

УДК 53:37.091.3

UDC 53:37.091.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

METHODICAL BASES OF USING COMPLEX PROBLEMS AT THE LESSONS OF PHYSICS

О. Г. Харазян,
кандидат педагогических наук,
доцент кафедры теоретической
физики и теплотехники
ГрГУ им. Янки Купалы;

Э. В. Полудень,
магистрант физико-технического
факультета ГрГУ им. Янки Купалы

A. Kharazian,
PhD in Pedagogics, Associate Professor
of the Department of Theoretical
Physics and Heat Engineering, GrSU
named after Yanka Kupala;

E. Poluden,
Lecturer of the Department
of Medical and Biological Physics, BSMU

Поступила в редакцию 21.11.18.

Received on 21.11.18.

В статье раскрыто определение комплексной задачи по физике, рассмотрены особенности ее структуры и содержания. Предложены методические рекомендации для составления данного типа задач. Представлена комплексная задача по разделу «Электростатика», включающая 16 требований. Составлены таблица для систематизации знаний учащихся по указанному разделу, а также теоретические задания для анализа результатов выполненной работы и формулировки соответствующих выводов. В работе раскрыты возможности использования комплексных задач на различных этапах процесса обучения физике: на этапе изучения нового учебного материала, организации процесса решения задач, повторения и закрепления, систематизации и обобщения пройденного учебного материала, а также на этапе диагностики и контроля степени усвоения знаний. Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования учебного процесса по физике через решение комплексных задач.

Ключевые слова: обучение физике, комплексная задача, решение физических задач, систематизация знаний.

In the article the definition of complex tasks in physics, the peculiarities of its structure and content. The proposed guidelines for the preparation of this type of tasks. The complex task of the section "Electrostatics" is presented, which includes 16 requirements. A table has been compiled to systematize the pupils' knowledge in this section, as well as theoretical tasks for analyzing the results of the work done and formulating the relevant conclusions. The paper reveals the possibilities of using complex tasks at various stages of the physics teaching process: at the stage of studying new educational material, organizing the process of solving problems, repeating and consolidating, systematizing and summarizing the passed educational material, as well as at the stage of diagnosing and controlling the degree of knowledge mastering. The results can be used to improve the educational process in physics through the solution of complex tasks.

Keywords: learning physics, complex task, solving physical tasks, systematization of knowledge.

Введение. Неотъемлемой частью процесса обучения физике является решение задач. Задачи по физике выполняют спектр дидактических функций. Во-первых, они выступают одним из средств формирования практических умений по применению полученных знаний к конкретным физическим ситуациям. Во-вторых, задачи – это ведущее средство диагностики и контроля степени усвоения знаний по физике. Кроме того, решение задач может быть использовано для создания проблемной ситуации, сообщения новых знаний, повторения и закрепления, систематизации и обобщения прой-

денного учебного материала, развития творческих способностей учащихся.

Рассмотрим понятие комплексной задачи. Данный тип задач также называют многоуровневые задачи по физике [1]. В практике обучения физической задачей обычно называют небольшую проблему, которая решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе методов и законов физики [2]. *Комплексная задача по физике* – это задача, решение которой требует применения знаний из разных тем одного раздела школьного курса физики. Например, решение комплексной задачи по разделу «Постоянный элект-

трический ток» предполагает применение закономерностей последовательного и параллельного соединения проводников, закона Ома для участка и полной цепи, формул для расчета работы, мощности и КПД источника тока [3]. Таким образом, решение комплексной задачи включает ученика в деятельность по установлению и усвоению связей между элементами учебного материала одного и того же раздела.

Отметим, что комплексные задачи отличаются от комбинированных задач тем, что для решения последних требуется применение знаний из разных разделов школьного курса физики в их взаимосвязи. Например, решение комбинированной задачи может предполагать применение знаний по электростатике и основам динамики.

Примеры комплексных задач можно встретить лишь в отдельных статьях. Л. Н. Яромская с соавторами описывает комплексные задачи по молекулярной физике и термодинамике, а также по законам постоянного тока [3, 4]. Данные задачи представлены в одном варианте и включают по 12 требований. В. М. Кротов в своей работе также предлагает примеры комплексных задач из разных разделов физики. Задачи данного автора включают по шесть требований, сформулированных в порядке их усложнения [1]. Авторы статей не рассматривают методику использования комплексных задач в процессе обучения физике. Таким образом, комплексные задачи не представлены в сборниках задач по физике, методические рекомендации к их составлению и использованию в процессе обучения физике слабо освещены в методической литературе.

Основная часть. Любая физическая задача состоит из условия и требования. 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 [2]. Сущность процесса решения задачи заключается в выявлении соответствующих физических закономерностей, лежащих в основе явлений, представленных в задаче, и их применение к конкретной задачной ситуации с целью определения ее требования.

Отличительной особенностью комплексной задачи является то, что она включает в себя большое количество требований, при формулировке которых рассматриваемая в задаче физическая ситуация постепенно

дополняется новыми условиями. При этом требования задачи позволяют охватить большинство вопросов рассматриваемого раздела и могут быть сформулированы в различной форме: вопроса, графического задания, задания на вычисление, экспериментального задания.

Требования комплексной задачи, как правило, расположены в таком порядке, при котором последовательность применяемых знаний соответствует порядку их изучения в рассматриваемом разделе. Требования могут зависеть или не зависеть друг от друга, также возможен комбинированный вариант. В первом случае правильное выполнение каждого следующего требования невозможно без правильного выполнения предыдущего. При этом совершение ошибки в одном из требований может привести к неверному решению оставшейся части задачи. В таком случае рекомендуется поэтапно сверять полученные результаты с верными ответами.

Для составления комплексной задачи по физике можно воспользоваться следующими методическими рекомендациями.

1. Необходимо детально проанализировать структуру и содержание раздела, по которому предполагается составить задачу.
2. Выделить основные физические понятия, явления, процессы, принципы и законы, которые предполагается использовать для формулировки условий и требований задачи.
3. Сформулировать условия и требования задачи, используя один из подходов.

Первый подход. Необходимо выбрать несколько ключевых задач, решение которых основано на использовании ранее выделенных элементов учебного материала по рассматриваемому разделу. Затем необходимо таким образом скомбинировать условия и требования выбранных задач, чтобы получить одну комплексную задачу.

Второй подход. Необходимо выбрать одну задачу, как правило, достаточно сложную. Решение данной задачи, по возможности, должно охватить максимальное число формул, понятий и законов из рассматриваемого раздела. Затем необходимо написать подробный алгоритм решения выбранной задачи. Анализ алгоритма позволит детализировать требование исходной задачи. Таким образом, из сложной задачи можно получить комплексную задачу с большим числом требований, охватывающих учебный материал раздела. Описанную в задаче физическую ситуацию по возможности необхо-

димом дополнить условиями, учет которых позволит сформулировать новые требования.

4. Требования комплексной задачи целесообразно расположить в таком порядке, при котором последовательность применения знаний будет соответствовать порядку их изучения в рассматриваемом разделе. Порядок расположения требований также рекомендуется организовать по принципу от простого к сложному.

5. При составлении комплексной задачи можно предусмотреть ее вариативность. Варианты задачи могут быть равнозначными, а могут быть дифференцированными по уровню сложности. Дифференциацию комплексной задачи можно реализовать различными способами. Во-первых, варианты задачи могут включать разное количество требований. Во-вторых, варианты задачи могут включать одинаковые требования, но описывать различные по уровню сложности физические ситуации.

6. В дополнение к комплексной задаче рекомендуется разработать таблицу или схему, заполнение которых удобно выполнять в ходе решения задачи. Заполнение таблиц и схем позволит систематизировать и обобщить знания учебного материала по изученному разделу. Таблица для комплексной задачи может включать характеристики

физических величин, встречающихся в ее решении: их обозначения, единицы измерения, определения, расчетные формулы, графические представления зависимостей данных величин, формулировки физических законов и принципов.

7. Дополнить задачу можно теоретическими заданиями, содержание которых предполагает анализ методов и результатов решения комплексной задачи, а также анализ содержания заполненной таблицы. Таким образом, выполнение данных заданий позволит учащимся подвести итоги проделанной работы и сформулировать соответствующие выводы.

Рассмотрим комплексную задачу по разделу «Электростатика» (10 класс) [5]. Варианты задачи включают одинаковые требования, но разные по уровню сложности физические ситуации. Кроме того, каждый вариант задачи включает по 4 требования повышенного уровня сложности, отмеченные звездочкой. Данные требования могут быть выполнены на усмотрение учащихся.

Условия задачи представлено на рисунке 1 и в таблице 1. Для каждого варианта задачи предложена система неподвижных точечных зарядов, расстояния между ними, а также расстояния от зарядов до рассматриваемых точек.

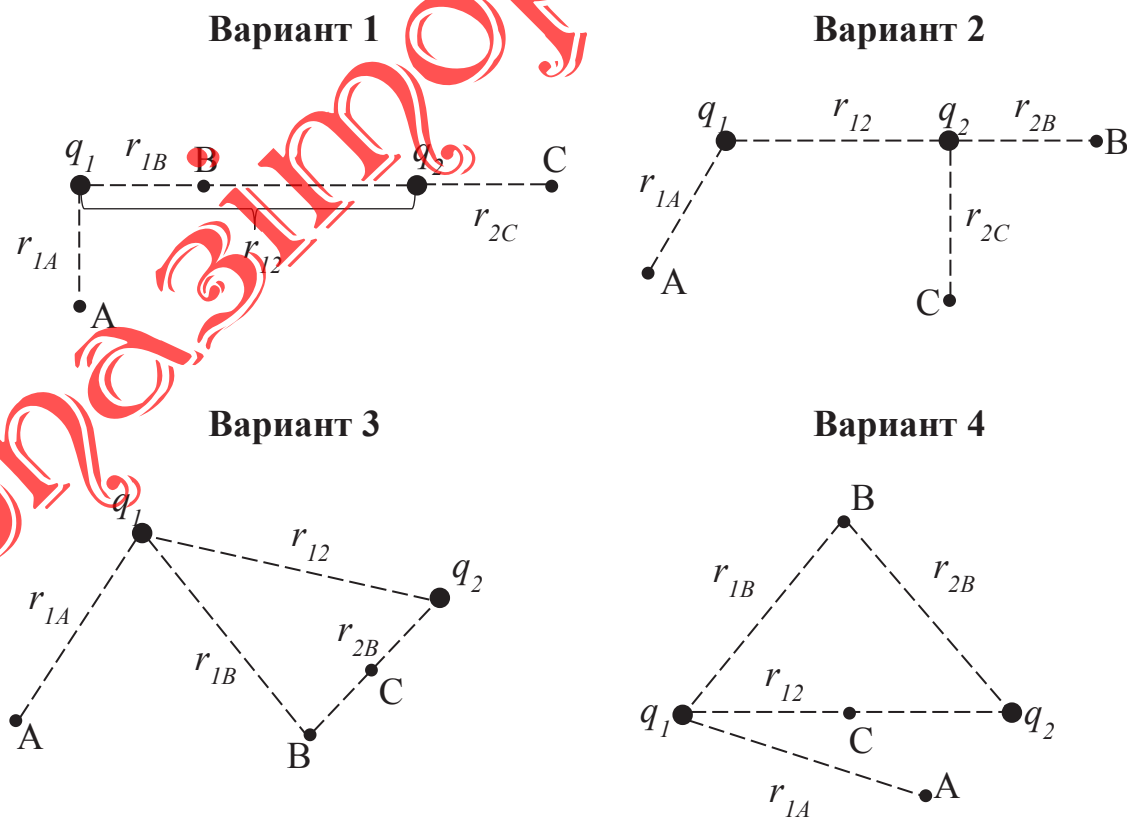


Рисунок 1 – Условия комплексной задачи по разделу «Электростатика»

Таблица 1 – Условия комплексной задачи по разделу «Электростатика»

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
q_1 , нКл	10	- 40	27	- 90
q_2 , нКл	25	16	- 12	- 35
r_{12} , см	50	45	35	66
r_{1A} , см	50	18	23	17
r_{1B} , см	40	-	35	20
r_{2B} , см	30	100	35	-
r_{2C} , см	15	37	12	33
n	10	6	3	7
ϵ	39	2,1	2,5	81

Рассмотрим условия и требования комплексной задачи.

1. Определите и изобразите силу взаимодействия F_{12} зарядов q_1 и q_2 .

2. Во сколько раз изменится сила взаимодействия F_{12} , если расстояние между зарядами уменьшить в n раз и поместить их в среду с диэлектрической проницаемостью ϵ ?

3. Изобразите линии напряженности электростатического поля, созданного зарядом q_2 .

4. Определите напряженность поля E_{1A} , созданного зарядом q_1 , в точке А. Изобразите вектор напряженности в этой точке.

5. Во сколько раз изменится напряженность поля, созданного зарядом q_1 , в точке А, если заряд поместить в среду с диэлектрической проницаемостью ϵ ?

6. Определите напряженность результирующего поля E_B , созданного зарядами q_1 и q_2 , в точке В. Изобразите вектор напряженности в этой точке.

7. *Определите, в какой точке пространства напряженность результирующего поля равна нулю.

8. *В точку С поместили заряд $q_3 = q_1$. Определите напряженность результирующе-

го поля E , созданного тремя зарядами в точке В. Изобразите вектор напряженности в этой точке.

9. Изобразите эквипотенциальные поверхности электростатического поля, созданного зарядом q_2 .

10. Определите потенциал поля φ_{2B} , созданного зарядом q_2 , в точке В.

11. Во сколько раз изменится потенциал поля в этой точке, если заряд q_2 поместить в среду с диэлектрической проницаемостью ϵ ?

12. Определите потенциал результирующего поля φ_C , созданного зарядами q_1 , q_2 в точке С.

13. *Определите потенциал результирующего поля φ , созданного зарядами q_1 , q_2 , q_3 в точке В.

14. Определите энергию взаимодействия W_{12} зарядов q_1 и q_2 .

15. *Определите энергию взаимодействия W зарядов q_1 , q_2 , q_3 .

16. Определите работу электростатического поля А, созданного зарядом q_1 , при перемещении заряда q_2 в точку В.

В ходе решения рассмотренной комплексной задачи учащимся необходимо заполнить таблицу 2.

Таблица 2 – Систематизация и обобщение знаний по разделу «Электростатика»

Физическая величина	Обозначение, единицы измерения	Формула	Принцип суперпозиции	Графическое представление зависимости
точечный заряд		закон сохранения:	-	-
сила взаимодействия зарядов				$F(r)$
напряженность поля				$E(r)$
потенциал поля				$\varphi(r)$
энергия взаимодействия зарядов			-	$W(r)$
работа сил электростатического поля			-	-

Задания для формулировки выводов

1. Проанализируйте взаимное расположение силовых линий и эквипотенциальных поверхностей электростатического поля.

2. Как изменяются силовая и энергетическая характеристики электростатического поля, при его перемещении в диэлектрическую среду?

3. Сравните способы применения принципа суперпозиции полей при нахождении напряженности и потенциала результирующего поля в заданной точке.

4. Проанализируйте и сравните характер зависимости силы взаимодействия и энергии взаимодействия зарядов от расстояния между ними; а также зависимости напряженности и потенциала поля, созданного неподвижным точечным зарядом, от расстояния до рассматриваемой точки поля.

Таким образом, решая описанную задачу, учащиеся смогут:

- повторить способы изображения электростатического поля точечного заряда;
- повторить основные характеристики электростатического поля: напряженность и потенциал поля, силу и энергию взаимодействия зарядов, работу сил поля по перемещению заряда;
- применить принцип суперпозиции полей для напряженности и потенциала результирующего поля в заданной точке;
- оценить особенности применения данного принципа для векторных и скалярных величин;
- проанализировать формулы для расчета основных характеристик поля, находящегося в вакууме и в диэлектрической среде;
- проанализировать и сравнить характер зависимости силы и энергии взаимодействия зарядов от расстояния между ними, напряженности и потенциала поля от расстояния до рассматриваемой точки поля.

На наш взгляд, заполнение таблицы для систематизации знаний, а также выполнение теоретических заданий для анализа решения задачи и формулировки выводов придадут процессу решения комплексной задачи более целенаправленный и системный характер, а также позволяют сформировать у учащихся не только предметные, но и ряд ключевых компетенций.

Рассмотрим возможности использования комплексных задач на различных этапах процесса обучения физике. Решение ком-

плексной задачи может быть организовано на *этапе изучения нового учебного материала*. Для этого следует начать изучение нового раздела со знакомства учащихся с условием комплексной задачи. Требования данной задачи будут выполняться в форме фронтального обсуждения на протяжении нескольких уроков по мере получения недостающих для решения задачи знаний. Следовательно, изучение разных тем одного и того же раздела может быть построено на основе физической ситуации, постепенно дополняемой новыми условиями. Таким образом, описанный подход к изучению раздела обеспечивает преемственность между ее темами, а также позволяет последовательно и системно применять полученные знания для решения комплексной задачи.

Комплексные задачи могут найти свое место и на *уроках решения задач по физике*. Данный тип урока может быть организован в форме практической работы, содержание которой будет включать следующие этапы: решение комплексной задачи, заполнение таблицы для систематизации знаний, выполнение аналитических заданий для формулировки выводов. Выполнение практической работы возможно в парах, при этом каждый из учащихся должен подготовить и сдать отчет. Рекомендуемая структура отчета: тема практической работы, цель работы, подробное решение всех требований комплексной задачи, заполненная таблица (схема), вывод.

Для выставления отметок по результатам практической работы необходимо предварительно разработать критерии ее оценки. Описанная работа может быть предложена в качестве домашнего задания.

Таким образом, выполнение практической работы на уроке решения задач по физике позволяет организовать целенаправленную самостоятельную работу учащихся по комплексному применению знаний изученного раздела.

Изучение любого раздела завершается *уроком повторения и закрепления учебного материала* или *уроком систематизации и обобщения знаний учащихся*. Организация данных уроков может быть основана на решении комплексной задачи в форме групповой работы учащихся. Таким образом, решение комплексной задачи предполагает внутригрупповое обсуждение ее условий и выполнение всех требований, а также заполнение таблицы, которая позволит систематизировать и обобщить знания учащихся

по изученному разделу. Если варианты задачи дифференцированы по уровню сложности, то целесообразно сформировать группы учащихся с различным уровнем успеваемости.

Для проверки результатов выполненной работы можно предложить учащимся сверить полученные числовые ответы с верными ответами. Затем учитель должен обсудить с классом общую логику выполнения только тех требований комплексной задачи, которые вызвали наибольшие трудности. После этого учащиеся смогут самостоятельно исправить ошибки, допущенные при решении своего варианта задачи.

Заполненные таблицы можно проверить через фронтальное обсуждение. При этом учащиеся смогут сравнить друг с другом полученные результаты и при необходимости дополнить и исправить ранее выполненные записи.

За каждое правильно выполненное требование задачи и верно заполненную ячейку таблицы можно начислять определенное количество баллов. Оценить результаты работы групп рекомендуется на основе суммирования баллов, полученных за решение задачи и заполнение таблицы. Команду, которая набрала наибольшее число баллов, можно поощрить одним из способов: выставить высокие отметки за работу на уроке, предложить меньший объем домашнего задания, вручить сертификат за успехи в решении комплексной задачи.

Таким образом, решение комплексной задачи позволяет организовать повторение и закрепление всех законов и принципов пройденного раздела. Через их применение к рассмотренной в задаче физической ситуации. При этом последовательность применения формул будет соответствовать порядку их следования в изученном разделе.

Традиционно самостоятельные работы, которые проводятся в рамках тематического контроля, а также контрольные работы по физике разрабатываются в двух вариантах и включают по пять задач различного уровня сложности. *Комплексная задача также может выступить в качестве самостоятельной или контрольной работы.*

Оценить решение комплексной задачи можно на основе шкал, представленных в документе об оценке результатов учебной деятельности учащихся по физике. Одна из шкал определяет максимальное количество баллов за каждое задание, вторая – шкала

перевода суммарного количества баллов в отметку по десятибалльной системе. Согласно данным шкалам в самостоятельную (контрольную) работу рекомендуется включать 5 или 10 заданий. Таким образом, в комплексную задачу для тематического контроля целесообразно включить 10 требований.

Проведение тематического контроля через решение задач требует от учащихся анализа нескольких задачных ситуаций, что предполагает затрату дополнительного времени. К тому же при таком подходе не всегда есть возможность охватить все вопросы пройденного раздела. В свою очередь, решение комплексной задачи позволяет не только преодолеть данные ограничения и достаточно точно определить уровень усвоения учебного материала, но и выполнить диагностику степени усвоения знаний учащимися. Проанализировав в процентном отношении количество учащихся, не справившихся с определенными требованиями задачи, можно выделить те вопросы раздела, которые вызвали у них наибольшие трудности.

Следует отметить, что возможности использования комплексных задач на различных этапах процесса обучения физике не ограничиваются предложенными подходами к их реализации, а открыты к преобразованиям в направлении новых теоретических и экспериментальных исследований.

Заключение. Отличительная особенность комплексной задачи заключается в том, что рассматриваемая в ней физическая ситуация постепенно дополняется новыми условиями, а требования задачи предполагают применение знаний из разных тем одного и того же раздела в их взаимосвязи и в той последовательности, в которой они изучались. Таким образом, с одной стороны, особая структура и содержание комплексной задачи определяют трудоемкость процесса их составления. С другой стороны, описанные особенности комплексной задачи открывают новые возможности для организации изучения нового учебного материала, организации процесса решения задач, повторения и закрепления, систематизации и обобщения пройденного учебного материала, а также для диагностики и контроля степени усвоения знаний. При этом процесс решения комплексной задачи может быть организован в различных формах: в форме фронтального обсуждения, в форме практической работы, выполняемой в парах, в форме группового обсуждения и в форме тематического контроля, выполняемого индивидуально.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кротов, В. М. Многоуровневые задачи по физике / В. М. Кротов // Фізика: праблемы выкладання. – 1997. – Вып. 7. – С. 88–90.
2. Физика. Теория и технология решения задач : учеб. пособие / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : ТетраСистемс, 2003. – 560 с.
3. Яромская, Л. Н. Комплексная задача «Законы постоянного тока» / Л. Н. Яромская, Н. И. Чопчиц, И. С. Янусик // Фізика: праблемы выкладання. – 2005. – № 5. – С. 23–25.
4. Яромская, Л. Н. Комплексная задача по молекулярной физике и термодинамике / Л. Н. Яромская, О. Ф. Савчук, И. С. Янусик // Фізика: праблемы выкладання. – 2014. – № 5. – С. 40–47.
5. Физика. Астрономия. 7–11 кл. : примерное календарно-тематическое планирование : пособие для учителей учреждений общ. сред. образования / И. В. Галузо [и др.]. – Минск : НИО : Аверсэв, 2018. – 141 с.

REFERENCES

1. Krotov, V. M. Mnogourovnevyye zadachi po fizike / V. M. Krotov // Fizika: problemy vykladannya. – 1997. – Vyp. 7. – S. 88–90.
2. Fizika. Teoriya i tekhnologiya resheniya zadach : ucheb. posobiye / V. A. Bondar [i dr.] ; pod obshch. red. V. A. Yakovenko. – Minsk : TetraSistems, 2003. – 560 s.
3. Yaromskaya, L. N. Kompleksnaya zadacha «Zakony postoyannogo toka» / L. N. Yaromskaya, N. I. Chopchits, I. S. Yanusik // Fizika: problemy vykladannya. – 2005. – № 5. – S. 23–25.
4. Yaromskaya, L. N. Kompleksnaya zadacha po molekulyarnoy fizike i termodinamike / L. N. Yaromskaya, O. F. Savchuk, I. S. Yanusik // Fizika: problemy vykladannya. – 2014. – № 5. – S. 40–47.
5. Fizika. Astronomiya. 7–11 kl. : primernoye kalendarnotematicheskoye planirovaniye : posobiye dlya uchiteley uchrezhdeniy obshch. sred. Obrazovaniya / I. V. Galuzo [i dr.]. – Minsk : NIO : Aversev, 2018. – 141 s.

Державна заповідь