ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

1. В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение, и им отводится значительная часть курса.

Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представление об их характерных особенностях и границах применения. Задачи развивают навык в использовании общих законов материального мира для решения конкретных вопросов, имеющих практическое и познавательное значение. Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала и его усвоения.

В основу каждой физической задачи положено то или иное частное проявление одного или нескольких фундаментальных законов природы и их следствий. Поэтому, прежде чем приступать к решению задач какого-либо раздела курса, следует тщательно проработать теорию вопроса и внимательно разобрать иллюстрирующие ее примеры. Без твердого знания теории нельзя рассчитывать на успешное решение и анализ даже сравнительно простых задач, не говоря уже о более сложных.

2. Решение большинства физических задач расчетного характера можно разделить на четыре этапа: а) анализ условия задачи и его наглядная интерпретация схемой или чертежом; б) составление уравнений, связывающих физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны; в) совместное решение полученных уравнений относительно той или иной величины, считающейся в данной задаче неизвестной; г) анализ полученного результата и числовой расчет.

Первый этап решения является в какой-то мере вспомогательным, и нередко он опускается, если данный физический процесс и условие задачи оказываются достаточно ясными и понятными. Второй — применение известных законов и формул физики для математической записи условий задачи (составление системы уравнений, полностью отражающей данный физический процесс) — представляет основную трудность решения почти всех задач по физике. Сделав такую запись, мы получаем одно 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:

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

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:

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

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

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.