

Максимова Марина Викторовна

канд. пед. наук, старший преподаватель

Клишкова Наталия Владимировна

канд. пед. наук, заведующая кафедрой

ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина

Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза

С.М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации

г. Санкт-Петербург

DOI 10.31483/r-113508

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ

Аннотация: в статье рассматриваются методы решения физических задач, которые формируют физический способ мышления, позволяют научиться решать задачи. Решение и анализ задач позволяет использовать долговременную память обучающихся, способствует развитию междисциплинарных связей, создает у курсантов дополнительные представления о характерных особенностях законов физики и границах их применимости. Умение решать разные типы задач – лучший критерий успешности и глубины изучения материала.

Ключевые слова: методы, физическая задача, методы решения физических задач, образование курсантов.

Современная модель образования направлена на формирование ключевых компетенций реализации ФГОС третьего поколения в высшей школе. Целью компетентностного подхода при обучении курсантов является развитие личности, стремление к переходу к саморазвитию, формирования интереса к собственному Я, познания себя как субъекта физической образовательной деятельности, самостоятельный выбор учебных целей, задач и форм данной деятельности. Таким образом, курсант становится подлинным центром образовательного процесса.

Анализ публикаций в отечественных и зарубежных журналах в данной области показывает, что количественный и качественный анализ эффективности, интенсивности, активизации или оптимизации обучения и взаимодействия содержат не более 20% исследований. Можно выделить противоречия:

– между требованиями к условиям, обеспечивающим интерактивное взаимодействие преподаваемой дисциплины «Физика», и существующим уровнем технологического обеспечения современного образовательного процесса;

– между процессом решения задачи и знанием о том, как решить задачу;

– между уровнем владения математикой, и отсутствием умений переноса математических знаний, умений и навыков на физический материал.

Опыт работы преподавателем физики показывает, что у курсантов возникают трудности при решении физических задач разного уровня сложности. Как отмечает М.Е. Бершандский: «Научиться решать задачи – это значит присвоить, сделать достоянием собственного интеллекта физический способ мышления» [4, с. 10]. Решение и анализ задач позволяет использовать долговременную память обучающихся, способствует развитию междисциплинарных связей, создает у курсантов дополнительные представления о характерных особенностях законов физики и границах их применимости. Умение решать разные типы задач – лучший критерий успешности и глубины изучения материала.

Физический способ мышления формируется только в деятельности по применению частных и общих методов науки. Методы не должны сводиться к подбору формул, с помощью которых можно решить задачу. Овладеть методом можно только на основе знания и понимания его структуры.

Из анализа современного подхода к решению физических задач, можно выделить его основные *принципы*, которые должны быть положены в основу построения методической системы обучения решению физических задач, соответствующей современному состоянию науки и реализации концепции «образование – учебная модель науки» [3, с. 5].

1. *Принцип приоритетности моделирования*, выражающий ведущую идеологию решения физических задач как исследование физических явлений и процессов средствами физического и математического моделирования.

2. *Принцип адекватного применения* физических понятий, методологических принципов, фундаментальных и частных физических законов, стратегической основой его реализации является подход, учитывающий три уровня методологии, используемые в науке.

3. *Принцип сбалансированного сочетания количественных и качественных методов*, задающий оптимальную результативную тактику поиска решения.

Для создания более эффективных условий реализации обучающей функции при решении задач необходима соответствующая система учебных действий курсантов, в процессе которых у них будут формироваться не только практические умения и навыки по решению задач, но и единая система физических знаний. Метод — это способ познания, исследования явлений. В широком смысле «метод — это способ действия, осуществление определенной деятельности, достижения какого-либо результата», решения задачи. Существует много различных методов решения задач по физики. Далее рассмотрим структуру некоторых методов, используемых при решении различного уровня физических задач. Решение задач, лучше всего начинать с использования метода анализа условия задачи.

Метод анализа условия задачи.

Физический анализ условия задачи сводится в основном к выделению в условии задачи структурных элементов описанного физического явления. К структурным элементам относятся:

- 1) материальный объект – тело, состояние которого подвергается анализу;
- 2) характеристики начального состояния объекта – указания, которые с той или иной стороны характеризуют объект до взаимодействия;
- 3) воздействующий объект – то, с которым интересующий нас объект взаимодействует;

4) характеристики взаимодействующего объекта – указания, которые с какой-либо стороны характеризуют его;

5) характеристики условий взаимодействия – указания, определяющие обстановку, в которой происходит взаимодействие;

б) характеристики конечного состояния объекта – указания, которые характеризуют то новое, что появилось в состоянии объекта после взаимодействия.

Следующим шагом данного метода является проверка. Нужно проверить, все ли слова условия задачи отнесены к одному из структурных элементов явления.

Метод анализа физической ситуации.

Физический анализ задачи сводится в основном к выделению и анализу физического явления [1, с. 21]. Анализ физической ситуации задачи начинается:

– вводная часть метода анализа физической ситуации задачи носит вспомогательный характер. После прочтения задачи полезно записать ее условия, пытаясь осмыслить данные и искомые величины, а также связь между ними. Далее необходимо сделать чертеж (схему, рисунок), обозначив на нем все данные и искомые величины;

– основная часть метода определяет качественную характеристику явления (чем это явление отличается от других, какова его сущность, как оно происходит и т. д.). Конкретно здесь, во-первых, выбирают физическую систему (какие физические объекты включают в систему); во-вторых, определяют качественные характеристики этих объектов (каким идеальным объектом является каждое тело: материальная точка, твердое тело и т. д.); в-третьих, рассматривают, в каких физических процессах участвуют объекты системы.

Затем устанавливают количественные связи и соотношения между различными физическими величинами, характеризующее данное явление.

Метод применяется лишь на физическом этапе решения задач.

Метод ДИ.

В методе дифференцирования и интегрирования большое значение имеет положение о границах применимости физических законов. В основе этого метода лежат два принципа: принцип возможности представления закона в дифференциальной форме и принцип суперпозиции. Метод ДИ состоит из двух частей. В первой находят дифференциал искомой величины. Для этого в большинстве случаев производят или деление тел на столь малые части, чтобы последние можно принять за материальные точки, или деление большого промежутка времени на такие малые промежутки времени, чтобы в течение этих промежутков процесс можно считать равномерным. Далее производят суммирование (интегрирование).

Метод упрощения и усложнения.

Этот метод используют при решении сложных задач. Его широко применяют на этапе анализа решения физической задачи. На этом этапе метод упрощения и усложнения позволяет развернуть любую задачу в «блок» все более сложных или более простых задач. Составными частями метода упрощения и усложнения позволяет рассматривать два взаимосвязанных и противоположных процесса: процесс упрощения (идеализация, оценка и отбрасывание второстепенных явлений, пренебрежение несущественными деталями и т. д.) и процесс усложнения (учет и рассмотрение ранее отброшенных объектов, явлений, деталей, усложнение физической системы, связей и т. д.)

Пример. Снаряд выпущен из орудия под углом 45° к горизонту с начальной скоростью 600 м/с. Найти дальность полета снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. Задача поставлена. Она идеализирована. Одно дополнительное условие, упрощающее задачу (сопротивлением воздуха пренебречь), явно указано в условии задачи. Однако многие другие упрощающие только подразумеваются. Считается, что:

- 1) орудие расположено на Земле;
- 2) не учитывается движение Земли вокруг Солнца;
- 3) не учитывается вращение Земли вокруг собственной оси;

4) предполагается, что вектор ускорения свободного падения в любой точке траектории снаряда имеет одно направление;

5) ускорение свободного падения на Земле считается постоянным и равным $9,8 \text{ м/с}^2$;

б) снаряд принимается за материальную точку.

Эти условия очень сильно упрощают задачу. Если учитывать все дополнительные условия, то она становится крайне сложной.

При решении задач на связанные тела используют следующие упрощения, если в условии задачи сделана оговорка, что нить невесома, то это означает, что силы, с которыми нить действует на связываемые ею тела, одинаковы по модулю. Оговорка о не растяжимости нити означает, что тела движутся с одинаковым ускорением.

В некоторых задачах требуется найти условие, при котором начинается проскальзывание между соприкасающимися телами. Физический смысл слов «начало проскальзывания» следующий: «проскальзывание» – сила трения между соприкасающимися поверхностями уже достигла величины μN ; «начало» – ускорения соприкасающихся тел пока ещё одинаковы. Как только ускорение одного из тел станет больше ускорения другого на любую даже очень малую величину, происходит проскальзывание. Проскальзывание возможно и при равных ускорениях, если одно тело скользит по поверхности другого с постоянной относительной скоростью, то ускорения этих тел одинаковы.

При рассмотрении задач в разделе «Статика» применение теоремы о трех силах значительно упрощает решение. Если при действии трех непараллельных сил, лежащих в одной плоскости, тело находится в равновесии, то их линии действия пересекаются в одной точке. Так как по условию теоремы все три силы непараллельны, перенесем две любые из них в точку пересечения их линий действий и заменим равнодействующей. Поскольку тело по условию находится в равновесии, а операция по переносу сил вдоль линий их действия и последующего сложения этого равновесия не нарушит, то линия действия третьей силы должна пройти через точку в соответствие с первой аксиомой статики.

Метод оценки часто используют при анализе любой физической ситуации, производя оценку физических величин или оценку физических явлений. Оценка физической величины заключается, во-первых, в арифметическом расчете порядка самой величины (оценка порядка) и, во-вторых, в сравнении однородных величин по их порядкам (сравнение по порядку). Оценка физического явления сводится, во-первых, к получению фундаментального закона, управляющего данным явлением, и, во-вторых, к числовому расчету порядка физической величины.

Метод постановки задачи.

Этот метод используется или на этапе решения задачи, или на этапе постановки задачи. Метод начинают с анализа физического явления, необходимо выяснить, какие можно ввести упрощения, чем можно пренебречь, какие можно ввести дополнительные условия. После идеализации необходимо выяснить, какие данные могут быть известны, что можно взять из справочников, таблиц. На этом первый этап и решения, и постановки непоставленной задачи заканчивается [1, с. 35]. Далее идет уже известный этап – решения поставленной задачи. Необходимо вторично провести анализ физического явления, составить замкнутую систему уравнений и решить ее.

Пример. На клине (наклонной плоскости) расположено тело. Исследовать движение клина и тела. Решение. На первом этапе анализа физического явления попробуем сначала поставить задачу. В физическую систему целесообразно включить оба тела. Все остальные будем считать внешними. Проведем идеализацию задачи. Для этого введем ряд дополнительных условий и ограничений. Предположим, что:

- 1) данная физическая система находится на Земле;
- 2) трение между клином и Землей столь велико, что клин остается неподвижным относительно Земли;
- 3) клин и тело – абсолютно твердые тела;
- 4) высота клина столь мала, что на всем ее протяжении можно принять ускорение свободного падения равной $9,8 \text{ м/с}^2$;

5) тело – материальная точка;

6) трение между телом и клином мало;

7) горизонтальная грань клина столь мала, что можно не учитывать шаровую форму Земли.

Теперь введя эти условия и ограничения, можно сформулировать первую задачу: Материальная точка массой 1 кг движется по абсолютной твердой наклонной плоскости с высоты 10 м. Начальная скорость тела равна нулю. Угол при основании наклонной плоскости равен 30° . Определить время движения тела до основания, если трение между телом и наклонной плоскостью отсутствует. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Снимая постепенно ограничения можно поставить более сложные задачи.

Метод проекций.

Метод проекций позволяет определить модуль вектора физической величины по отношению к координатным осям. Знак проекции определяется непосредственно по чертежу: если направление оси и проекции физической величины в одну сторону, то проекция положительна (со знаком «+»), если противоположна – со знаком «-».

Например, в задаче «человек подтягивает плот к берегу, перебирая веревку со скоростью 0,4 м/с. Найдите скорость плота в момент, когда угол между веревкой и поверхностью воды равен 60° » используется метод проекций. При решении этой задачи необходимо учесть, что проекции скорости перебора верёвки и скорости плота равны на направление координатной оси, совпадающей с верёвкой.

Обще частные методы.

Система обще – частных методов является универсальной в том, смысле, что может быть применена к решению задач почти из любого курса физики! К обще – частным методам относятся: кинематический, динамический, законов сохранения, расчета физических полей.

Кинематический метод решает прямую и обратную задачи кинематики. Прямая задача заключается в нахождении любого параметра движения по из-

вестному закону движения. Обратная задача состоит в определении закона движения по какому-либо известному параметру движения.

Сущность динамического метода решения задач по физике состоит в совокупном применении системы трех законов Ньютона. В данном методе необходимо: выделить заданные условием тела; выполнить анализ взаимодействия; сделать рисунок и изобразить на нём векторы сил, действующие на каждое из тел, показать направление векторов перемещения, ускорения; записать в векторной форме уравнения для равнодействующей силы; выбрать наиболее рациональное в данных условиях задачи направление координатных осей в инерциальной системе отсчёта; определить проекции векторов на координатные оси; записать дополнительные уравнения кинематики; проверить полученный результат на разумность, после решения системы уравнений.

Метод применения законов сохранения заключается в следующем:

1. Выбрать инерциальную систему отсчета.
2. Выбрать два или более таких состояний тел системы, чтобы в число их параметров входили как известные, так и искомые величины.
3. Выбрать нулевой уровень отсчета потенциальной энергии.
4. Определить, какие силы действуют на тела системы – консервативные или диссипативные.
5. Если на тела системы действуют только консервативные силы, написать, закон сохранения механической энергии в виде: $\Delta E=0$. Если на тела системы действуют диссипативные силы, написать, закон сохранения механической энергии в виде: $\Delta E=A$
6. Раскрыть значения энергии в каждом состоянии и, подставив их в уравнение закона сохранения энергии
7. Записать дополнительные уравнения: уравнение закона сохранения импульса или кинематические уравнения или уравнения динамики движения. Выразить их в скалярном виде.
8. Решить уравнение относительно искомой величины.

В основе метода расчета физических полей лежит фундаментальный физический принцип – принцип суперпозиции. Рассчитать поле тяготения — это значит в каждой его точке определить вектор напряженности и потенциал.

Метод парадокса большого тела.

Суть этого метода сводится к тому, что при взаимодействии тел с существенно разными массами ($m \ll M$) изменением энергии тела большой массы M можно пренебречь только в тех случаях, в тех системах отсчета, в которых это большое тело до взаимодействия покоилось. Найдем изменение кинетической энергии тела большой массы в такой системе отсчета. При условии $v_1=0$ и $v_2=\Delta v$

$$\Delta E_k = M(\Delta v)^2/2 - 0 = M(\Delta v)^2/2. \text{ Так как } M \gg m, \text{ то } \Delta v \approx 0, M\Delta v^2 \approx 0$$

В системах отсчета, в которых тело большой массы до взаимодействия двигалось со скоростью v_0 , изменение его кинетической энергии равно $\Delta E_k = M(v_0 + \Delta v)^2/2 - M v_0^2/2 = M v_0 \Delta v + M(\Delta v)^2/2$. В связи с наличием члена $M v_0 \Delta v$, отнюдь не являющегося малой величиной, изменением кинетической энергии тела большой массы пренебречь нельзя.

Метод мод.

Этот метод используется при колебаниях маятника. Например, двойной маятник имеет пять типов нормальных колебаний. Все эти моды можно возбудить последовательно, медленно увеличивая частоту колебаний нити.

1-я мода – синфазные колебания в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа;

2-я мода – противофазные колебания в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа;

3-я мода – противофазные колебания в плоскости чертежа;

4-я мода – синфазные колебания в плоскости чертежа;

5-я мода – противофазные вертикальные колебания.

Метод виртуальных перемещений.

Невариационные принципы устанавливают закономерности движения, совершаемого системой под действием приложенных сил. Вариационные прин-

ципы разделяются на дифференциальные и интегральные. Дифференциальный – это метод виртуальных перемещений, интегральный — следствие наименьшего действия. Метод виртуальных перемещений заключается в том, что для равновесия любой механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ действующих на систему сил при любом виртуальном перемещении равнялась нулю.

Метод экстремума потенциальной энергии.

Применяя метод экстремума потенциальной энергии, можно решать задачи статики, гидростатики, динамики вращательного движения, молекулярной физики и электростатики. Для решения задач на нахождение условия равновесия системы необходимо найти выражение для потенциальной энергии, продифференцировать его и, приравняв к нулю, решить относительно неизвестного.

Метод минимума и максимума.

Довольно часто встречаются задачи, в которых требуется определить наибольшее или наименьшее значение величины из всех возможных. Основы такого метода следуют из принципа Ферма, экстремума энергии. В некоторых задачах удастся воспользоваться известными алгебраическими неравенствами (неравенство Коши).

Метод суперпозиции.

Этот метод основан на принципе суперпозиции. Например при расчете поля в диэлектриках рассчитывают поле свободных, или «сторонних», зарядов E_0 . Затем определяют поле связанных зарядов E_1 . Далее находят напряженность поля в диэлектрике. Таким же образом можно непосредственно получить выражение для потенциалов поля диэлектрика.

Метод Гаусса.

Сначала по теореме Гаусса находят вектор электрического смещения, затем определяют напряженность электрического поля в диэлектрике, далее рассчитывают потенциал. Метод Гаусса проще приводит к цели, чем метод суперпозиции. Метод Гаусса применяется при следующих условиях: диэлектрики

считаются однородными, изотропными, и их границы совпадают с эквипотенциальными поверхностями.

Метод зеркальных изображений.

Этот метод основан на свойстве проводников, что поверхность проводника является эквипотенциальной. Метод позволяет рассчитывать различные электростатические поля, определять емкость системы проводников и т. д. Метод зеркальных изображений основан на следующем положении: если в произвольном электростатическом поле заменить эквипотенциальную поверхность металлической поверхностью такой же формы и создать на ней такой же потенциал, то данное электрическое поле не изменится.

Метод векторных диаграмм.

Этот метод используют при решении задач на вынужденные электромагнитные колебания. В этом методе гармоническое колебание $u=U_0\sin(\omega t+\varphi_0)$ представляют в виде вектора u : его длина равна амплитуде U_0 , а угол, который этот вектор составляет с некоторой горизонтальной осью (осью токов), в начальный момент времени равен начальной фазе. Вектор u вращается с угловой скоростью против часовой стрелки.

Метод комплексных амплитуд.

Известно, что при перемножении двух комплексных чисел их модули перемножаются, а аргументы складываются. Например, при умножении числа на мнимую единицу i его модуль остается прежним, а к аргументу добавляется $\pi/2$. Это свойство комплексных чисел оказывается очень удобным. Если, например, индуктивное сопротивление катушки принять равным $X_L = i\omega L$, то при расчете напряжения по закону Ома

$U_L = I X_L = I i\omega L$ нам удастся сразу учесть и сдвиг фаз на $\pi/2$ между напряжением и током. Для конденсатора емкостное сопротивление можно принять равным $X_C = -i/(\omega C)$, а сопротивление резистора R изменять не надо. При таком подходе можно пользоваться всеми «хитростями», характерными для анализа цепей постоянного тока— замыкать точки с одинаковым потенциалом, пользоваться эквивалентными заменами, применять метод узловых потенциалов и т. д.

Координатный и графический метод.

| | | |
|--|---|--|
| Задано уравнение $x(t)$ ↓ | Задан график зависимости координаты от времени ↓ | Задан график зависимости проекции скорости от времени ↓ |
| Сопоставление общей и частной форм уравнений для нахождения x_0 и v_x ↓ | Чтение графика и определение координат и времени движения ↓ | Чтение графика и определение знака и величины проекции скорости ↓ |
| Действия по построению графика зависимости координат от времени ↓ | Расчет проекции скорости тела ↓ | Запись уравнения зависимости координаты тела от времени ↓ |
| Действия по построению графика зависимости проекции скорости от времени | Запись уравнения зависимости координаты тела от времени ↓ | Действия по построению графика зависимости координат от времени |
| | Действия по построению графика зависимости проекции скорости от времени | |

Метод кроссенса.

Метод кроссенса основан на деятельностном подходе, он помогает развивать критическое и логическое мышление курсантов, организовывать командную работу, делать занятия более интересными и способствует лучшему усвоению и запоминанию материала. Кроссенс представляет собой поле, стандартно состоящее из 9 квадратов, в которых помещены картинки. Все девять изображений расставлены так, что каждое предыдущее связано по смыслу со следующим, а центральное объединяет все, являясь как бы общей темой. Читается он всегда в определенной последовательности: начинать надо слева и двигаться дальше только вперед, переходя от клетки к клетке. Три шага вправо, два шага вниз, два шага влево, шаг вверх и, наконец, один шаг вправо к центральной картинке. Таким образом, движение происходит по спирали, получается цепочка, завернутая улиткой. Чтобы составить кроссенс, сначала определяют общую

тему и идею, затем выделить 9 элементов, относящихся к этой теме, и установить логические связи между ними, определить черты каждого элемента, подобрать соответствующие изображения и оформить игровое поле из девяти квадратов.

Метод софизмов и парадоксов.

Метод парадоксов – это создание противоречащих здравому смыслу ситуаций, доказательств, неожиданно и непривычно приводящих к противоречию с традиционными утверждениями и выводами, истинность которых, не вызывает сомнений. С помощью этого метода понимают суть процесса, его тонкости, он стимулирует интерес к учебе. Софизмы – уловки, выдумки наподобие головоломки, в которых мнимое доказательство выдается за правдоподобное. Например, в задаче: половину пути велосипедист на треке проехал с постоянной скоростью. Средняя скорость на всем треке была 10 м/с. Определить скорость на второй половине пути. Обычно, решение данной задачи получается с помощью известной формулы. Время движения со средней скоростью должно быть равно сумме времени, затраченного на прохождение каждого участка, но время, затрачиваемое на прохождение первой половины пути, больше, чем время, отпущенное на прохождение с данной средней скоростью всего пути. При таких данных задача лишена смысла.

В процессе решения задач, курсанты непосредственно сталкиваются с необходимостью применять полученные знания по физике в жизни, глубже осознают связь теории с практикой. Решение задач – одно из важнейших средств повторения, закрепления и проверки знаний обучающихся. Решение задач для курсантов должно быть увлекательным. Совместная, напряженная, эмоциональная, обязательно результативная деятельность по достижению победы над самим собой, над материалом задачи. Главное – усвоить методы научного мышления и деятельности.

Таким образом, физическая, задача это, во-первых, образование мышления и деятельности, во-вторых, по функции, это средство, инструмент воспроизвод-

ства мышления и деятельности в условиях обучения, в-третьих, это объект изучения и исследования.

Список литературы

1. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы: учебное пособие для студентов вузов / Б.С. Беликов. – М.: Высш. шк., 1986. – С. 256.
2. Горлач В.В. Методы решения физических задач: учебное пособие для вузов / В.В. Горлач. – 3-е изд. – М.: Юрайт, 2024. – С. 333.
3. Иванова О.М. Решение задач как способ углубленного изучения физики / О.М. Иванова, Д.Ю. Цуркан // Молодой ученый. – 2021. – №41 (383). – С.76–78. EDN LTCUZS
4. Каменецкий С.Е. Теория и методика обучения физике в школе: общие вопросы: учебное пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская [и др.]. – М.: Академия, 2000. – С. 368.
5. Кудрявцев Ю.Н. Методы решения физических задач. – В 18 т. Т. 10 (2). – Ульяновск: Новая российская энциклопедия; М.: Энциклопедия, 2012. – С. 480 с.
6. Сауров Ю.А. Формирование понятий при изучении механики и молекулярной физики / Ю.А. Сауров // Физика («ПС»). – 2005. – №18. – EDN ТВУАНТ
7. Резник С.Д. Студент вуза: технологии и организация обучения в вузе: учебник / С.Д. Резник. – М.: Инфра-М, 2017. – 144 с.