

Балаш В.А.

**Задачи по физике и методы
их решения**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-053.2
ББК 74.27
Б20

Балаш В.А.
Б20 Задачи по физике и методы их решения / Балаш В.А. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 434 с.

ISBN 978-5-458-25412-0

Настоящая книга представляет собой пособие по решению задач повышенной трудности по курсу элементарной физики. Создавая пособие, автор стремился разработать единые методы решения задач по курсу элементарной физики, показать, как нужно использовать эти методы при решении конкретных задач. Построение книги не является стандартным для задачника. В начале каждой главы даны краткие теоретические сведения, позволяющие вспомнить основные понятия и законы курса физики, приведены формулы, которые используются при решении задач. Далее следуют методические указания по решению задач и примеры их решения. Каждая глава заканчивается задачами для самостоятельного решения. Большинство задач, приведенных в пособии, предлагалось на физических олимпиадах и вступительных экзаменах по физике в ведущих вузах страны. Многие задачи составлены автором. В конце книги помещены ответы к задачам, а также решения некоторых задач.

ISBN 978-5-458-25412-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

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

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

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

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



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

или несколько уравнений, в которых неизвестным служит искомая величина, и физическая задача почти полностью приводится к математической. Дальнейшее решение состоит в том, чтобы из системы уравнений путем алгебраических выкладок найти эту величину, выразив ее через исходные данные задачи.

Получив расчетную формулу, необходимо проанализировать ее: выяснить, как меняется искомая величина при изменении других величин, функцией которых она является. Такой анализ стимулирует физическое мышление, расширяет представление о рассматриваемом явлении, выявляет характерные особенности установленной зависимости. После этого можно подставлять в расчетную формулу числа и делать окончательный расчет.

3. а) При анализе задач и составлении уравнений, описывающих физические процессы и явления, нужно хорошо знать, какие из величин, входящих в формулы физики, являются скалярными, какие — векторными.

Скалярная величина определяется только числовым значением, векторная характеризуется числовым значением и направлением.

Для полного определения векторных величин необходимо учитывать не только их числовое значение, но и направление. При этом всегда нужно помнить, что число и направление — это две неотъемлемые характеристики любого вектора. Если происходит изменение векторной величины, то это значит, что меняется или ее числовое значение, или направление, или и то и другое вместе. Векторные величины равны только в том случае, если их модули и направления одинаковы.

Действия с векторами существенно отличаются от действий с обычными числами. Для изучения механики в элементарном курсе физики достаточно знать: умножение вектора на скаляр, сложение (разложение), вычитание и скалярное умножение векторов. При умножении векторной величины $\vec{a}$ на скаляр k ее модуль изменяется в k раз, а направление остается неизменным при $k > 0$ и меняется на противоположное при $k < 0$.

Под суммой двух векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$, направленных под углом α друг к другу, подразумевают третий вектор $\vec{c}$, построенный как диагональ параллелограмма, сторонами которого являются слагаемые векторы. Символически эта операция записывается так:

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}.$$

Векторные равенства во многих случаях не позволяют определить значения входящих в них физических величин. Чтобы найти модуль и направление одной из этих величин как функцию других, нужно установить связь между модулями векторов, составляющих векторное равенство. В случае сложения двух векторов она обычно дается теоремой косинусов:

$$c^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha, \text{ где } 0 \leq \alpha \leq 2\pi.$$

Для нахождения разности двух векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$, направленных под углом друг к другу, необходимо найти такой вектор $\vec{d}$, который в сумме с вектором $\vec{b}$ дал бы вектор $\vec{a}$. Геометрически вычитание векторов сводится к построению параллелограмма, в котором уменьшаемый вектор служил бы диагональю, а вычитаемый — одной из его сторон. Вектор разности $\vec{d}$ будет второй стороной параллелограмма. Иначе, чтобы найти разность векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$, нужно к вектору $\vec{a}$ прибавить вектор $-\vec{b}$:

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}) = \vec{d}.$$

б) Для упрощения анализа физических процессов и математических выкладок нередко приходится прибегать к разложению векторов скорости, ускорения, силы и т. д. на составляющие по каким-либо двум направлениям, чаще всего взаимно перпендикулярным. Разложение векторов на составляющие есть действие, обратное сложению векторов, поэтому, чтобы разложить вектор $\vec{a}$ по двум заданным направлениям, нужно построить стороны параллелограмма $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$, зная его диагональ и направление сторон ($\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$).

Разложение вектора на составляющие — это чисто математический прием, и тот факт, что любой вектор можно разложить на составляющие по осям, не означает, что каждой из них можно дать такое же физическое толкование, как исходному вектору. Рациональный выбор направлений для составляющих вектора при его разложении обычно не явно диктуется условием задачи, однако в общем случае он может быть произвольным.

Если какая-нибудь физическая величина представляет собой вектор (т. е. определяется числом и направлением), то эту же величину можно полностью охарактеризовать тремя (на плоскости двумя) числами — проекциями данного вектора на оси прямоугольной системы координат. Проекцией вектора на координатную ось называют произведение модуля вектора на косинус угла между вектором и положительным направлением этой оси. Проекция вектора может быть как положительной, так и отрицательной. При нахождении проекций вектора можно сначала найти его составляющие по осям, а затем проекции. Если составляющая совпадает с положительным направлением оси, проекцию берут со знаком «плюс», если же нет, то со знаком «минус».

Пусть $\vec{i}$ и $\vec{j}$ — единичные векторы координатных осей Ox и Oy и вектор $\vec{a}$ лежит в плоскости Oxy , тогда для его составляющих $\vec{a}_x$ и $\vec{a}_y$ и проекций a_x и a_y по этим осям имеем:

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y,$$

$$a_x = a \cos(\vec{a}, \vec{i}); a_y = a \cos(\vec{a}, \vec{j}), a^2 = a_x^2 + a_y^2,$$

причем

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}.$$

4. а) Все задачи, независимо от способа задания исходных величин, следует решать в общем виде в буквенных обозначениях. При такой форме решения остаются ясными следы законов, используемых в процессе решения, а сами выкладки позволяют при необходимости проверить любую часть решения и исключить возможные ошибки. Получив ответ в виде алгебраической формулы или уравнения, его можно проанализировать, установить характер и пределы изменения искомой величины в функции величин, через которые она выражена. Кроме того, и это, пожалуй, главное, указанный способ решения позволяет отработать методику и приемы решения задач по каждому разделу курса.

б) Ознакомившись с условием задачи, никогда не следует заострять внимание на искомой величине и тем более пытаться сразу ее найти. Необходимо помнить, что ближайшая цель решения состоит в том, чтобы свести задачу от физической к математической, записав ее условие при помощи формул.

в) Чтобы хорошо понять условие задачи, необходимо сделать схематический чертеж, поясняющий ее сущность, и на чертеже, хотя бы условно, указать все величины, характеризующие данное явление. Если при этом окажется, что для полного описания процесса надо использовать величины, не фигурирующие в условии задачи, их нужно ввести в решение самим, так как в большинстве случаев без них невозможно найти связь между искомыми и заданными величинами. Следует твердо помнить, что почти во всех случаях чертеж резко упрощает и поиск, и само решение.

г) Сделав чертеж, следует еще раз прочитать условие задачи и отметить, какие из величин, указанных на чертеже, даны и какие требуется найти. Все известные величины — их числовые значения и наименования — выписываются обычно в колонку. (Эту запись можно делать и после составления уравнений.)

д) Далее, с помощью физических законов и формул необходимо установить математическую связь между всеми величинами, введенными в решение при символическом описании рассматриваемого явления. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины, — физическая задача сведется к математической.

е) Прежде чем решать составленную систему уравнений, полезно убедиться в том, что число неизвестных равно числу уравнений. Решение системы уравнений желательно начинать с исключения тех неизвестных величин, которые не требуется находить по условию задачи, и следить за тем, чтобы при каждом алгебраическом действии число неизвестных уменьшалось.

5. Получив ответ в общем виде и проанализировав его, можно приступать к числовым расчетам. Прежде всего для этого необходимо выбрать систему единиц, в которой решено проводить вычисления, предпочтение отдается Международной системе единиц (СИ).

Если заданные величины выражены в одной системе единиц, вычисления проводят в этой системе и, получив окончательный результат, переводят его при необходимости в другую систему. Если величины, входящие в расчетную формулу, даны в разных системах единиц, их следует выразить в единицах системы, принятой для решения.

В тех случаях, когда в числитель и знаменатель расчетной формулы входят однородные величины одной степени, их можно подставлять в любых единицах, лишь бы они были одинаковыми. Единицы измерения этих величин сокращаются и на размерность искомой величины не влияют.

Подставив числовые значения всех величин (вместе с их наименованием) в расчетную формулу, проводят действия с наименованиями, с тем чтобы убедиться, что результат получается в единицах измерения искомой величины в принятой системе. Несоблюдение этого условия (оно необходимо, но недостаточно) свидетельствует об ошибке, допущенной в ходе решения. Установив наименование искомой величины, можно приступать к действиям с числами. (Если есть полная уверенность в правильности решения, единицы измерения в расчетную формулу можно не подставлять.)

Проводя арифметические расчеты, следует помнить, что числовые значения физических величин являются приближенными, поэтому, делая подсчеты, нужно пользоваться правилами приближенных вычислений, позволяющими во многих случаях сэкономить время, не нанося никакого ущерба точности.

Получив числовой ответ, желательно, если это возможно, оценить, насколько он реален. Иногда такая оценка позволяет установить ошибочность полученного результата.

ЧАСТЬ I

МЕХАНИКА

Глава I

КИНЕМАТИКА

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

1. Механическим движением называют изменение взаимного расположения отдельных тел или различных частей одного тела, происходящее в пространстве с течением времени. В любом механическом движении всегда участвует не менее двух тел. Одно из них условно принимают за неподвижное тело отсчета и по отношению к нему определяют механическое состояние всех остальных тел. Чтобы установить законы механического движения тел относительно выбранного тела отсчета, с ним связывают ту или иную систему координат — чаще всего прямоугольную и часы. Наиболее простой вид эти законы имеют в системах отсчета, связанных с поверхностью Земли, когда по условию задачи суточным и годовым вращением Земли можно пренебречь.

Простейшим механическим движением является движение материальной точки — тела, размеры и форму которого можно не учитывать при описании его движения и массу которого можно считать сосредоточенной в точке.

2. Движение материальной точки характеризуют траекторией, длиной пути, перемещением, скоростью и ускорением.

Траекторией называют линию в пространстве, описываемую точкой при своем движении.

Длину дуги, отсчитываемую вдоль траектории от некоторой точки, принятой за начало отсчета, называют длиной пути (дуговой координатой).

Перемещение — это вектор, соединяющий начальное положение движущейся точки и ее положение в рассматриваемый момент времени.

3. Положение материальной точки M на плоскости в прямоугольной — декартовой системе координат Oxy определяют или заданием радиус-вектора $\vec{r}$, проведенного из начала координат в точку M , или двумя числами — координатами x , y точки M , представляющими собой проекции вектора $\vec{r}$ на соответствующие оси.

Если известна траектория точки M , ее положение в пространстве можно также определить заданием дуговой координаты s (длиной пути), отсчитываемой вдоль траектории от начала отсчета.

При движении точки ее радиус-вектор и координаты изменяются и являются функциями времени:

$$\vec{r} = \vec{r}(t); \quad x = x(t); \quad y = y(t); \quad s = s(t). \quad (1.1)$$

Уравнения (1.1) называют кинематическими уравнениями движения точки, заданными соответственно в векторной, координатной и так называемой естественной формах.

Поскольку задание радиус-вектора точки полностью определяется заданием его проекций (координат точки), уравнения $x(t)$ и $y(t)$ в сущности те же, что и уравнение $\vec{r}(t)$, — всякому векторному уравнению соответствуют на плоскости два скалярных.

4. Физическую величину, характеризующую изменение положения точки в пространстве за единицу времени, называют средней скоростью перемещения. Если за время Δt точка переместилась на $\Delta \vec{r}$, то средняя скорость перемещения точки за это время будет равна:

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \quad (1.2)$$

Средняя скорость перемещения — величина векторная, ее направление всегда совпадает с направлением вектора перемещения.

Чтобы получить скорость в данный момент времени — мгновенную скорость, нужно рассмотреть перемещение точки за бесконечно малый промежуток времени и найти предел отношения (1.2) при условии, что $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (1.3)$$

Скорость есть производная от радиус-вектора движущейся точки по времени. Направление вектора мгновенной скорости в каждой точке траектории совпадает с направлением касательной, проведенной к траектории в данной точке.

Аналогично выражениям (1.2) и (1.3) определяют среднюю и мгновенную скорости при координатном и естественном способе задания движения.

5. Величину, характеризующую изменение скорости за единицу времени, называют средним ускорением. Если за время Δt мгновенная скорость точки изменилась от $\vec{v}_0$ до $\vec{v}$, то среднее ускорение точки за это время равно:

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}. \quad (1.4)$$

Ускорение — величина векторная; направление вектора ускорения всегда совпадает с направлением вектора изменения скорости.

Чтобы получить значение ускорения в данный момент времени — мгновенное ускорение, нужно найти предел отношения (1.4) при условии, что $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}. \quad (1.5)$$

Ускорение точки есть производная от скорости или вторая производная от радиус-вектора движущейся точки по времени.

В общем случае криволинейного движения точки вектор ее ускорения $\vec{a}$ в каждой точке траектории направлен под некоторым углом α к касательной, проведенной к кривой в этой точке.

При изучении криволинейного движения точки вектор $\vec{a}$ удобно раскладывать по касательной и нормали к траектории на составляющие $\vec{a}_\kappa$ и $\vec{a}_n$, называемые соответственно касательным (тангенциальным) и нормальным (центростремительным) ускорениями:

$$\vec{a} = \vec{a}_\kappa + \vec{a}_n, \quad a_\kappa = a \cos \alpha, \quad a_n = a \sin \alpha.$$

Проекция полного ускорения на касательную к траектории называется касательной проекцией ускорения, проекция на нормаль — нормальной проекцией. Касательное ускорение направлено по скорости или противоположно ей: оно характеризует изменение модуля скорости. Нормальное ускорение перпендикулярно скорости, оно характеризует изменение скорости по направлению.

В зависимости от того, направлено ли касательное ускорение в сторону движения ($a_\kappa > 0$) или в противоположную сторону ($a_\kappa < 0$), модуль скорости в криволинейном движении возрастает или уменьшается. Если $a_\kappa = 0$ и $a_n \neq 0$, то изменяется только направление скорости; модуль же ее остается неизменным. Такое криволинейное движение будет равномерным. Если $a_n = 0$, то направление вектора скорости с течением времени не меняется — движение точки является прямолинейным.

6. Простейший вид механического движения — прямолинейное движение точки с постоянным ускорением.

Если ось координат направить в сторону начального смещения точки и за начало координат принять ее начальное положение ($\vec{r} = 0$ при $t = 0$), то для такого движения $r = x = s$; $\vec{a} = \text{const}$; $a = a_\kappa = a_x = \text{const}$; $a_n = 0$;

$$(1.6)$$

$$v_x = v_{0x} + at; \quad (1.7)$$

$$v_{cp} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}; \quad (1.8)$$

$$s_x = v_{cp}t = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t; \quad (1.9)$$

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}; \quad (1.10)$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}. \quad (1.11)$$

Соотношения (1.6), (1.7) и (1.10), выражающие законы изменения ускорения, скорости и перемещения с течением времени, называют соответственно уравнением ускорения, скорости и законом движения точки.

Движение точки с постоянным ускорением включает в себя равномерное и равноускоренное.

При равномерном движении скорость точки с течением времени не меняется ($\vec{v} = \vec{v}_0 = \text{const}$), и в уравнениях (1.7) и (1.10) нужно положить $a_x = 0$.

7. К равноускоренному движению можно отнести движение тел под действием силы тяжести, если их расстояние h по вертикали, отсчитанное от поверхности Земли, мало по сравнению со средним расстоянием тела до центра Земли. Так как сила тяжести сообщает всем телам, находящимся на одинаковом расстоянии от центра Земли, одинаковое ускорение $\vec{g}$ (ускорение свободного падения) и при $h \ll R_3$ с достаточной степенью точности можно считать, что $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, то законы этого движения в принятых обозначениях получаются автоматической заменой в формулах (1.7) — (1.11) a_x на g_y и s_x на h .

8. Простейшим видом криволинейного движения является равномерное движение точки по окружности. При таком движении $R = \text{const}$, $a_{\kappa} = 0$, $v = \text{const}$, а нормальное (центростремительное) ускорение $a_n = \text{const}$.

Если точка движется по окружности радиусом R с линейной скоростью v , делая n оборотов за время t , то

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R n}{t} = 2\pi R f = \frac{2\pi R}{T}; \quad (1.12)$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = 4\pi^2 f^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad (1.13)$$

$$\text{где } f = \frac{n}{t} \text{ и } T = \frac{t}{n} = \frac{1}{f} \quad (1.14)$$

соответственно число оборотов в единицу времени (скорость вращения) и продолжительность одного оборота (период обращения).

9. По характеру движения отдельных частиц твердого тела различают поступательное и вращательное движение тел.

При поступательном движении тела всякая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной самой себе.

При вращательном движении все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной неподвижной прямой, называемой осью вращения тела.

Поступательное движение тел описывают теми же величинами и уравнениями, что и движение материальной точки; кинематическими характеристиками вращательного движения тел служат угол поворота φ , угловая скорость ω и угловое ускорение α . Угловую скорость и угловое ускорение тел при

вращении вокруг неподвижной оси можно определить аналогично скорости и ускорению прямолинейного движения:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi n}{t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}; \quad (1.15)$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\omega - \omega_0}{t}. \quad (1.16)$$

Для тел, вращающихся с постоянным угловым ускорением, по аналогии с прямолинейным движением имеем:

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_0 + \alpha t; \\ \varphi &= \frac{\omega + \omega_0}{2} t; \\ \varphi &= \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}; \\ \varphi &= \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\alpha}. \end{aligned} \quad (1.17)$$

В случае равномерного вращения $\omega = \text{const}$ и в формулах (1.17) необходимо положить $\alpha = 0$.

Из сравнения формул (1.12) и (1.15) видно, что линейная скорость v точек тела, удаленных от его оси вращения на расстояние R , равна:

$$v = \omega R. \quad (1.18)$$

Отсюда следует, что модули касательного и нормального ускорений этих точек связаны с кинематическими характеристиками вращательного движения тела формулами:

$$a_{\text{к}} = \alpha R; \quad a_{\text{н}} = \omega v = \omega^2 R. \quad (1.19)$$

10. Очень часто движение тел рассматривают относительно какого-либо другого тела, которое в свою очередь перемещается по отношению к телу отсчета, принятому условно за неподвижное. Движение тела относительно системы координат, связанной с подвижным телом отсчета, называют относительным, а движение подвижной системы отсчета относительно неподвижной — переносным. Результирующее движение тел относительно неподвижной системы отсчета называют абсолютным движением. В соответствии с этим различают относительное, переносное и абсолютное перемещение, скорость и ускорение. Если известны векторы относительного $\vec{r}_0$ и переносного $\vec{r}_{\text{п}}$ перемещений, то абсолютное перемещение $\vec{r}_{\text{а}}$ равно их геометрической сумме и находится по правилу сложения векторов:

$$\vec{r}_{\text{а}} = \vec{r}_0 + \vec{r}_{\text{п}}. \quad (1.20)$$

Аналогично находятся абсолютная скорость и абсолютное ускорение:

$$\vec{v}_{\text{а}} = \vec{v}_0 + \vec{v}_{\text{п}}; \quad (1.21)$$

$$\vec{a}_{\text{а}} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{\text{п}}. \quad (1.22)$$

(Последнее соотношение имеет место лишь в том случае, если переносное движение является поступательным.)

11. Всякое перемещение плоской фигуры, происходящее в плоскости расположения этой фигуры (такое движение называют плоскопараллельным), можно рассматривать в любой момент времени как результат наложения поступательного движения тела вместе с некоторой произвольной точкой O тела (называемой полюсом) и вращательного движения тела относительно этой точки.

Скорость любой точки тела при его плоскопараллельном движении равна:

$$\vec{v} = \vec{v}_n + \vec{v}_o,$$

где v_n — скорость полюса; $v_o = \omega r$ — линейная скорость рассматриваемой точки, обусловленная поворотом тела около полюса с угловой скоростью ω ; r — расстояние от точки до полюса.

Выбирая полюс O в различных точках тела, можно по-разному осуществить разложение плоского движения на поступательное и вращательное. В каждом из этих случаев перемещение (скорость) в поступательном движении может быть различным, угловое перемещение (скорость) будет одинаковым.

В общем случае плоскопараллельного движения твердого тела существует такая точка, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Эту точку называют мгновенным центром скоростей.

Если за полюс принять мгновенный центр скоростей, плоскопараллельное движение тела можно представить как непрерывный ряд вращений вокруг полюса. Абсолютная скорость v произвольной точки тела, удаленной от мгновенного центра на расстояние R , равна в этом случае $v = \omega R$.

а) При качении без проскальзывания плоской фигуры по неподвижной поверхности мгновенный центр скоростей совпадает с точкой соприкосновения тела с поверхностью.

б) Мгновенный центр скоростей находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных из двух данных точек тела к линиям векторов абсолютной скорости этих точек.

в) В том случае, когда перпендикуляры, проведенные из указанных точек, сливаются в один, мгновенный центр скоростей лежит в точке пересечения перпендикуляра с линией, проведенной через концы векторов скоростей этих точек.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. ПРИМЕРЫ

При решении задач по физике на те или иные разделы курса, кроме общих правил решения, приходится учитывать некоторые дополнения к ним, связанные со спецификой самих разделов.

Задачи по кинематике, разбираемые в курсе элементарной физики, включают в себя задачи о равномерном и равноуско-