

ОБЩАЯ ФИЗИКА

Сборник задач

Для студентов учреждений
высшего образования

ОБЩАЯ ФИЗИКА

Сборник задач

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по физико-математическим специальностям

Под общей редакцией
В.Р. Соболя



Минск
«Вышэйшая школа»
2015

УДК 53(076.1)(075.8)

ББК 22.3я73

О-28

Авторы: В.А. Яковенко, В.Р. Соболев, В.А. Бондарь, И.В. Дедюля,
Ч.М. Федорков, С.В. Яковенко

Рецензенты: кафедра физики УО «Белорусский государственный
технологический университет»; декан физико-математического факуль-
тета УО «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова»
кандидат физико-математических наук, доцент *Л.Е. Старовойтов*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или
любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.*

Общая физика : сборник задач : учеб. пособие /
О-28 В. А. Яковенко [и др.] ; под общ. ред. В. Р. Соболя. —
Минск : Вышэйшая школа, 2015. — 455 с. : ил.
ISBN 978-985-06-1695-1.

Содержатся задачи по всем разделам курса общей физики.
Даются краткие теоретические сведения, основные законы и фор-
мулы. Наиболее трудные задачи снабжены решениями или необ-
ходимыми указаниями.

Для студентов учреждений высшего образования по физико-
математическим специальностям. Будет полезно преподавателям
физики в учреждениях общего среднего и среднего специального
образования.

УДК 53(076.1) (075.8)
ББК 22.3я73

ISBN 978-985-06-1695-1

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Анализ школьной подготовки студентов физико-математических специальностей учреждений высшего образования Республики Беларусь, а также результатов централизованного тестирования свидетельствует о том, что основная причина стабильно низких оценок уровня знаний учащихся по физике в последнее время заключается в недостаточном уровне сформированности у них обобщенного умения решения физических задач.

Одним из главных направлений решения указанной проблемы, на наш взгляд, является формирование осознанного усвоения студентами обобщенных знаний о физической системе, ее состояниях и взаимодействиях, об идеальных моделях физических объектов, явлений и процессов, а также овладение не только конкретными методами решения различных физических задач, но и общими.

Осуществление и внедрение в полном объеме поставленных задач должно позволить:

- достичь высокого уровня сформированности умения осознанно анализировать задачную ситуацию, выявлять главные и второстепенные факторы, что позволит моделировать рассматриваемые явления и процессы;
- добиться гибкого овладения различными способами поиска плана решения с учетом конкретных условий и ограничений как задач, так и самих способов, знания математических формул;
- сформировать умение рационально выполнять математические преобразования, логически анализировать полученные результаты и оценивать их достоверность;
- научить устанавливать причинно-следственные связи между процессами и явлениями по их физическим характеристикам и законам.

Решение вышеназванных проблем полностью зависит от уровня учебно-методической подготовки учителя физики. Работая над созданием данного пособия, авторы стремились к тому, чтобы его содержание и структура были профессионально направленными на будущую специальность студента.

При написании пособия авторы стремились реализовать единый методический подход к формированию обобщенного умения решать физические задачи, основанный на использовании общего алгоритма решения физических систем.

Каждая тема курса физики представлена, как правило, достаточно объемными и конкретными необходимыми теоретическими сведениями, в которых авторы обращают внимание на методические особенности применения в практике решения задач основных понятий, законов и формул.

Содержание, типы, степень сложности и способы решения задач различны. Это позволяет использовать их для групповой и индивидуальной работы со студентами, организации управляемой самостоятельной работы студентов и составления заданий контрольных работ. Большинство задач разработано авторами, часть заимствована из известных пособий, но переработана. Список некоторых наиболее часто применяемых в учебном процессе по физике сборников задач, рекомендуемых авторами, приведен в конце пособия.

Названия и обозначения единиц физических величин, используемых в пособии, соответствуют Международной системе единиц (СИ) и стандарту 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин».

Авторы старались уделить должное внимание графическому представлению различных физических явлений и процессов (в виде рисунков, чертежей, схем), что является одним из важных компонентов методической подготовки будущего учителя физики. Особое внимание этим вопросам уделено в разделах «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика», «Оптика».

В целях развития навыков и культуры решения физических задач многие из них (наиболее характерные и в некотором смысле представляющие определенную сложность для студентов) снабжены подробными решениями. Некоторые ответы содержат отдельные указания, подсказки, рисунки с изображением различных характеристик рассматриваемых явлений. Приступая к вычислениям, следует обращать внимание на то, что числовые значения физических величин всегда являются приближенными. С учетом этого исходные данные и числовые ответы даны с учетом точности соответствующих величин и правил действий над приближенными числами.

При использовании в процессе решения задач табличных данных следует руководствоваться правилом, согласно которому в том случае, если в таблице значение физической величины определено некоторым интервалом (например, плотность вещества, модуль Юнга, диэлектрическая проницаемость и др.), то необходимо пользоваться средним значением этой величины.

Пособие подготовлено в соответствии с Образовательным Стандартом Республики Беларусь (ОСВО 1-0205-2013) по специальностям 1-0205-02 Физика и информатика и 1-0205-04 Физика и техническое творчество и новой учебной программой курса «Общая физика». Оно может также использоваться в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования с расширенной программой по физике.

При подготовке пособия авторы опирались на многолетний опыт по созданию на кафедре общей физики Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка различных учебно-методических пособий, в том числе и сборников задач.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам рукописи — коллективу кафедры физики Белорусского государственного технологического университета (особо доктору физико-математических наук, профессору И.И. Наркевичу) и декану физико-математического факультета Могилевского государственного университета имени А.А. Кулешова кандидату физико-математических наук, доценту Л.Е. Старовойтову — за ценные советы и замечания, способствовавшие улучшению содержания пособия.

Авторы признательны также сотруднице физического факультета Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка О.А. Бордович за большую работу по подготовке рукописи к изданию.

Данное учебное пособие авторы посвящают столетию (1914—2014) Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка.

Все отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

Авторы

I. МЕХАНИКА

1. Кинематика материальной точки

При движении материальной точки в пространстве *радиус-вектор*, проведенный из начала координат к этой точке, и ее декартовы координаты являются функциями времени:

$$\vec{r} = \vec{r}(t); \quad x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t),$$

где $\vec{r} = \vec{i}x(t) + \vec{j}y(t) + \vec{k}z(t)$; $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы осей *прямоугольной системы координат*.

Перемещение точки $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ также является функцией времени.

Средней скоростью движения материальной точки за время Δt называют отношение вектора перемещения $\Delta\vec{r}$ к интервалу времени, за который произошло это перемещение:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}.$$

Мгновенная скорость

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Вектор мгновенной скорости, как и вектор $d\vec{r}$, направлен в рассматриваемой точке пространства по касательной к траектории движения.

Модуль скорости

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \frac{ds}{dt},$$

где ds – элементарный путь, пройденный точкой за интервал времени dt .

Закон сложения скоростей в классической механике:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_s,$$

где \vec{v} – скорость материальной точки относительно условно неподвижной системы отсчета, называемая *абсолютной*; \vec{v}' – скорость относительно подвижной системы отсчета, называемая *относительной*; \vec{v}_s – скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной, называемая *переносной*.

Среднее ускорение

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t},$$

где $\Delta \vec{v}$ – изменение скорости за интервал времени Δt .

Мгновенное ускорение

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Модуль ускорения

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2}.$$

В случае криволинейного движения вектор полного ускорения \vec{a} можно представить в виде суммы векторов *тангенциального* \vec{a}_τ (или *касательного*) и *нормального* \vec{a}_n (или *центростремительного*) ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n.$$

Вектор \vec{a} направлен под углом к вектору скорости в каждой точке траектории. Этот угол острый ($\alpha < \pi/2$), если модуль скорости возрастает (рис. 1.1, а), тупой ($\alpha > \pi/2$), если модуль уменьшается (рис. 1.1, б), и равен $\pi/2$ при неизменном модуле скорости.

Нормальное ускорение характеризует изменение направления вектора скорости, а тангенциальное – изменение ее модуля.

Модуль полного ускорения

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{r}\right)^2},$$

где r – радиус кривизны траектории.

При прямолинейном движении может изменяться только модуль скорости. В этом случае $\vec{a} = \vec{a}_\tau$ ($a_n = 0$). При движении по окружности радиусом r с постоянной по модулю скоростью

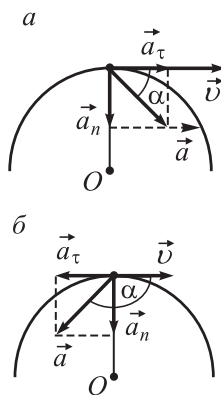


Рис. 1.1

касательное ускорение $a_{\tau} = 0$, а нормальное ускорение $a_n = v^2/r = \text{const}$ и направлено по радиусу.

Кинематический закон прямолинейного равномерного движения ($\vec{a} = 0, \vec{v} = \text{const}$) материальной точки в векторной форме:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t.$$

При прямолинейном движении с постоянным ускорением ($\vec{a} = \text{const}$) соответствующий закон движения имеет вид

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

Если декартова система координат выбрана так, что ось OX направлена вдоль движения, то $y = y_0, z = z_0$. В этом случае кинематические законы прямолинейного движения, соответствующие предыдущим случаям, в проекциях на оси координат (например, на ось OX) имеют следующий вид:

$$x = x_0 + v_x t, \quad x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Для тела, брошенного со скоростью \vec{v}_0 под углом к горизонту, без учета сопротивления воздуха (при условии, что ось OY направлена по вертикали, а ось OX — по горизонтали и тело движется в плоскости XOY) получим:

$$\begin{cases} y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}, \\ v_y = v_{0y} + gt, \end{cases} \quad \begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t, \\ v_x(t) = v_{0x} = \text{const}. \end{cases}$$

Траектория движения в данном случае имеет вид *параболы*. Параболой является также траектория тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты.

Мгновенная угловая скорость характеризует вращение материальной точки в данный момент времени и равна пределу отношения или производной угла поворота по времени:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{d\phi}{dt}.$$

В случае равномерного вращения связь угловой скорости ω с *периодом* T и *частотой вращения* ν следующая:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Угловая скорость является векторной величиной.

Введем вектор бесконечно малого угла $d\varphi$, который по модулю равен углу поворота $d\varphi$ радиуса-вектора и направлен вдоль единичного вектора нормали \vec{n} к плоскости вращения таким образом, что если смотреть вслед вектору \vec{n} , то поворот будет происходить по ходу часовой стрелки (рис. 1.2):

$$\overline{d\varphi} = \vec{n} d\varphi,$$

где $|\vec{n}| = 1$. Тогда вектор угловой скорости

$$\vec{\omega} = \vec{n} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{\overline{d\varphi}}{dt},$$

а его направление совпадает с нормалью к плоскости вращения.

Связь между векторами линейной \vec{v} и угловой $\vec{\omega}$ скоростей определяется векторным произведением

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}],$$

где \vec{r} — радиус-вектор точки, в которой определяется \vec{v} .

Если смотреть вслед вектору \vec{v} , то кратчайший поворот от $\vec{\omega}$ к \vec{r} должен происходить по ходу часовой стрелки (рис. 1.3).

Мгновенное угловое ускорение характеризует изменение угловой скорости в данный момент времени:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2 \overline{\varphi}}{dt^2}.$$

Векторы угловых величин $\overline{d\varphi}$, $\vec{\omega}$, $\vec{\varepsilon}$, ... являются аксиальными. Это означает, что они всегда направлены вдоль оси вращения (перпендикулярно к плоскости вращения).

Связь между векторами тангенциального \vec{a}_τ и углового $\vec{\varepsilon}$ ускорений произвольной точки вращающегося тела определяется векторным произведением (рис. 1.4)

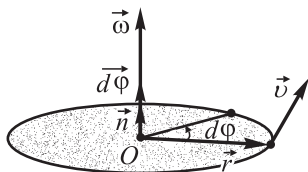


Рис. 1.2

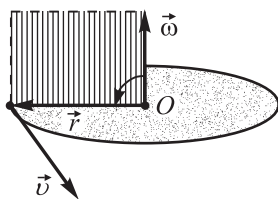


Рис. 1.3

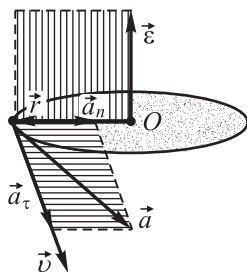


Рис. 1.4

$$\vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon}, \vec{r}],$$

где \vec{r} – радиус-вектор, проведенный из центра вращения в данную точку.

Вектор нормального ускорения

$$\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{r}.$$

Вектор полного ускорения точки

$$\vec{a} = [\vec{\varepsilon}, \vec{r}] - \omega^2 \vec{r}.$$

Зависимости модуля угловой скорости и угла поворота от времени при движении материальной точки по окружности с постоянным угловым ускорением имеют следующий вид:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t, \quad \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

где ω_0 , φ_0 – соответственно модуль угловой скорости и угол поворота в момент времени $t = 0$.

Исключив из последних двух формул время, получим еще одно уравнение, которое часто применяется при решении задач:

$$\omega^2 + \omega_0^2 = 2\varepsilon\varphi.$$

Прямолинейное движение

1.1. Может ли человек, находясь на движущемся эскалаторе, быть в покое в системе отсчета, связанной с Землей?

1.2. Определите путь, пройденный материальной точкой за первые 3,0 с прямолинейного движения, если перемещение этой точки описывается уравнением $\Delta\vec{r} = 2t^2\vec{i} + 3t^2\vec{j} + 6t\vec{k}$ *

1.3. Один автомобиль первую половину расстояния между двумя пунктами двигался со скоростью $v_1 = 20$ м/с, а вторую половину – со скоростью $v_2 = 12$ м/с. Второй автомобиль, преодолевая это расстояние, половину времени двигался со скоростью $v_1 = 20$ м/с, а половину времени – со скоростью $v_2 = 12$ м/с. Чему равна средняя скорость каждого автомобиля?

1.4. Средняя скорость автомобиля на первой половине пути была в 2 раза меньше, чем на второй. Определите эти скорости,

*Здесь и далее в уравнениях движения все величины выражены в единицах СИ.

если известно, что средняя скорость автомобиля на всем пути составляла 60 км/ч.

1.5. Определите скорость течения воды в реке, если катер движется против течения со скоростью $v_1 = 4$ м/с относительно берега, а при движении в обратном направлении (при той же мощности двигателя) скорость его равна $v_2 = 8$ м/с. Чему равна скорость катера относительно воды в реке?

1.6. Какое минимальное время потребуется лодочнику, чтобы переправиться через реку шириной 200 м в пункт, находящийся на кратчайшем расстоянии от исходного, если скорость лодки относительно воды 2,0 м/с, а скорость течения реки 1,5 м/с? Считать, что скорость течения реки не зависит от расстояния до берега.

1.7. Переправляясь через реку шириной $b = 80$ м, лодочник постоянно держит курс против течения под углом 60° к берегу реки и достигает противоположный берег через интервал времени $t = 1,0$ мин на расстоянии $l = 10$ м ниже по течению относительно начального положения. Определите скорость течения воды в реке, считая ее одинаковой по всей ширине, и скорость лодки относительно воды.

1.8. Лодочник должен переплыть реку шириной l . Под каким углом α к течению он должен направлять лодку, чтобы переправиться на противоположный берег в кратчайшее время? Какой путь s он в этом случае проплывет, если скорость лодки относительно воды v_1 , а скорость течения реки v_2 ?

1.9. По двум взаимно перпендикулярным дорогам по направлению к перекрестку движутся два автомобиля с постоянными скоростями $v_1 = 70$ км/ч и $v_2 = 90$ км/ч. Перед началом движения первый автомобиль находился на расстоянии $s_1 = 20$ км от перекрестка, а второй – на расстоянии $s_2 = 10$ км. Через какой интервал времени после начала движения расстояние между автомобилями будет минимальным?

1.10. Легковой автомобиль движется со скоростью $v_1 = 80$ км/ч за грузовым, скорость которого $v_2 = 60$ км/ч. Навстречу им движется автобус со скоростью $v = 90$ км/ч. При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начинать обгон, если в начале обгона легковой автомобиль был на расстоянии $l_1 = 15$ м от грузового, а к концу обгона он должен быть впереди грузового на расстоянии $l_2 = 25$ м?

1.11. Мимо диспетчерского пункта легковой автомобиль проехал после грузовика спустя время $t = 10$ мин. Определите, на каком расстоянии l от этого пункта легковой автомобиль

догонит грузовик, если оба они движутся в одном направлении с постоянными скоростями $v_1 = 70$ км/ч и $v_2 = 50$ км/ч.

1.12. Самолет летит из пункта A в пункт B , расположенный на расстоянии 800 км к востоку. Определите продолжительность полета, если: а) ветра нет; б) ветер дует с юга на север; в) ветер дует с запада на восток. Скорость самолета относительно воздуха $v' = 720$ км/ч, скорость ветра $v_0 = 20$ м/с.

1.13. Определите среднюю относительно воздуха скорость v' самолета, пролетевшего расстояние $s = 600$ км точно с юга на север за $t = 1,5$ ч, если во время полета дует юго-восточный ветер под углом $\alpha = 30^\circ$ к меридиану со скоростью $v_0 = 18$ м/с. В каком направлении пилот должен держать курс самолета?

1.14. Лодочник должен переправиться через реку из пункта A в пункт B (рис. 1.5). За какое минимальное время он может

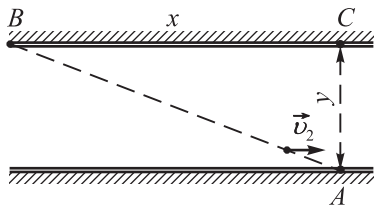


Рис. 1.5

это сделать, если пункт B находится выше по течению реки относительно пункта A на расстоянии $x = 400$ м, а ширина реки $y = 150$ м? Скорость лодки относительно воды $v_1 = 1,5$ м/с, а скорость течения воды $v_2 = 0,50$ м/с и не зависит от расстояния до берега.

1.15. Автобус движется по прямолинейному участку шоссе со скоростью $v_1 = 60$ км/ч. Человек находится на расстоянии $AC = 50$ м от шоссе и $AB = 550$ м от автобуса (рис. 1.6). В каком направлении должен бежать человек, чтобы достичь некоторой точки шоссе одновременно с автобусом, если он может

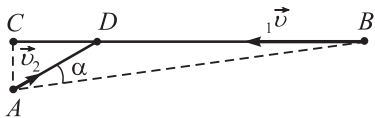


Рис. 1.6

бежать со скоростью $v_2 = 12$ км/ч? Через какой интервал времени это произойдет?

1.16. Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира в течение времени $t_1 = 30$ с. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за время $t_2 = 120$ с. Сколько времени будет подниматься пассажир при той же скорости относительно ступенек по движущемуся эскалатору?

1.17. Под фонарем, висящем на высоте H над землей, проходит человек с постоянной по модулю и направлению скоро-

стью v . Определите скорость перемещения по земле края тени от головы человека, если его высота h .

1.18. На рис. 1.7 изображены графики зависимости скорости движения двух тел от времени. На основании графиков запишите формулу скорости для каждого тела. Принимая, что оба тела движутся вдоль оси Ox и их начальные координаты равны нулю, начертите графики зависимости координат тел от времени.

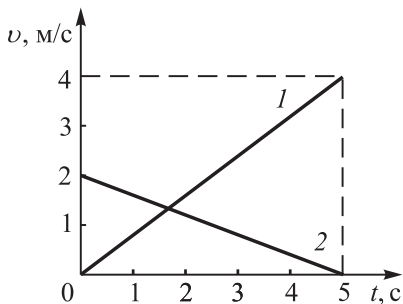


Рис. 1.7

1.19. Изменение координат материальной точки со временем задано уравнениями $x = 3t^2 + 2$, $y = 2t^2 - 2$, $z = 0$. Определите траекторию движения точки. Какой путь пройдет материальная точка за время $t = 2,0$ с от начала движения?

1.20. Движение материальной точки задано уравнениями $x = 2t^2 + 3t + 4$, $y = 3t^2 + 4t - 2$, $z = 0$. Определите модули скорости точки в моменты времени $t_1 = 1,5$ с и $t_2 = 3,0$ с, а также среднюю скорость за этот интервал времени.

1.21. Определите модуль скорости частицы в момент времени $t = 3,0$ с, если в начальный момент времени $t_0 = 0$ ее скорость была $\vec{v}_0 = 4\vec{i} + 2\vec{j} - 1\vec{k}$, а ускорение задано уравнением $\vec{a} = 3t\vec{i} + 2t\vec{j} + 2t\vec{k}$.

1.22. Материальная точка, движущаяся равнозамедленно, за пятую секунду движения проходит путь 1 м и останавливается. Какой путь проходит точка за третью секунду этого движения?

1.23. Докажите, что скорость переменного движения с постоянным ускорением в середине произвольного интервала времени равна полусумме его скоростей в начале и в конце этого интервала.

1.24. Конькобежец проходит путь $s = 450$ м с постоянной скоростью v , а затем тормозит до остановки с ускорением, модуль которого $a = 0,50$ м/с². При некотором значении v общее время движения конькобежца оказывается минимальным. Чему равна скорость конькобежца?

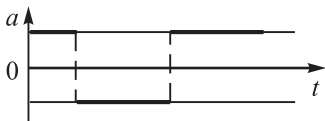


Рис. 1.8

1.25. На рис. 1.8 приведен график ускорения материальной точ-

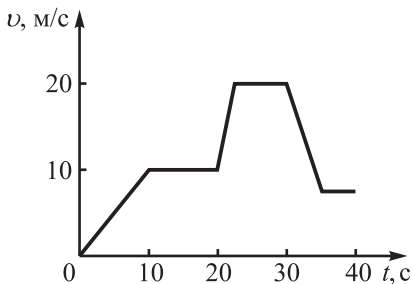


Рис. 1.9

ки как функции времени. Постройте графики зависимости скорости, перемещения и пройденного пути от времени, считая, что движение начинается из состояния покоя.

1.26. На рис. 1.9 приведен график зависимости скорости движения точки от времени. Определите по графику среднюю скорость и среднее ускорение точки за 20 и 40 с.

1.27. Зависимость ускорения кабины пассажирского лифта от времени показана на рис. 1.10. Постройте график зависимости вертикальной проекции скорости кабины от времени. Определите перемещение кабины и пройденный ею путь при условии, что начальная скорость кабины равна нулю.

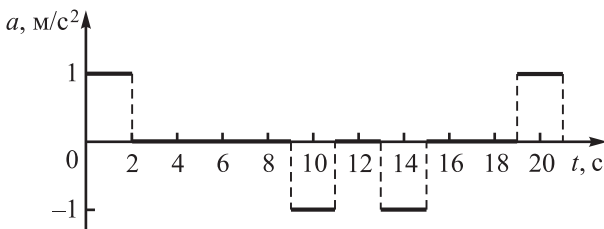


Рис. 1.10

1.28. Расстояние между двумя станциями, равное 18 км, поезд проходит со средней скоростью 54 км/ч, причем на разгон он затрачивает 4,0 мин, затем движется равномерно и на замедление до полной остановки затрачивает 2,0 мин. Определите наибольшую скорость движения поезда. Постройте график зависимости скорости поезда от времени.

1.29. Камень падает с аэростата, находящегося на высоте 300 м. Через какое время камень достигнет земли, если: а) аэростат спускается с постоянной скоростью 4,0 м/с; б) поднимается с такой же скоростью; в) неподвижен? Сопротивление воздуха не учитывать.

1.30. Два груза начинают одновременно двигаться из точки, лежащей на верхнем конце вертикального диаметра AB , по направляющим, установленным вдоль разных хорд AC и AD окруж-

ности (рис. 1.11). Определите время достижения грузами окружности круга. Трением пренебречь.

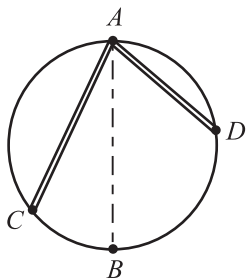


Рис. 1.11

1.31. Чему равно расстояние между двумя железнодорожными станциями, если два поезда прошли его за одинаковое время? При этом один поезд прошел весь путь равноускоренно без начальной скорости с ускорением $a = 0,60 \text{ см/с}^2$, а другой поезд половину пути прошел со скоростью $v_1 = 54 \text{ км/ч}$, а вторую половину — со скоростью $v_2 = 36 \text{ км/ч}$.

1.32. Свободно падающее тело за последнюю секунду падения прошло $1/3$ часть всего пути. Определите время падения и высоту, с которой упало тело.

1.33. С некоторой высоты свободно падает тело. Через интервал времени $t_1 = 2 \text{ с}$ с той же высоты падает второе тело. Через сколько секунд удвоится расстояние, разделяющее тела до начала падения второго из них?

1.34. Тело бросили вертикально вверх со скоростью $v_0 = 12 \text{ м/с}$. На высоте h тело оказалось дважды с интервалом во времени $t = 2,0 \text{ с}$. Определите эту высоту.

1.35. Из одной точки брошены вертикально вверх друг за другом два шарика с одинаковой начальной скоростью. Второй шарик брошен в момент достижения первым максимальной высоты $H = 20 \text{ м}$. На какой высоте они встретятся?

1.36. Тело, брошенное вертикально вверх, через интервал времени Δt дважды оказывается в точке, находящейся на высоте h . Определите начальную скорость v_0 и время t от начала движения тела до возврата в первоначальное положение.

1.37. Парашютист, движущийся вблизи поверхности Земли с постоянной вертикальной скоростью $v = 4,0 \text{ м/с}$, на высоте $h = 12 \text{ м}$ роняет металлический шарик. Определите время между моментами приземления шарика и парашютиста.

1.38. Определите среднюю скорость падения тела на последней трети его пути, если оно падает без начальной скорости с высоты $H = 60 \text{ м}$.

1.39. Тело, брошенное вертикально вверх, падает на землю. Изобразите в общем виде зависимости следующих кинематических характеристик, описывающих движение этого тела: а) скорости от времени; б) ускорения от времени; в) перемещения от времени; г) пути от времени.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
I. МЕХАНИКА	6
1. Кинематика материальной точки	6
2. Основное уравнение динамики материальной точки и системы материальных точек	20
3. Работа, энергия, мощность. Законы сохранения импульса, энергии	30
4. Механика твердого тела	42
5. Всемирное тяготение. Космические скорости	54
6. Движение в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции ..	58
7. Механика жидкостей и газов	69
8. Упругие деформации твердого тела	78
9. Механические колебания и волны	83
II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	97
10. Основы молекулярно-кинетической теории газов	97
11. Явления переноса в газах	108
12. Первое начало термодинамики	113
13. Второе начало термодинамики	123
14. Реальные газы и жидкости	131
15. Тепловые свойства твердых тел. Фазовые переходы	139
III. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ	143
16. Электростатика	143
17. Постоянный электрический ток	169
18. Электрический ток в различных средах	185
19. Магнитное поле. Действие магнитного поля на проводник с током и на движущийся заряд	195
20. Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля	205
21. Магнитные свойства вещества	212
22. Переменный ток	215
23. Электромагнитные колебания и волны	220
IV. ОПТИКА	226
24. Отражение и преломление света на плоской границе раздела двух сред	226

25. Отражение и преломление света на сферической поверхности. Сферические зеркала	234
26. Преломление света в линзах. Оптические системы	244
27. Фотометрия. Основные фотометрические величины и их единицы	261
28. Интерференция света	266
29. Дифракция света	277
30. Поляризация света	282
31. Дисперсия и поглощение света. Рассеяние света	287
32. Оптика движущихся источников	291
V. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	294
33. Квантовые свойства излучения	294
34. Основы квантовой механики	302
35. Физика атомов и молекул	307
36. Основы физики твердого тела	316
37. Физика атомного ядра	322
Ответы и указания к решениям	330
Приложения	433
1. Фундаментальные физические постоянные	433
2. Международная система единиц (СИ)	434
3. Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования	434
4. Некоторые особенности применения стандарта «Метрология. Единицы физических величин»	436
5. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц	438
6. Латинский алфавит	438
7. Греческий алфавит	439
8. Некоторые математические формулы и соотношения, часто применяемые при решении задач	439
9. Некоторые характеристики Солнца, Земли и Луны	441
10. Плотность ρ некоторых веществ	441
11. Упругие свойства некоторых твердых тел (при температуре 293 К)	443
12. Скорость звука в твердых телах (при температуре 293 К)	443
13. Физические свойства газов при нормальном давлении и температуре 293 К	444

14. Физические свойства жидкостей (при температуре 293 К) . . .	445
15. Тепловые свойства твердых тел (при температуре 293 К)	445
16. Давление p и плотность ρ насыщенного водяного пара при различных температурах t	446
17. Диэлектрическая проницаемость ϵ веществ (при температуре 293 К)	446
18. Удельное электрическое сопротивление ρ металлов и сплавов (при температуре 273 К)	447
19. Электрохимический эквивалент k	447
20. Показатель преломления n некоторых веществ для длины волны 589 нм	448
21. Показатель преломления n воды при различной температуре t	448
22. Рассеянное отражение света различными поверхностями . .	448
23. Сила света электрических ламп накаливания	449
24. Интервалы длин волн и частот и соответствующие им цвета видимой части спектра	449
25. Работа A выхода электрона из металла	449
26. Период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивных изотопов	450
27. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева	451
 Рекомендуемая литература	 452

Учебное издание

Яковенко Владимир Андреевич
Соболь Валерий Романович
Бондарь Василий Александрович и др.

ОБЩАЯ ФИЗИКА

Сборник задач

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Малышева*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *О.И. Голденкова*
Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 20.10.2015. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура «NewtonС». Офсетная печать. Усл. печ. л. 23,94.
Уч.-изд. л. 28,1. Тираж 400 экз. Заказ 396.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.

Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Полиграфкомбинат им. Я.Коласа».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №2/3 от 04.10.2013.

Ул. Корженевского, 20, 220024, Минск.