пластин конденсатора под воздействием шарика пренебречь.

55. (10 кл.) Какую наибольшую разность потенциалов вы смогли бы получить, имея батарейку с ЭДС, равной \mathcal{E} , и два одинаковых конденсатора без утечки?

56. (10 кл.) В механической системе, изображенной на рисунке 16, брусков массой M может скользить по рельсам без трения. В начальный момент подвешенный на нити груз отводят на угол α от вертикали и отпускают. Какова масса m этого груза, если угол, образуемый нитью с вертикалью, не меняется при движении системы?

II ВСЕСОЮЗНАЯ ОЛИМПИАДА

(1968 г., Ереван)

ПЕРВЫЙ ТУР

57. (8 кл.) В вертикально расположенный цилиндрический сосуд, площадь dna которого S , налита жидкость с плотностью ρ . На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если в него опустить тело массой m произвольной формы, имеющее внутри неоднородности и пустоты и иetonущее?

58. (8 кл.) В калориметр налить $m_1 = 0,5$ кг воды при температуре $t_1 = +15^\circ\text{C}$. В воду опускают кусок льда с массой $m_2 = 0,5$ кг, имеющий температуру $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Найти температуру смеси после установления теплового равновесия.

Удельная теплоемкость воды $c_1 \approx 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная теплоемкость льда $c_2 \approx 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, удельная

теплота плавления льда $\lambda \approx 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

59. (8 кл.) На главной оптической оси собирающей линзы находится светящаяся точка на расстоянии $d > 2F$ (где F — фокусное расстояние линзы). Линзу разрезали на две половинки и раздвинули их на некоторое расстояние, как показано на рисунке 17. Как будет выглядеть изображение светящейся точки?

60. (8 кл.) Собрана электрическая цепь по схеме, приведенной на рисунке 18. Вольтметр, включенный параллельно резистору r_1 сопротивлением $r_1 = 0,4$ Ом, показывает $U_1 = 34,8$ В. Напряжение на зажимах источника тока поддерживается постоянным и равным

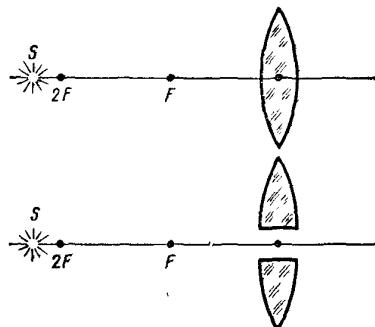


Рис. 17

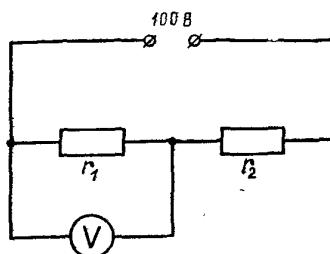


Рис. 18

100 В. Найти отношение силы тока, идущего через вольтметр, к силе тока, идущему по резистору r_2 с сопротивлением $r_2 = 0,6$ Ом.

61. (8 кл.) Почему в марте продолжительность дня меняется быстрее, чем в декабре?

62. (8 кл.) Доказать, что в изотермической атмосфере подъемная сила аэростата с эластичной оболочкой не зависит от высоты подъема аэростата при любом законе изменения давления с высотой.

63. (9 кл.) Человек бежит по бесконечной ленте, надетой на два горизонтальных ролика, трение в осях которых отсутствует (рис. 19).

По закону сохранения импульса центр масс системы «человек — лента» остается неизменным. А так как положение центра масс движущейся ленты не изменяется, то и положение центра массы человека также должно оставаться неизменным относительно Земли.

Однако опыт показывает, что человек может сбежать с ленты. Объясните этот факт.

64. (9 кл.) Какую силу F должен приложить человек массой m , чтобы сдвинуть с места ящик массой M ? Коэффициенты трения о пол человека и ящика одинаковы и равны μ . Считать $M > m$.

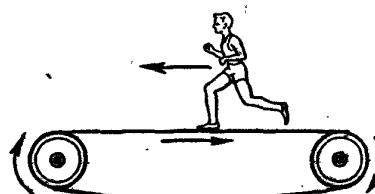


Рис. 19

ВТОРОЙ ТУР

65. (9—10 кл.) Из двух одинаковых кусков стальной проволоки свили две пружины. Диаметр витков одной из них d , другой — $2d$. Первая пружина под действием груза растянулась на $1/10$ своей длины. На какую часть своей длины растянутся под действием того же груза вторая пружина?

66. (9—10 кл.) В большой кастрюле с кипяченой водой плавает маленькая кастрюля с сырой водой. Большую кастрюлю ставят на плиту. При этом вода в маленькой кастрюле закипает раньше, чем в большой. Объясните этот опыт.

67. (10 кл.) Напряженность электрического поля в электромагнитной волне частоты $\omega = 2 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}$, модулированной по амплитуде с частотой $\Omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, меняется со временем по закону $E = a(1 + \cos \Omega t) \cos \omega t$ (где a — постоянная). Определить энергию электронов, выбиваемых этой волной из атомов газообразного водорода с энергией ионизации $W_i = 13,5 \text{ эВ}$. Атом поглощает монохроматический свет порциями (квантами), энергия которых $\hbar \omega$ (где $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ — постоянная Планка).

68. (10 кл.) На расстоянии R от центра незаряженного металлического шара находится точечный заряд q . Определить потенциал шара.

69. (10 кл.) Известно, что искусственный спутник Земли можно запустить так, чтобы он неподвижно висел над одним и тем же географическим пунктом Земли. Можно ли запустить спутник так, чтобы он казался неподвижным относительно звезд?

70. (8 кл.) Как можно определить плотность камня неправильной формы? Определите плотность камня.

Приборы и материалы: динамометр, камень, сосуды с водой.

71. (8 кл.) Как при отсутствии весов определить плотность жидкости, имея мерный цилиндр, масса которого известна?

Приборы и материалы: мерный цилиндр известной массы, исследуемая жидкость, сосуд с водой.

72. (8 кл.) Даны амперметр, вольтметр, источник питания, резистор с неизвестным сопротивлением и соединительные провода. Как измерить сопротивление резистора с наибольшей точностью? Сделайте это.

73. (8 кл.) Сравните теплопроводности двух проволок одинакового размера, состоящих из разных материалов.

Оборудование: два куска проволоки одинакового размера из разных материалов, линейка и свеча.

74. (8 кл.) Рассчитайте и изготовьте из газетной бумаги подъемный шар, наполняемый горячим воздухом (шар может иметь любую форму). Плотность атмосферного воздуха $\rho_0 = 1,3 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность горячего воздуха $\rho_1 = 1,0 \text{ кг}/\text{м}^3$. Каковы должны быть размеры изготавливаемого шара?

75. (9 кл.) На поверхности воды находится в покое лодка. Человек, находящийся в ней, переходит с кормы на нос. Как будет двигаться лодка, если сила сопротивления движению пропорциональна скорости лодки?