DOI: 10.25629/HC.2024.10.19
УДК: 37.022
ВАК: 5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования

ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В РЕШЕНИИ УЧЕБНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Половникова Л.Б.
Тюменский индустриальный университет

Аннотация

В современных условиях трансформации высшего образования ни одна область научного знания не обходится без системных представлений. При таком подходе не является исключением и методика обучения физики. В статье предлагается метод решения физических задач исследовательского типа, в которых «ничего не дано» на основе диалектического подхода, позволяющего рассмотреть решение физической задачи как иллюстрацию гносеологической цепочки познания. Такой подход позволяет решить развивающую функцию обучения у обучающихся технического вуза. Кроме того, выступает основой формирования общеучебных компетенций студентов, готовит к исследовательской научной деятельности будущего инженера, т.к. позволяет формировать умения анализировать, моделировать, сравнивать, делать выводы. В статье представлены цель, методы и результаты педагогического исследования по апробации метода в условиях преподавания физики вузе. В материале исследования мы рассматриваем примеры решения задач из важных разделов физики «Механика», «Основы термодинамики». По предлагаемой методике прошли обучение студенты направлений: «Электроэнергетика и электротехника», «Сервис транспортно-технологических машин и оборудования», абитуриенты подготовительных кусов в рамках, действующих в Тюменском индустриальном университете профориентационных проектов: Школа абитуриента; Профильные и индустриальные классы. Эффективность использования подхода в решении физической задачи как дедуктивно выстроенной последовательности рассуждений от фундаментального ядра физической теории к теоретическому следствию доказывают результаты проведенного педагогического исследования. Авторские учебно-методические пособия в течении ряда лет используются на практических занятиях по физике в Тюменском индустриальном университете. В будущей производственной деятельности инженеру предстоит решать конструкторские, исследовательские задачи, а общеучебные компетенции в решении физических задач формирует надежную основу этой деятельности.

Ключевые слова

физика, физическая теория, физическая теория, профессиональная подготовка инженера

Введение в проблему

Основополагающей целью изучения курса физики вуза выступает формирование системных знаний на основе системных свойств физических теорий, составляющих его содержание. Физическая теория как форма отражения реальности является относительно замкнутой концептуальной системой, под которой рассматривается система знаний о свойствах и законах физических форм движения материи **[7]**. Понимание физической теории как основной, наиболее совершенной логической формы знания рассматривается в работах И. Канта, Г.В.Ф. Гегеля, в частности в утверждении: «Формой, в которой существует истина, может быть лишь научная

система ее» [4, с.3]. Диалектика познания отражается в формально-логической структуре физической теории. Этапы познания в целом реализуют диалектический цикл развития знания.

Изучение физической теории как системы с её свойствами: объяснительной и предсказательной, является необходимым условием формирования системных знаний физических теорий. Общелогические методы научного познания; анализ, синтез, абстрагирование и моделирование, систематизация, обобщение соотносятся со способами выполнения познавательных действий в ходе решения физических задач [8]. В ходе решения физических задач у студентов технического вуза формируются общеучебные компетенции, выступающие базой для выработки профессиональных компетенций будущего инженера. Сравнив деятельности по решению инженерно-технических и учебных задач, можно заметить, что этапы в решении имеет одинаковую последовательность: этап осмысления проблемы, далее решение через определение искомых данных, этап анализа проведенного решения. В инженерной практике решаются разные производственные задач: технологические, конструкторские, исследовательские. Именно поэтому мы придаем большое значение формированию общеучебных компетенций по формированию приемов и навыков в решении физических задач. В авторских учебно-методических пособиях [9,10,11] мы знакомим студентов, обучающихся по направлениям подготовки технического профиля с разными методами решения физических задач на практических занятиях. Учебные пособия предназначены и для самообразования студентов и абитуриентов при подготовке в вуз. Многие задачи предлагались на олимпиадах для школьников. В нашей статье мы обращаемся к демонстрации диалектического метода в решении задач, в которых «ничего не дано», задач исследовательского характера. В решении таких задач особенно ярко реализуется предсказательная функция физической теории.

Цель исследования – анализ результативности применения диалектического подхода в решении физических задач особого типа – задачи без числовых данных.

Материал и методы исследования

В текстовой физической задаче, которую предстоит решить студенту, выражена гипотетико-дедуктивная модель структуры физической теории. Само же решение текстовой физической задачи демонстрирует гносеологический аспект физической теории, выраженный в свойствах физической теории-объяснительной и предсказательной. По определенному условием задачи состоянию физической системы в данный момент времени предсказать (определить) конечное состояние.

Задачи в курсе физики вуза можно представит следующей классификацией (рис. 1):

Рисунок 1 – Классификация физических задач

Успех в решении задачи определяется ясной формулировкой и соответствующей формализацией начального состояния. В своих статьях мы не раз рассматривали методические подходы в решении физических задач [6]. Обратимся отдельно к задачам с элементами исследовательского характера, отметим, что четкой границы между тренировочными и учебно-исследовательскими задачами нет. При этом, в задачах учебно-исследовательских преобладает эвристический элемент, в то время как в тренировочных-алгоритм решения [2,3].

Отдельного внимания заслуживают задачи, в условиях которых отсутствуют определенные физические величины – задачи, в которых «ничего не дано». Наша практика работы показывает, что такие задачи вызывают затруднения у обучающихся и абитуриентов. Эти задачи выполняют особую познавательную роль, поскольку способствуют реализации развивающей функции обучения.

Рассмотрим основные этапы в решении задач. Пропедевтически целесообразно при решении таких задач уделять внимание качественным физическим задачам. В ходе анализа содержания задачи, в которой «ничего не дано» нужно выяснить от каких величин может зависеть ответ в ее решении. Затем нужно записать уравнения, в которые входит искомая физическая величина. Например, $\sum_{i=1}^{n} F_i = ma$ – второй закон Ньютона, либо $\sum_{i=1}^{n} F_i = 0$ и $\sum_{i=1}^{n} M_i = 0$– условия равновесия , $\sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} U_i$– закон сохранения энергии и др. При этом в записи этих уравнений могут быть физические величины не указанные в условии задачи. Далее проводим подетальней анализ получившихся уравнений. При этом необязательно, чтобы число уравнений было рано числу неизвестных, так как некоторые переменные могут сокрыться в процессе решения.

Таким образом этапы по решению подобных задач отражают диалектическую теорию познания. Операции по решению выражаются в анализе содержания законов и понятий и их логического генезиса; к ведению этих понятий в определенную категорийную сетку; распознавания объектов, принадлежащих закону и понятию теории; в конструировании объектов, принадлежащих понятию; математической формализации свойств теоретических объектов, в выделении следствий из понятия.

Задачи, в которых «ничего не дано» относят к задачам эвристического характера. Учебно-исследовательские задачи чаще формулируются без указания конкретных численных данных физических величин. Рассмотрим несколько примеров таких задач с возможными решениями. Последующие примеры разберем из раздела физики «Механика».

Пример 1. На покоящийся гладкий шар налетает такой же шар и испытывает абсолютно упругий удар. Определить угол, под которым шары разлетаются.

Решение. Известно, что шары одинаковые и второй шар до столкновения покоился. В общем случае удар не центральный, и скорость налетающего шара составляет с линией центров шаров угол α (рис. 2).

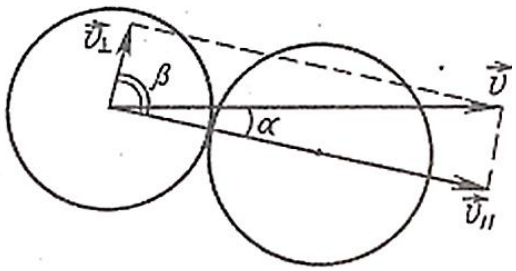

Рисунок 2 – Разложение вектора скорости на две составляющие

Скорость налетающего шара1 разложим на две составляющие: по линии центра шаров и перпендикулярно ей. Ввиду отсутствия трения в процессе взаимодействия перпендикулярная составляющая скорость $\vartheta_{\perp}$ не изменяется, а продольная составляющая $\vartheta_{\parallel}$, как следует из соотношений для абсолютно упруго удара одинаковых шаров, один с которого до столкновения покоился «передается» покоящемуся шару. Следовательно угол разлета $\beta = \frac{\pi}{2}$. Но если $\angle\alpha = 0$, т.е. удар центральный, то $\angle\beta = 0$.

Скорость налетающего шара1 разложим на две составляющие: по линии центра шаров и перпендикулярно ей.

Скорость налетающего шара1 разложим на две составляющие: по линии центра шаров и перпендикулярно ей. Ввиду отсутствия трения в процессе взаимодействия перпендикулярная составляющая скорость $\vartheta_{\perp}$ не изменяется, а продольная составляющая $\vartheta_{\parallel}$, как следует из соотношений для абсолютно упруго удара одинаковых шаров, один с которого до столкновения покоился «передается» покоящемуся шару. Следовательно угол разлета $\beta = \frac{\pi}{2}$. Но если $\angle\alpha = 0$, т.е. удар центральный, то $\angle\beta = 0$.

Задачи, в которых «ничего не дано» вызывают затруднения у обучающихся и по причине того, что не содержат подсказок для решения, такие задачи развивают умения анализировать, моделировать и сравнивать.

Пример 2. На земле вплотную лежат два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения между μ ними бревна не раскататься?

Решение. Бревна находятся в равновесии. Силы, действующие на правое бревно показаны на рисунке 3.

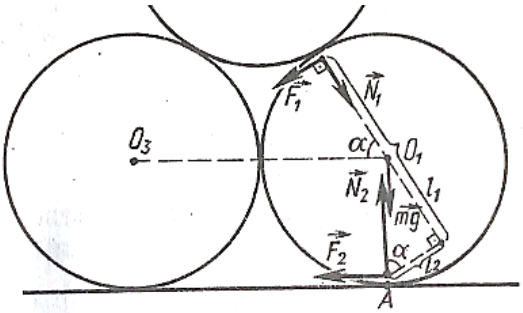

Рисунок 3 – Силы, действующие на правое бревно

Рассмотрим, случай, когда сила трения покоя принимает максимальное значение, равное силе трения скольжения $F = \mu N$. Запишем уравнение моментов

$$N_1 l_2 - \mu N_1 l_1 = 0.$$

Плечи l_1 *и* l_2 соответственно равны $l_1 = R + Rsin\alpha = R\,(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}), l_2 = Rcos\alpha = \frac{R}{2}$,

где R-радиус бревна, в угол $\alpha = 60^0$.

Но этот ответ недостаточен! Правильный ответ: $\mu \geq \frac{1}{2+\sqrt{3}}$

Пример 3. На горизонтальную плоскость кладут тонкостенную трубу, вращающуюся со скоростью ϑ_0 вокруг продольной оси. Какой будет скорость движения оси трубы, когда прекратится ее проскальзывание относительно плоскости?

Решение. При проскальзывании на трубу действует постоянная сила трения, которая ускоряет его поступательное движение и замедляет вращательное. Через время t скорость ϑ поступательного движения трубы будет равна *at*, а линейная скорость вращательного движения относительно оси трубы станет равной $\vartheta_{\text{вр}} = \vartheta_0$-at. Проскальзывание прекратится, когда эта скорость станет равной нулю: $\vartheta_{\text{вр}} - \vartheta = (\vartheta_0 - at) - at = 0$, откуда $at = \frac{\vartheta_0}{2}$. Таким образом, скорость поступательного движения оси трубы будет в этот момент равна $\frac{\vartheta_0}{2}$ и в дальнейшем изменяться не будет. Заметим, что результат не зависит от значения коэффициента трения.

Еще один интересны пример решения задачи с исследовательским содержанием, без приведенных числовых данных.

Пример 4. Определить ускорение грузов в системе блоков с грузами (см. рис.4) при неизвестных массах грузов. Массой блоков и нитей, трением в системе пренебречь. Нити нерастяжимы.

Решение. Силу натяжения T можно считать постоянной по всей длине нити, так как по условию задачи массой блоков и нитей можно пренебречь.

Поэтому, второй закон Ньютона $\sum_{i=1}^{n} F_i = ma$, для каждого из блоков можно записать: $m_1 g - T = m_1 a_1$; $m_2 g - 2T = m_2 a_2$; $2T - T = 0$. Отсюда $T = 0$ и $a_1 = a_2 = g$, т.е. оба груза свободно падают.

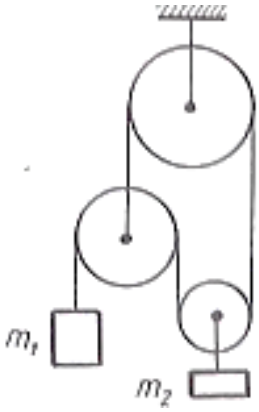

Рисунок 4–Система блоков с грузами

Решение. Силу натяжения T можно считать постоянной по всей длине нити, так как по условию задачи массой блоков и нитей можно пренебречь.

Поэтому, второй закон Ньютона $\sum_{i=1}^{n} F_i = ma$, для каждого из блоков можно записать: $m_1 g - T = m_1 a_1$; $m_2 g - 2T = m_2 a_2$; $2T - T = 0$. Отсюда $T = 0$ и $a_1 = a_2 = g$, т.е. оба груза свободно падают.

Таким образом получаем ответ при полном отсутствии начальных условий. Примером задачи с числовым ответом без начальных числовых данных служит задача из раздела «Основы термодинамики».

Пример 5. Тепловой цикл, проводимый с одноатомным идеальным газом, состоит из двух изохор и двух изобар. Найти максимальный КПД цикла.

Решение. Коэффициент полезного действия цикла $\eta = \frac{A}{Q}$. Найдем Q и A.

Газ получает количество теплоты на участках 1–2 и 2–3 (рис. 5).

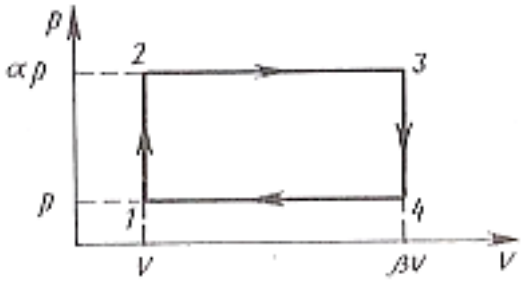

Рисунок 5 –Тепловой цикл, проводимый с одноатомным идеальным газом из двух изохор и двух изобар

Согласно первому закону термодинамики получаемое количество теплоты связано с изменением внутренней энергии газа и совершенной работой уравнением:

$$Q = \Delta U_{13} + A_{13}.$$

Пусть в изохорном процессе 1–2 давление изменилось в α раз, а в изобарном процессе 2–3 объем газа увеличился в β раз.

Тогда $\Delta U_{13} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_{1)}$. Работа A_{13} равна $A_{13} = \alpha p(\beta V - V) = \alpha pV(\beta - 1)$. Подставляя выражение для ΔU_{13} и A_{13} в первый закон термодинамики, получим:

$$Q = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_{1)} + \alpha pV(\beta - 1) = \left[\frac{3}{2}(\alpha\beta - 1) + \alpha(\beta - 1)\right]pV.$$

Работа за цикл 1–2–3–4 равна

$$A = (\alpha - 1))(\beta - 1)pV$$

Коэффициент полезного действия цикла $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{(\alpha-1))(\beta-1)}{\frac{3}{2}(\alpha\beta-1)+\alpha(\beta-1)} = \frac{1-\frac{1}{\alpha}-\frac{1}{\beta}+\frac{1}{\alpha\beta}}{\frac{5}{2}-\frac{1}{\beta}-\frac{3}{2\alpha\beta}}$.

КПД увеличивается с ростом α и β, его максимальное значение при очень больших значениях равно $\eta = \frac{2}{5} = 40\%$.

Получили численное значение КПД без отсутствия численных данных в задаче.

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретическая значимость проведенного исследования определяется предложением диалектического подхода в решении исследовательских физических задач [15,16]. Практическая значимость определяется возможностью применения результатов для формирования исследовательских компетенций у обучающихся, необходимых в дальнейшей профессиональной деятельности инженерных будущих инженеров [13,14].

Теоретические и практические результаты докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях. Обучение по предложенной методике прошли студенты первого курса направлений подготовки: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника,

профиль: – Электроснабжение; 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль – Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (нефтегазодобыча); абитуриенты подготовительных кусов в рамках, действующих в Тюменском индустриальном университете профориентационных проектов. С использованием методов математической статистики проанализированы результаты поставленной цели исследования. Используемые эмпирические методы: опросы, диагностические контрольные мероприятия доказывают положительный эффект предлагаемого подхода в решении физических задач.

Результаты проведенного педагогического эксперимента, методические рекомендации по решению физических задач, в которых «ничего не дано» могут быть использованы учителями школ, преподавателями средних профессиональных учебных учреждений при подготовке к олимпиадам, при проведении курсов повышего уровня решения задач, при реализации профориентационных проектов с углубленном изучении физики [15].

Выводы

В нашем педагогическом исследовании мы ставили себе цель формирования общеучебные компетенций на основе системного подхода в решении физических задач особого типа – задачи без числовых данных. Сегодня ни одна область научного знания не обходится без системных представлений [12]. Федеральные стандарты нового поколения требую от выпускника технического вуза сформированных компетенций в планировании и организации будущих научных исследований и проектной деятельности. Диалектизация преподавания – важное условие обеспечения требований стандарта нового поколения [1]. Это основной базис для выработки профессиональных компетенций будущего инженера. Системные знания фундаментального содержания физических теорий, знания важнейших дедуктивных следствий теорий и сущностного содержания физических эффектов являются источниками нестандартных технических идей, фактором повышения научного уровня исследований в будущей профессиональной деятельности инженера и курсов технических дисциплин и является фактором, формирующим мотивацию к дальнейшему самообразованию.

Библиография

1. Аленичева, В.С. Виды нестандартных задач по физике / С.В. Симукова, В.Д. Киселева [и др.] // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2022. – № 4(28). – С. 63-71. – EDN OIJDNB.

2. Антифеева, Е.Л. Решение профессионально-ориентированных задач в курсе физики как средство формирования профессиональных компетенций у обучающихся вузов / Е.Л. Антифеева, Д. Г. Петрова // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2022. – Т. 1. – С. 264-265.

3. Бабаев, В.С. Задачи по физике с избыточными данными, связанными с границей применимости физических законов / В.С. Бабаев // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2022. – Т. 1. – С. 313-314.

4. Гегель Г.Ф. Соч. Т.4.Система науки. Ч1. Феноменология духа. М.; Л.АН ССР, 1959.

5. Гурина, Т. А. Методические особенности решения физических задач на нахождение экстремальных значений в профессиональной подготовке будущих учителей / Т.А. Гурина, С.Н. Холодова // Педагогический журнал. – 2023. – Т. 13, № 2-3-1. – С. 197-207. – DOI 10.34670/AR.2023.87.35.025.

6. Половникова, Л.Б. Формирование предметных компетенций в ходе решения физических задач как основа профессиональных компетенций будущего инженера / Л.Б. Половникова // Гу-

манитаризация инженерного образования: методологические основы и практика – 2022 : материалы III Международной научно-практической конференции. В 2 т., Тюмень, 26–27 мая 2022 года. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 201-206. – EDN AUNSJR.

7. Казаков, Р.Х. Профессиональная направленность физических задач как дедуктивных следствий фундаментальных физических теорий / Р.Х. Казаков, К.Р. Муратов // Мир науки, культуры, образования. – 2017. – № 6(67). – С. 47-49.

8. Крутский, А.Н. Формирование знаний о физической величине на основе системно-функционального подхода / А.Н. Крутский, О.С. Гибельгауз // Психодидактика высшего и среднего образования : Материалы двенадцатой всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 01–02 марта 2023 года. – Барнаул: Алтайский государственный педагогический университет, 2023. – С. 135-139

9. Половникова, Л. Б. Задачи и примеры решений по курсу физики : учебное пособие / Л.Б. Половникова. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – 231 с. – ISBN 978-5-9961-1147-3.

10. Половникова, Л.Б. Практикум по решению физических задач / Л.Б. Половникова. Том Часть 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – 141 с. – ISBN 978-5-9961-1480-1.

11. Половникова, Л.Б. Практикум по решению физических задач / Л.Б. Половникова. Том Часть 3. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – 79 с. – ISBN 978-5-9961-1670-6.

12. Савченко, Е.В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров средствами решения физических задач обобщенными методами / Е.В. Савченко // Modern Science. – 2020. – № 11-2. – С. 283-286.

13. Тарханова, А.М. Лекционный курс и практикум по решению задач как источники и факторы организации и самоорганизации самостоятельной учебно-познавательной деятельности в курсе общей физики технического вуза / А.М. Тарханова, Р.Х. Казаков // Мир науки, культуры, образования. – 2019. – № 1(74). – С. 153-155.

14. Толчина, С.И. Реализация системности, непрерывности и преемственности физического образования в школе и вузе на примере изучения темы «Кинематика» / С.И. Толчина, А.А. Толчин // Мир науки, культуры, образования. – 2023. – № 3(100). – С. 66-68. – DOI 10.24412/1991-5497-2023-3100-66-68.

15. Яковлева, Е.В. Совершенствование навыков решения физических задач у будущих абитуриентов вуза / Е.В. Яковлева, Т. Г. Макусева // Управление устойчивым развитием. – 2024. – № 1(50). – С. 105-113. – DOI 10.55421/2499992X_2024_1_105.

16. Uzoqova G., Xo‘jamberdiyeva J. FIZIKA TA’LIMIDA O‘QUV-TADQIQOT FAOLIYATINI SHAKLLANTIRISH TAMOYILLARI // Farg'ona davlat universiteti. – 2024. – № 3. – С. 126-126.

17. Ikromjonovich S. A. Principles of Forming Educational and Research Activities in Physics Education // Excellencia: International Multi-disciplinary Journal of Education (2994-9521). – 2024. – Т. 2. – №. 7. – С. 121-126.

Об авторе

Половникова Людмила Борисовна, кандидат педагогических наук, доцент Тюменского индустриального университета, AuthorID: 590272, polovnikovalb@tyuiu.ru

A DIALECTICAL APPROACH TO SOLVING EDUCATIONAL AND RESEARCH PROBLEMS PHYSICAL TASKS

Polovnikova L.B.
Tyumen Industrial University

Abstract

In modern conditions of transformation of higher education, no field of scientific knowledge is complete without systemic concepts. With this approach, the methodology of teaching physics is no exception. The article proposes a method for solving research-type physical problems in which "nothing is given" based on a dialectical approach that allows us to consider the solution of a physical problem as an illustration of the epistemological chain of cognition. This approach allows us to solve the developmental function of learning from students of a technical university. In addition, it serves as the basis for the formation of general academic competencies of students, prepares a future engineer for research, since it allows him to form the skills to analyze, model, compare, and draw conclusions. The article presents the purpose, methods and results of pedagogical research on the approbation of the method in the conditions of teaching physics at a university. In the research material, we consider examples of solving problems from important sections of physics “Mechanics”, “Fundamentals of thermodynamics”. According to the proposed methodology, students of the following areas were trained: “Electric Power Engineering and electrical engineering”, “Service of transport and technological machines and equipment”, applicants for preparatory courses within the framework of vocational guidance projects operating at Tyumen Industrial University: The applicant's School; Specialized and industrial classes. The effectiveness of using the approach in solving a physical problem as a deductively constructed sequence of reasoning from the fundamental core of physical theory to a theoretical consequence is proved by the results of the conducted pedagogical research. The author's teaching aids have been used for a number of years in practical physics classes at the Tyumen Industrial University. In future production activities, the engineer will have to solve design and research tasks, and general academic competencies in solving physical problems form a reliable basis for this activity.

Keywords

physics, physical theory, physical theory, professional training of an engineer