

УДК 37.016:53

UDC 37.016:538

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ОБУЧЕНИЯ
ГРАФИЧЕСКОМУ МЕТОДУ
РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ****METHODICAL BASICS
OF TEACHING GRAPHIC
METHOD OF SOLVING
PHYSICAL PROBLEMS**

О. Г. Харазян,
*кандидат педагогических наук,
заместитель декана
факультета довузовской
подготовки ГрГУ им. Янки Купалы;*

В. И. Глебович,
*аспирант
физико-технического
факультета ГрГУ им. Янки Купалы*

A. Kharazian,
*PhD in Pedagogics,
Vice-Head of the Dean of the Faculty
of Preuniversity Training, GrSU
named after Yanka Kupala;*

V. Hlebovich,
*Postgraduate Student of the Faculty
of Physics and Technics,
GrSU named after Yanka Kupala*

Поступила в редакцию 1.10.20.

Received on 1.10.20.

В статье раскрыто определение графического метода решения физических задач, рассмотрены особенности его использования. Выделены четыре типа задач, для решения которых необходимо использовать графический метод. Представлен наиболее общий порядок действий при решении физических задач графическим методом, разработана инструкция для решения в зависимости от типа задач. В работе в виде таблицы представлены знания и умения из области математики и физики, необходимые для решения задач графическим методом. Разработан комплекс методических рекомендаций для успешного владения графическим методом решения задач. Составлен список наиболее часто встречающихся в задачах требований на использование графического метода для нескольких разделов учебного курса физики. Предложены способы проработки этих требований на учебных или факультативных занятиях. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования учебного процесса по физике через решение задач графическим методом.

Ключевые слова: обучение физике, графический метод решения задач, требование физических задач, типы задач.

The article reveals the definition of the graphic method of solving physical problems, considers the features of its using. It singles out four types of problems, the solution of which requires the graphical method. The article presents the most general order of actions in solving physical problems by graphical method; depending on the type of the problems, the instruction for solving is worked out. In the form of a table the work presents the knowledge and skills from the sphere of mathematics and physics necessary for solving the problems by graphical method. A complex of methodical recommendations for successful mastering of graphical method of solving problems is worked out. A list of requirements for the graphical method which occur the most frequently in the problems is created for several units of the academic course of physics. The article offers the ways of working on these requirements in academic or optional classes. The obtained results can be used for perfecting the education process in physics through solving the problems by graphical method.

Keywords: teaching physics, graphical method of solving problems, requirements of physical problems, types of problems.

Введение. Решение задач занимает одно из ключевых мест в процессе обучения физике. Особое внимание к решению задач обусловлено тем, что они являются средством обучения физике, позволяющим научить анализировать физические явления и процессы, протекающие в различных условиях, применять физические законы к описанной в задаче ситуации. Задачи также выступают ведущим средством контроля знаний и умений по

физике, позволяющим установить уровень усвоения учебного материала.

Авторы научно-методических работ предлагают руководствоваться следующим алгоритмом для решения физических задач: 1) проанализировать условие задачи и выполнить его наглядную интерпретацию; 2) составить уравнения, связывающие физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной

стороны; 3) решить полученную систему уравнений относительно той или иной величины, считающейся в данной задаче неизвестной; 4) выполнить числовой расчет и анализ полученного результата [1–3]. Данный алгоритм можно назвать общим, поскольку им необходимо руководствоваться при решении всех расчетных задач. Указанный в алгоритме порядок действий важно знать и соблюдать, однако этого недостаточно для правильного решения задач по физике.

Существуют также алгоритмы для решения задач по конкретным темам. Такие алгоритмы будем называть частными. Они широко представлены в научно-методической литературе. Например, С. Ю. Журавлева описывает алгоритм решения задач по теме: «Закон сохранения импульса», включающий 9 этапов [4]. Частные алгоритмы позволяют обучить решению типовых задач по избранным темам, однако не для всех типов задач можно составить алгоритм решения.

Кроме общего и частных алгоритмов, необходимо овладеть еще одним «инструментом», применение которого позволит успешно решать физические задачи различных типов и уровней сложности. Таким «инструментом» являются методы решения задач. Сущность методов и особенности их использования при решении задач недостаточно раскрыты в учебно-методической литературе. М. Е. Бершадский, А. С. Кондратьев, Н. В. Матецкий в своих работах раскрывают сущность методов (координатного, векторного, естественного и др.) через примеры решения задач, не описывая при этом их особенности и методические рекомендации к их использованию [5–8].

Одним из важных методов решения физических задач является графический метод. Значение данного метода для решения физических задач определяется рядом причин. Во-первых, математическая форма записи законов физики представляет собой функциональную зависимость между физическими величинами, следовательно, физические закономерности можно представить в форме графика функции. Такое представление закономерностей является наглядным и удобным для анализа описанной в условии задачи физической ситуации, а также для выполнения ее требований. Во-вторых, для расчета некоторых физических величин необходимо выполнить операцию интегрирования. Поскольку в школьном курсе математики не изучают понятие интеграла, то при решении задач можно от опе-

рации интегрирования перейти к операции суммирования, то есть определению площади под графиком функции.

Цель статьи: раскрыть сущность графического метода решения физических задач и описать методические основы для его использования.

Основная часть. Введем определение графического метода решения физических задач. Любая задача по физике состоит из условия и требований. *Условие задачи* – это та часть задачи, в которой содержатся сведения о физических объектах, явлениях, процессах и их состояниях. *Требования задачи* – это та часть задачи, в которой указано, что необходимо установить в результате решения [9, с. 7].

Под графическим методом решения физических задач будем понимать метод, при котором для выполнения требований задачи необходимо использовать предложенный в условии задачи или построенный самостоятельно график зависимости физических величин, отражающий характер протекания описанных в задаче физических явлений и процессов.

Задачи, для решения которых необходимо использовать графический метод, можно разделить на четыре типа.

Первый тип задач. Задачи, в условии которых значение одной (или нескольких) из физических величин задано в графической форме. Для выполнения основных расчетов задачи необходимо из предложенного графика определить значение неизвестной величины.

Пример задачи. На рисунке 1 показаны вольт-амперные характеристики двух алюминиевых проволок равной длины. Определите массу второй проволоки, если масса первой проволоки 30 г.

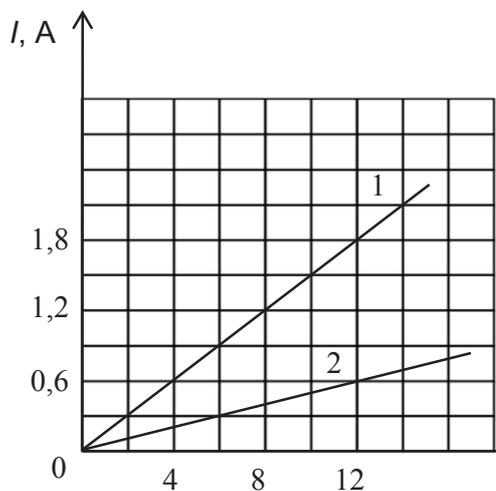


Рисунок 1 – Вольт-амперные характеристики двух алюминиевых проволок

Второй тип задач. Задачи, основным требованием которых является построение графика зависимости указанных физических величин. Решение данного типа задач сводится к выводу формулы, выражающей искомую зависимость физических величин, в построении и анализе графика полученной зависимости.

Пример задачи. Источник тока с ЭДС 8 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом замкнут на реостат. Постройте график зависимости мощности тока в реостате и КПД цепи от силы тока в цепи.

Графики, которые должны быть получены в ходе решения задачи, представлены на рисунке 2 и рисунке 3.

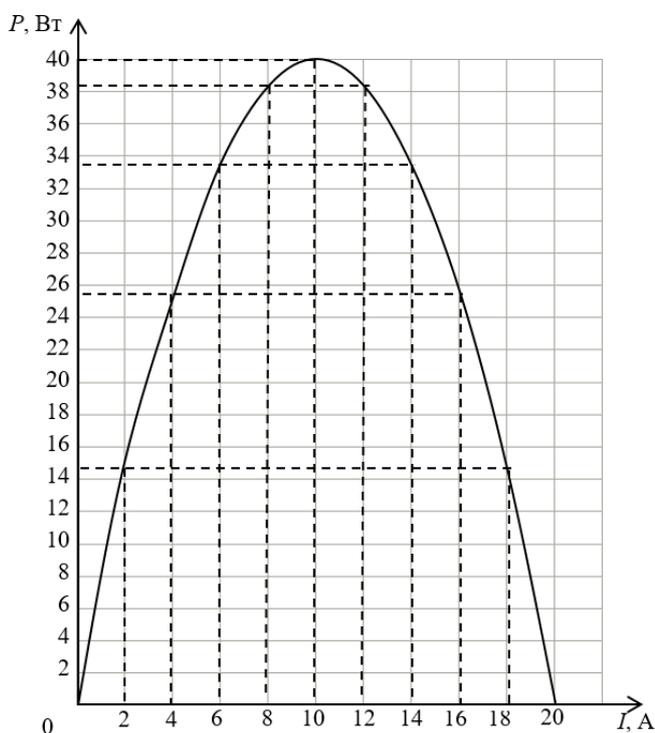


Рисунок 2 – График зависимости мощности тока в реостате от силы тока в цепи

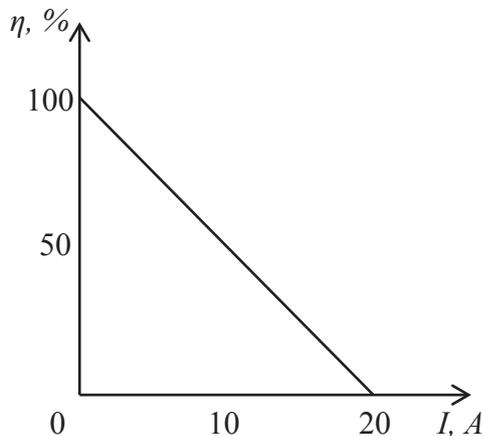


Рисунок 3 – График зависимости КПД цепи от силы тока в цепи

Третий тип задач. Задачи, в условии которых задан график, отражающий некоторый физический процесс. Для решения данного типа задач необходимо проанализировать имеющийся график, иногда следует его перестроить в других координатах, затем определить по графику неизвестные физические величины или формулу для их вычисления. Таким образом, это задачи, все условие которых задано в графической форме.

Пример задачи. Найдите отношение КПД циклов 1-2-3-4-1 и 5-6-7-8-5, представленных на p - V диаграмме (рисунок 4). Рабочее тело – идеальный одноатомный газ.

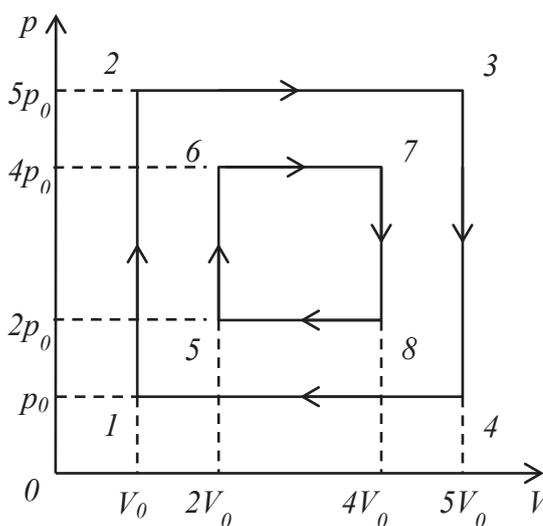


Рисунок 4 – p - V диаграмма циклов

Четвертый тип задач. Задачи, для решения которых необходимо построить график зависимости физических величин, отражающий описанный в условии задачи физический процесс. Предварительно для построения графика следует вывести формулу, выражающую зависимость физических величин. Затем необходимо по графику определить неизвестные физические величины или формулу для их вычисления.

Пример задачи. Автомобиль первую половину пути двигался равномерно со скоростью, модуль которой 36 км/ч, а вторую – равноускоренно. Определите среднюю скорость пути автомобиля на всем маршруте, если в конце движения модуль скорости автомобиля 20 м/с.

Примечание к решению. Для решения задачи графическим методом необходимо построить график зависимости скорости от времени для равномерного и равноускоренного движения.

ного движения (рисунок 5). Используя график, можно вывести формулы для расчета первой и второй половины пути. Этих формул достаточно для дальнейшего определения средней скорости пути автомобиля на всем маршруте.

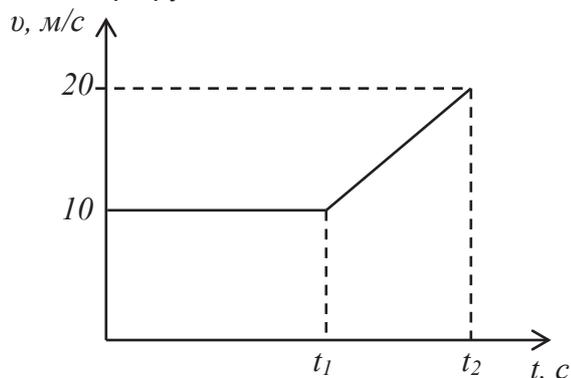


Рисунок 5 – График зависимости скорости от времени

При решении физических задач графическим методом можно руководствоваться следующим наиболее общим порядком действий.

1. Внимательно прочитать и проанализировать условие и требования задачи.
2. Определить, какие физические явления и процессы происходят в описанной физической ситуации.
3. Выявить физические закономерности, лежащие в основе описанных в задаче явлений и процессов.
4. Применить выявленные закономерности к конкретной физической ситуации и вывести формулу, выражающую зависимость одной физической величины через другие.
5. Построить график выявленной зависимости физических величин. Предварительно необходимо: нарисовать и подписать координатные оси; определить единицы измерения физических величин на координатных осях; нанести на оси масштабные деления.
6. Проанализировать имеющийся график зависимости физических величин.
7. Определить из графика: а) неизвестные физические величины и (или) б) формулу для их вычисления.

8. Подставить в полученную формулу числовые значения физических величин и вычислить искомую величину.

9. Проанализировать полученный результат.

В таблице 1 представлена инструкция для решения задач графическим методом в зависимости от типа задач.

Таблица 1 – Инструкция для решения задач графическим методом

Тип задач на использование графического метода	Порядок действий для решения задач
Первый тип задач. Задачи, в условии которых значения одной или нескольких физических величин заданы в графической форме	1–4, 6, 7(а)–9
Второй тип задач. Задачи, основным требованием которых является построение графика зависимости указанных физических величин	1–6
Третий тип задач. Задачи, все условие которых задано в форме графика, отражающего некоторый физический процесс	1–3, 6–9
Четвертый тип задач. Задачи, для решения которых необходимо построить график зависимости физических величин, отражающий описанный в условии задачи физический процесс	1–9

Для решения задач графическим методом необходимо владеть определенным математическим аппаратом, а также уметь экстраполировать математические знания и умения на область физики. Пункты 4–7 общего порядка действий при решении задач графическим методом являются определяющими для данного метода. Рассмотрим требования к знаниям и умениям, которыми необходимо владеть для успешного выполнения указанных этапов решения задач (таблица 2).

Таблица 2 – Знания и умения, необходимые для успешного решения задач графическим методом

Номер этапа	Требования к знаниям и умениям из области математики	Требования к межпредметным знаниям и умениям
4	Необходимо уметь выражать переменные, упрощать выражения	Необходимо уметь выражать одни физические величины через другие

Номер этапа	Требования к знаниям и умениям из области математики	Требования к межпредметным знаниям и умениям
5	<i>Необходимо знать</i> различные виды функций, уметь строить графики различных функций	<i>Необходимо уметь:</i> – определять по формуле вид функциональной зависимости; – строить график зависимости физических величин в удобном масштабе; – перестроить исходный график зависимости физических величин в других координатах
6	<i>Необходимо знать</i> свойства различных функций. <i>Необходимо уметь</i> исследовать графики функций, то есть определять: область определения функции, область значений функции, нули функции, промежутки возрастания и убывания, точки максимума и минимума, наибольшее и наименьшее значение функции на отрезке	<i>Необходимо знать</i> физический смысл: – нулей функции; – промежутков возрастания и убывания; – точек максимума и минимума; – наибольшего и наименьшего значения функции на отрезке; – угла наклона графика; – точек перегиба; – точек пересечения графиков; – площади под графиком функции
7	<i>Необходимо знать:</i> – формулы для расчета площадей геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, трапеции, окружности; – признаки подобия треугольников. <i>Необходимо уметь</i> определять по графику: – значения функции по значению аргумента, – значения аргумента, по значению функции, – угловой коэффициент прямой; – коэффициенты квадратичной функции	<i>Необходимо уметь</i> определять по графику зависимости физических величин: – точные значения физических величин с учетом заданных условий и масштаба графика; – иные параметры физического процесса; – рассчитывать площадь фигур под графиком

Для успешного владения графическим методом решения задач необходимо особое внимание уделять формированию умений экстраполировать математические знания на область физики, а также графическому представлению учебного материала по физике. *Для достижения указанных задач разработан комплекс методических рекомендаций.*

1. На этапе анализа формулы, полученной при изучении новой темы, необходимо обратить внимание учащихся на характер зависимости входящих в нее физических величин. Учащимся можно предложить выразить одни физические величины через другие и определить для каждого случая вид функциональной зависимости. На данном этапе можно напомнить различные виды функций, а также установить соответствие между математической записью функциональной зависимости и формулой по физике.

2. Необходимо выполнить графическое представление изученной закономерности в различных системах координат. На данном

этапе можно напомнить правила построения графиков, а также вид графиков для различных функций.

3. Используя полученные графики, необходимо исследовать характер зависимости физических величин от различных параметров. Например, изучить, как будет изменяться график функции $x(t)$ для равноускоренного движения при различных значениях начальной координаты, начальной скорости движения, ускорения движения. На данном этапе можно организовать исследовательскую работу учащихся с использованием математических программ для построения графиков.

4. Проанализировав результаты исследования (пункт 3), необходимо обсудить с учащимися физический смысл нулей функции, промежутков возрастания и убывания, точек максимума и минимума, наибольшего и наименьшего значения функции на отрезке, угла наклона графика, точек перегиба, площади под графиком функции.

5. Необходимо используя график зависимости физических величин, отражающий изученный физический закон, обсудить границы его выполнения.

6. Необходимо проанализировать и разобрать требования, встречающиеся в задачах на использование графического метода. Для выполнения данной рекомендации составлен список наиболее часто встречающихся в задачах требований.

Рассмотрим данные требования для нескольких разделов физики.

Требования, наиболее часто встречающиеся в задачах на использование графического метода по разделу:

• «*Основы кинематики*» (9 класс):

– определить координату x и скорость v материальной точки в определенный момент времени (по графикам функций $x(t)$, $v(t)$);

– определить скорость прямолинейного равномерного движения (тангенс угла наклона графика функции $x(t)$);

– определить путь, модуль перемещение при прямолинейном равномерном и равноускоренном движении материальной точки (площадь фигуры под графиком функции $v(t)$);

– определить модуль средней скорости движения (по графику функции $v(t)$);

– определить время и место встречи материальных точек (точка пересечения графиков функции $x(t)$ материальных точек);

– определить мгновенную скорость при прямолинейном равноускоренном движении материальной точки (площадь фигуры под графиком функции $a(t)$);

– определить ускорение прямолинейного равноускоренного движения (тангенс угла наклона графика функции $v(t)$).

• «*Основы термодинамики*» (10 класс):

– определить работу, выполненную идеальным газом (площадь фигуры под графиком функции $p(V)$);

– определить работу, совершаемую системой при циклическом процессе (площадь фигуры, ограниченной линиями, которые изображают цикл в координатах $p(V)$);

– определить изменение внутренней энергии идеального газа, полученное или отданное системой количество теплоты, коэффициент полезного действия для процесса или цикла (по графику функции $p(V)$).

• «*Постоянный электрический ток*» (10 класс):

– определить электрический заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за указанный промежуток вре-

мени (площадь фигуры под графиком функции $I(t)$);

– определить сопротивление участка цепи (тангенс угла наклона графика функции $I(U)$);

– по графику функции $U(I)$ для нескольких последовательно соединенных проводников определить соотношение сопротивлений этих проводников;

– для полной электрической цепи определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, силу тока короткого замыкания (по графику функции $U(I)$);

– для полной электрической цепи определить максимальную мощность тока во внешней части цепи и значение сопротивления, соответствующего максимальной мощности (по графику функции $P(R)$);

– по графику функции $P(I)$ для полной электрической цепи определить максимальную мощность тока во внешней части цепи и силу тока, которой она будет соответствовать.

• «*Магнитное поле. Электромагнитная индукция*» (10 класс):

– определить ЭДС индукции в контуре в определенный момент времени (по графику функции $B(t)$);

– определить силу тока, индуцируемую в контуре в заданном интервале времени (по графику функции $\Phi(t)$);

– определить максимальную ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке (по графику функции $I(t)$).

• «*Электромагнитные колебания и волны*» (11 класс):

– определить амплитудное значение электрического заряда, протекающего в колебательном контуре, период и частоту электромагнитных колебаний, мгновенное значение электрического заряда (по графику функции $q(t)$);

– определить амплитудное значение силы тока в колебательном контуре, период и частоту его колебаний, действующее значение силы тока, мгновенное значение силы тока (по графику функции $q(t)$ или $i(t)$);

– определить амплитудное значение напряжения на обкладках конденсатора, период и частоту его колебаний, действующее значение напряжения, мгновенное значение напряжения (по графику функции $U(t)$).

• «*Квантовая физика*» (11 класс):

– определить красную границу фотоэффекта для данного металла (по графику функции $\nu(\lambda)$);

– определить силу фототока насыщения $I_{\text{фн}}$, задерживающую разность потенциалов $U_{\text{ф}}$, работу выхода электрона из катода $A_{\text{вых}}$, число N электронов, вылетающих из фотокатода в единицу времени (по графику функции $I_{\text{ф}}(U)$);

– определить значение постоянной Планка, работу выхода электронов из катода и красную границу фотоэффекта (по графику функции $U_{\text{з}}(\nu)$).

Проработать описанные требования можно различными способами.

1-й способ. Предложить учащимся проанализировать заданный график зависимости физических величин и определить, значения каких физических величин можно по нему вычислить и как это сделать. Например, предложить график функции $v(t)$ для равноускоренного прямолинейного движения. По данному графику можно определить: мгновенную скорость и мгновенный импульс тела, путь и перемещение, пройденное телом, ускорение движения, среднюю скорость движения, результирующую силу, действующую на тело заданной массы, работу этой силы. Данный способ работы позволит подготовить учащихся к решению первого и третьего типа задач на использование графического метода.

2-й способ. Предложить некоторую неизвестную физическую величину. Учащиеся должны предложить, по графику какой функции и как можно определить ее значение. Например, необходимо определить электрический заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за указанный промежуток времени. Для этого нужно построить график функции $I(t)$ и определить площадь фигуры под графиком для указанного промежутка времени. Данный способ работы позволит подготовить учащихся к ре-

шению четвертого типа задач на использование графического метода.

Заключение. Графический метод решения физических задач является одним из «инструментов» для успешного решения задач. Данный метод основан на использовании графиков зависимости физических величин для анализа описанной в задаче физической ситуации, а также для выполнения ее требований.

Можно выделить четыре типа задач, решение которых основано на использовании графического метода: 1) задачи, в условии которых значение одной из физических величин задано в графической форме; 2) задачи, основным требованием которых является построение графика зависимости физических величины; 3) задачи, все условие которых задано в графической форме, а сам график отражает некоторый физический процесс; 4) задачи, для решения которых необходимо построить график зависимости физических величин, отражающий описанный в условии задачи физический процесс.

Для владения графическим методом решения задач необходимо особое внимание уделить формированию межпредметных знаний и умений по математике и физике. Предложенный комплекс методических рекомендаций направлен на формирование умений строить и анализировать графики зависимости физических величин, а также определять по ним различные параметры физических процессов. Важным этапом в формировании умений экстраполировать знания по математике на область физики является анализ и разбор требований, наиболее часто встречающихся в задачах на использование графического метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володарский, В. Е. Обучение школьников решению задач / В. Е. Володарский // Физика в школе. – 2002. – № 7. – С. 42–44.
2. Балаш, В. А. Задачи по физике и методы их решения : пособие для учителей / В. А. Балаш. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Просвещение, 1983. – 432 с.
3. Решение задач по физике. Психолого-методический аспект / Н. Н. Тулькибаева [и др.]. – Челябинск : Изд-ва ЧГПИ Факел, ЧВВАИУ и Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1995. – 120 с.
4. Журавлева, С. Ю. Формирование общего метода решения типовых задач / С. Ю. Журавлева // Физика в школе. – 2002. – № 7. – С. 44–47.
5. Гапоник, Т. Э. Обучение учащихся методам решения физических задач / Т. Э. Гапоник, Н. В. Матецкий //

REFERENCES

1. Volodarskij, V. E. Obuchenie shkol'nikov resheniyu zadach / V. E. Volodarskij // Fizika v shkole. – 2002. – № 7. – S. 42–44.
2. Balash, V. A. Zadachi po fizike i metody ih resheniya : posobie dlya uchitelej / V. A. Balash. – Izd. 4-e, pererab. i dop. – M. : Prosveshchenie, 1983. – 432 s.
3. Reshenie zadach po fizike. Psihologo-metodicheskij aspekt / N. N. Tul'kibaeva [i dr.]. – Chelyabinsk : Izd-va ChGPI Fakel, ChVVAIU i Ural. gos. prof.-ped. un-ta, 1995. – 120 s.
4. Zhuravleva, S. Yu. Formirovanie obshchego metoda resheniya tipovyh zadach / S. Yu. Zhuravleva // Fizika v shkole. – 2002. – № 7. – S. 44–47.
5. Gaponik, T. E. Obuchenie uchashchihsya metodam resheniya fizicheskikh zadach / T. E. Gaponik, N. V. Mateckij //

- Фізика: проблеми викладання. – 2006. – Вып. 4. – С. 27–28.
6. *Матецкий, Н. В.* Технология решения задач по физике (механика) и астрономии : учеб.-метод. пособие / Н. В. Матецкий, К. Ф. Зноско. – Гродно : ГрГУ, 2007. – 359 с.
7. *Бершадский, М. Е.* Методы решения задач по физике. Механика. Кинематика. Прямолинейное движение / М. Е. Бершадский, Е. А. Бершадская. – М. : Народное образование, 2001. – 224 с.
8. *Кондратьев, А. С.* Методы решения задач по физике / А. С. Кондратьев, Л. А. Ларченкова, А. В. Ляпцев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 312 с.
9. Физика. Теория и технология решения задач : учеб. пособие / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : ТетраСистемс, 2003. – 560 с.
- Fizika: problemy vykladannya. – 2006. – Vyp. 4. – S. 27–28.
6. *Mateckij, N. V.* Tekhnologiya resheniya zadach po fizike (mekhanika) i astronomii : ucheb.-metod. posobie / N. V. Mateckij, K. F. Znosko. – Grodno : GrGU, 2007. – 359 s.
7. *Bershadskij, M. E.* Metody resheniya zadach po fizike. Mekhanika. Kinematika. Pryamolinejnoe dvizhenie / M. E. Bershadskij, E. A. Bershadskaya. – M. : Narodnoe obrazovanie, 2001. – 224 s.
8. *Kondrat'ev, A. S.* Metody resheniya zadach po fizike / A. S. Kondrat'ev, L. A. Larchenkova, A. V. Lyapcev. – M. : FIZMATLIT, 2012. – 312 s.
9. Fizika. Teoriya i tekhnologiya resheniya zadach : ucheb. posobie / V. A. Bondar' [i dr.] ; pod obshch. red. V. A. Yakovenko. – Minsk : TetraSistems, 2003. – 560 s.