

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Н.А. Очкина

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНОГО МЕТОДА И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика»

Под общей ред. доктора технических наук,
профессора Г.И. Грейсуха

Пенза 2016

УДК 531.521+537.100+535.100
ББК 22.62+22.313+22.314
О-95

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент
С.В. Тертычная (ПГУ);
кандидат физико-математических
наук, доцент П.П. Мельниченко
(ПГУАС)

Очкина Н.А.

О-95 Концепции современного естествознания. Эволюция научного
метода и естественнонаучной картины мира: учебно-методическое
пособие к практическим занятиям по направлению подготовки
38.03.01 «Экономика» / Н.А. Очкина; под общ. ред. д-ра техн. наук,
проф. Г.И. Грейсуха. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 108 с.

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с Государственным образовательным стандартом третьего поколения и предназначено для аудиторной работы и самостоятельной подготовки студентов. В него включены вопросы для обсуждения на семинарских занятиях, задачи, решение которых позволит более глубоко усвоить фундаментальные законы природы, тесты для самоконтроля и теоретические сведения, охватывающие основные направления естественнонаучных знаний.

Пособие подготовлено на кафедре «Физика и химия» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 38.03.01 «Экономика», при изучении дисциплины «Концепции современного естествознания».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016
© Очкина Н.А., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие разработано в соответствии с программой курса «Концепции современного естествознания» ФГОС ВО третьего поколения для направления 38.03.01 «Экономика» и предназначено для практических занятий по курсу.

Целью практических занятий является ознакомление студентов с элементами современной естественнонаучной картины мира; изучение важнейших положений современных концепций физики, химии, космологии; овладение основными положениями современных научных концепций биологии и наук о человеке; развитие мышления, основанного на единстве гуманитарной и естественнонаучной культур.

В процессе подготовки и участия в практических занятиях по дисциплине студенты формируют такие общекультурные и профессиональные компетенции как:

- способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции;
- способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции;
- способность к коммуникации в устной и письменной форме для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия;
- способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия;
- способность к самоорганизации и самообразованию;
- способность осуществлять сбор, анализ и обработку данных, необходимых для решения профессиональных задач.

В результате освоения тематики практических занятий по дисциплине студент должен демонстрировать следующие результаты обучения:

- **знать** достижения естественных наук в современном подходе к эволюционным процессам в биосфере и обществе;
- **уметь** использовать знания естественных наук в профессиональной деятельности при решении практических задач;
- **владеть** навыками использования в профессиональной деятельности базовых знаний в области естествознания.

Учебно-методическое пособие включает вопросы для обсуждения на семинарских занятиях, задачи, решение которых позволяет более глубоко усвоить фундаментальные законы природы, тесты для самоконтроля.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Концепции современного естествознания» преследует цель ознакомления студентов, обучающихся по гуманитарным направлениям, с неотъемлемым компонентом единой культуры – естествознанием и формирования целостного взгляда на окружающий мир.

Необходимость достижения поставленной цели обусловлена тем, что в настоящее время рациональный естественнонаучный метод проникает и в гуманитарную сферу, участвуя в формировании сознания общества, и вместе с тем приобретает все более универсальный язык, адекватный философии, психологии, социальным наукам и даже искусству. Возникающая сегодня тенденция к гармоничному синтезу двух традиционно противостоящих компонентов культуры созвучна потребности общества в целостном мировидении.

Идея курса состоит в передаче гуманитариям элементов естественнонаучной грамотности, представлений об основополагающих концепциях различных естественных наук, складывающихся в единую научную картину мира. Несмотря на необходимое присутствие элементов истории и философии науки, основное содержание дисциплины составляет целостное описание природы и человека (как части природы) на основе научных достижений, смены методологий, концепций и парадигм, в общекультурном историческом аспекте.

Практические занятия по курсу направлены на воспитание у студентов не только естественнонаучной культуры мышления, но и адекватного отношения к окружающему миру.

Тема 1. НАУКА. НАУЧНЫЙ МЕТОД

Наука как отрасль духовной культуры. Отличие науки от других отраслей культуры. Особенности научного знания. Формула науки. Методы и приемы естественнонаучных исследований. Основные формы научного знания.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Что называется научным познанием?
2. Охарактеризуйте ступени научного познания.
3. Что такое научный метод?
4. Как принято подразделять методы научного познания?
5. Опишите всеобщие методы познания.
6. Дайте понятие общенаучных методов. Укажите отличие общенаучных методов от всеобщих.
7. Что такое анализ, синтез?
8. Что такое обобщение, абстрагирование, идеализация?
9. Что такое индукция и дедукция? Приведите примеры.
10. Что такое аналогия, моделирование?
11. Охарактеризуйте исторический и логический методы познания.
12. В чём заключается метод классификации?
13. Охарактеризуйте методы эмпирического познания: наблюдение, описание, эксперимент, измерение, сравнение.
14. Дайте общую характеристику методам теоретического познания. В чём заключаются методы формализации, аксиоматизации, гипотетико-дедуктивный метод?
15. Дайте характеристику специальным методам познания.

ТЕСТ

1. Установите соответствие между типом научного знания и его критериями:

- | | |
|---|-----------------------|
| 1) идеологический нейтралитет | а) естественные науки |
| 2) истины истолковываются, интерпретируются | б) гуманитарные науки |

2. Предметом исследования естественных наук являются...

- 1) все проявления социальной жизни: деятельность людей, их мысли, чувства, ценности;
- 2) возможности использования знаний о природных процессах в производственной деятельности человека;
- 3) все доступные человеку природные процессы, протекающие независимо от воли и сознания людей;
- 4) общественные явления и системы, их структуры.

3. Выберите неверное утверждение:

- 1) гуманитарные науки социальные конкретные и уникальные явления, вероятность повторного появления которых мала;
- 2) с точки зрения естественных наук интерпретация природного явления строго индивидуальна, зависит от личности ученого;
- 3) естествознание исследует повторяющиеся, универсальные процессы в природе;
- 4) в гуманитарных исследованиях большое значение имеет личная позиция ученого, что часто приводит к многозначности выводов.

4. В гуманитарных науках, в отличие от естественных...

- 1) основу методологии составляют экспериментальные методы исследования;
- 2) знание строго объективно;
- 3) предмет изучения всегда историчен;
- 4) все законы выражаются в математических формулах и количественных отношениях.

5. Основная черта естествознания как науки...

- 1) поиск смысла жизни
- 2) поиск объективной истины
- 3) стремление жить в гармонии с природой
- 4) нравственное совершенствование людей

6. Учение, описывающее и анализирующее природные явления, появившиеся в Древней Греции и ставшее прообразом современного естествознания:

- 1) физика;
- 2) космология;
- 3) натурфилософия;
- 4) космогония.

7. С именем Н. Коперника связано начало научной революции, в результате которой произошел переход:

- 1) от гелиоцентрической к геоцентрической;
- 2) от геоцентрической к гелиоцентрической;
- 3) от корпускулярной теории к волновой;
- 4) от волновой к корпускулярной

8. Примером интеграции естественных наук является:

- 1) астробиология;
- 2) астрология;
- 3) ботаника;

4) механика.

9. В основе эмпирического уровня познания лежит ...

- 1) абстрактно-теоретическая деятельность людей;
- 2) религиозно-мифологическое знание;
- 3) философское знание;
- 4) предметно-практическая деятельность людей.

10. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом:

- 1) разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо признаком;
- 2) отвлечение от ряда несущественных для данного исследования свойств изучаемого явления с одновременным выделением интересующих свойств и отношений;
- 3) метод замещения изучаемого объекта подобным ему по ряду интересующих исследователя свойств и характеристик.

- а) моделирование;
- б) классификация;
- в) абстрагирование.

11. Эмпирическое знание...

- 1) базируется на системе аксиом;
- 2) является не научным знанием;
- 3) основано на интуиции;
- 4) связано с измерениями;
- 5) базируется на эксперименте.

12. Рациональный (теоретический) метод базируется на...

- 1) системе постулатов;
- 2) аксиом;
- 3) интуиции;
- 4) точных измерениях;
- 5) использовании математического аппарата.

13. Форма мышления, которая обобщает и выделяет предметы по их общим признакам...

- 1) понятие;
- 2) суждение;
- 3) ощущение;
- 4) восприятие;
- 5) представление.

14. Целенаправленный строгий процесс восприятия предметов действительности, которые не должны быть изменены, называется методом...

- 1) наблюдения;
- 2) сравнения;
- 3) измерения;
- 4) описания.

15. К теоретическим методам познания не относится...

- 1) идеализация;
- 2) абстрагирование;
- 3) формализация;
- 4) наблюдение.

16. Определение «Предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана» относится к...

- 1) научной проблеме;
- 2) научной гипотезе;
- 3) категории науки;
- 4) научной концепции.

17. Высшая форма рационального знания...

- 1) принципы;
- 2) идеи;
- 3) гипотезы;
- 4) теории;
- 5) законы.

18. Процесс установления истинности гипотезы или теории в результате их эмпирической проверки называется:

- 1) верификация;
- 2) фальсификация;
- 3) дифференциация;
- 4) поляризация.

19. Псевдонаука, которая занимается поисками инопланетян на Земле, (летающих тарелок), это ...

- 1) парапсихология;
- 2) астрология;
- 3) уфология;
- 4) астрономия.

20. Псевдонаука, которая занимается поисками внеземных цивилизаций, – это...

- 1) астрономия;
- 2) уфология;
- 3) астрология;
- 4) парапсихология

21. Псевдонаука, которая занимается изучением зависимости судьбы человека от положения – это...

- 1) девиантная наука;
- 2) астрономия;
- 3) парапсихология;
- 4) астрология.

22. Псевдонаука, в рамках которой имеют место фальшивые археологические находки, – это ...

- 1) девиантная наука;
- 2) геология;
- 3) парапсихология;
- 4) алхимия.

23. Отличительным признаком псевдонауки является:

- 1) фрагментарность, отсутствие системности;
- 2) полное соответствие наблюдаемым фактам;
- 3) системный характер;
- 4) восприимчивость к критике.

24. Отличительным признаком псевдонауки является:

- 1) полное соответствие наблюдаемым фактам;
- 2) полное соблюдение этических норм;
- 3) некритический подход к исходным данным;
- 4) системный характер.

25. Выберите верное суждение:

- 1) Научное знание от ненаучного нельзя разграничить по принципу фальсификации.
- 2) На статус «псевдонаучного» может претендовать только принципиально опровержимое знание.
- 3) Структура псевдонаучных знаний представляет собой систему.
- 4) На статус «научного» может претендовать только принципиально опровержимое знание.

26. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом:

1) определение количественных значений свойств, сторон изучаемого объекта или явления с помощью специальных технических устройств;

2) прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов;

3) способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок.

а) обобщение;

б) индукция;

в) измерение.

27. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности;

2) операция соединения выделенных частей предмета изучения в единое целое;

3) изучение объекта путём создания и исследования его копии, замещающей объект исследования с определённых сторон.

а) формализация;

б) моделирование;

в) синтез.

28. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов;

2) подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов;

3) соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое.

а) синтез;

б) аналогия;

в) обобщение.

29. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок;

2) прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках заключают об их сходстве и в других признаках;

3) изучение объекта путем создания и исследования его копии, замещающей объект исследования с определенных сторон.

- а) моделирование;
- б) аналогия;
- в) индукция.

30. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частичных посылок;

2) чувственное отражение предметов и явлений внешнего мира;

3) изучение объекта путем создания и исследования его копии, замещающей объект исследования с определенных сторон.

- а) наблюдение;
- б) моделирование;
- в) индукция.

31. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) преднамеренное и целенаправленное изучение объектов, опирающееся на чувственные способности человека;

2) активное, целенаправленное исследование объектов в контролируемых и управляемых условиях;

3) метод замещения изучаемого объекта подобным ему по ряду интересующих исследователя свойств и характеристик

- а) эксперимент;
- б) наблюдение;
- в) моделирование.

32. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

1) преднамеренное и целенаправленное изучение объектов, опирающееся на чувственные способности человека;

2) прием познания, при котором наличие сходства, совпадение признаков нетождественных объектов позволяет предположить их сходство и в других признаках;

3) прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов.

- а) наблюдение;
- б) обобщение;
- в) аналогия.

33. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

- 1) преднамеренное и целенаправленное изучение объектов, опирающееся на чувственные способности человека;
- 2) операция соединения выделенных частей предмета изучения в единое целое;
- 3) прием познания, при котором наличие сходства, совпадение признаков нетождественных объектов позволяет предположить их сходство и в других признаках.

- а) аналогия;
- б) наблюдение;
- в) синтез.

34. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

- 1) построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности;
- 2) операция соединения выделенных частей предмета изучения в единое целое;
- 3) изучение объекта путем создания и исследования его копии, замещающей объект исследования с определенных сторон.

- а) моделирование;
- б) формализация;
- в) синтез.

35. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

- 1) разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо признаком;
- 2) отвлечение от ряда несущественных для данного исследования свойств изучаемого явления с одновременных выделением интересующих свойств и отношений;
- 3) построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности

- а) формализация;
- б) классификации;
- в) абстрагирование.

36. Установите соответствие между определением метода научного познания и самим методом

- 1) разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо признаком;
- 2) активное, целенаправленное, строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект;
- 3) прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов

- а) эксперимент;
- б) обобщение;
- в) классификация.

37. Эксперимент....

- 1) представляет собой изучение природных процессов в естественных условиях;
- 2) не предполагает изучение объекта в искусственных условиях;
- 3) не позволяет исключать посторонние факторы, затрудняющие процесс исследования;
- 4) позволяет изучить объект, отстранившись от посторонних факторов, затрудняющих процесс исследования.

38. Процесс научного познания согласно гипотетико-дедуктивному методу начинается с

- 1) построения модели;
- 2) постановки эксперимента;
- 3) наблюдения и сбора фактов;
- 4) выдвижения гипотезы.

39. К эмпирическим методам познания не относится ...

- 1) эксперимент; 2) абстрагирование; 3) наблюдение; 4) измерение.

40. К теоретическим методам познания не относится ...

- 1) абстрагирование; 2) формализация; 3) наблюдение; 4) идеализация.

41. Метод познания, который сводится к расчленению целого предмета на составляющие части с целью их всестороннего изучения, называется

- 1) анализ; 2) дедукция; 3) формализация; 4) синтез.

42. Метод познания, основывающийся на умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основе частных посылок, называется

- 1) анализ; 2) идеализация; 3) синтез; 4) индукция.

43. Метод познания, который сводится к получению частных выводов на основе знания каких-то общих положений, называется

- 1) индукция; 2) дедукция; 3) анализ; 4) идеализация.

44. Метод познания, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений, и позволяющий оперировать вместо этого некоторым множеством символов, называется

- 1) идеализация;
- 2) анализ;
- 3) формализация;
- 4) аналогия.

45. Соотнесите концепцию с идеей, которая выражает её суть:

- 1) редукционизм;
- 2) витализм;
- 3) системность и целостность.

а) процессы жизнедеятельности можно полностью свести к сумме более простых физических и химических процессов;

в) в эволюции органического мира нет какой-либо закономерности, она происходит скачкообразно;

с) процессы жизнедеятельности есть результат действия особых нематериальных факторов, заключённых в живых организмах;

д) процессы жизнедеятельности – это результат согласованного функционирования и взаимодействия всех уровней организации живого.

Тема 2. ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МАТЕРИИ

Материя. Виды материи: вещество, поле. Их свойства Корпускулярная и континуальная концепции. Уровни организации материи. Движение как способ существования материи. Основные формы движения. Движение – развитие.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Дайте понятие материи.
2. Охарактеризуйте виды материи.
3. Опишите эволюцию взглядов на понятие «материя».
4. Перечислите структурные уровни организации разных видов материи.
5. Что называется движением?
6. Как понимали сущность движения сторонники диалектического материализма?
7. Опишите подход к движению сторонников метафизической концепции.
8. Опишите свойства движения.
9. Приведите классификацию форм движения в природе.
10. Какое движение называется механическим?
11. Что такое материальная точка?
12. Что называется телом отсчёта, системой отсчёта?
9. В чём суть координатного и векторного способов описания движения материальной точки?
10. Что называется траекторией движения тела и пройденным путём?
11. Что такое вектор перемещения тела?
12. Что характеризует скорость движения тела? Как определяется мгновенная скорость? В каких единицах измеряется скорость?
13. Что характеризует вектор ускорения? Как определяется вектор мгновенного ускорения? В каких единицах измеряется ускорение?
14. Какое движение называется равноускоренным? Запишите формулы кинематики прямолинейного равноускоренного движения.
15. Постройте графики зависимости от времени координаты тела, движущегося равноускоренно, пройденного им пути, скорости и ускорения тела.
16. Дайте определение массы и назовите единицу измерения массы.
17. Что называется импульсом тела?
18. Дайте определение силы и назовите единицу измерения силы.
19. Что называется импульсом силы?

ТЕСТ

1. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) в определенных ситуациях физическое поле может быть представлено как совокупность дискретных частиц – квантов поля;
- 2) материя непрерывна, бесконечно делима и сама по себе не имеет никаких определенных качеств;
- 3) физическое поле непрерывно, не имеет определенных границ и не может быть разложено на дискретные составляющие.

2. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) свойство вещества описываются не только составом, но и строением его молекул;
- 2) вещество состоит из неделимых атомов, размер и форма которых определяют свойства вещества;
- 3) свойства вещества определяются электронным строением молекул.

3. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) вещество (в химическом смысле) – это совокупность молекул одинакового состава и строения;
- 2) вещество составляет лишь небольшую долю всей материи Вселенной;
- 3) материя непрерывна, бесконечно делима и сама по себе не имеет никаких определенных качеств.

4. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) все вещества – разные варианты одного и того же основного вещества (первоначала), которым является вода;
- 2) химическая натура сложной частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением;
- 3) вещество – материальное образование, состоящее из взаимодействующих элементарных частиц, имеющих массу покоя.

5. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) свойство вещества (в химическом смысле) определяется составом ее молекул;
- 2) вещество – материальное образование, состоящее из взаимодействующих элементарных частиц и имеющих массу покоя;

3) материя состоит из мельчайших частиц и ее деление возможно лишь до известного предела.

6. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

1) двумя равноправными началами мироздания являются неделимые атомы и пустота, в которой они движутся;

2) свойства материальных объектов неотделимы от свойств пространства-времени;

3) независимыми началами мироздания являются вещественные тела, состоящие из мельчайших корпускул, и Абсолютное пространство, в котором тела движутся по мере течения Абсолютного времени.

7. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

1) материя непрерывна, бесконечно делима и сама по себе не имеет никаких определенных качеств;

2) физическое поле непрерывно, не имеет определённых границ и не может быть разложено на дискретные составляющие;

3) в определённых ситуациях физическое поле может быть представлено как совокупность дискретных частиц – квантов поля.

8. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

1) все вещества состоят из мельчайших частичек, физически неделимых и обладающих способностью взаимного сцепления;

2) атом электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов;

3) все вещества – разные варианты одного и того же основного вещества (первоначала), которым является воздух.

9. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

1) абсолютной пустоты не существует, физический вакуум является сложноустроенной формой материи, обладающей нетривиальными свойствами;

2) всё мировое пространство заполнено легчайшей упругой средой – мировым эфиром, колебание которого и есть свет;

3) пустоты не существует, Вселенная плотно заполнена непрерывной бесконечно делимой бескачественной материей.

10. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) абсолютной пустоты не существует; физический вакуум является сложно устроенной формой материи, обладающей нетривиальными свойствами;
- 2) существует единственная форма материи- вещество, состоящее из дискретных частиц;
- 3) пустоты не существует Вселенная плотно заполнена непрерывной бесконечно делимой, бескачественной материей.

11. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) каждое вещество состоит из четырех стихий, смешанных в определенной пропорции;
- 2) атомы делимы и имеют сложное строение;
- 3) каждый химический элемент представляет собой группировку одинаковых атомов.

12. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) вещество (в химическом смысле) – это совокупность молекул одинакового состава и строения;
- 2) материя – это не только вещество; вещество составляет лишь небольшую долю всей материи Вселенной;
- 3) все вещи состоят из двух противоположных форм: света (огня) и тьмы (земли).

13. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) двумя равноправными началами мироздания являются неделимые атомы и пустота, в которой они движутся;
- 2) материя существует в нескольких качественно различных формах, не резкой грани между ними нет;
- 3) существует единственная форма материи – вещество, состоящее из дискретных частиц.

14. Расположите представления о материи в порядке их возникновения:

- 1) все вещества состоят из четырех стихий;
- 2) существуют две формы материи с общими и противоположными свойствами;
- 3) между материей в форме гравитационного поля и геометрическими свойствами пространства – времени невозможно провести четкую грань.

15. Вещество – это один из видов ...

- 1) энергии;
- 2) материи;
- 3) поля;
- 4) движения.

16. Выберите верные утверждения:

- 1) вещество может двигаться с любой скоростью;
- 2) иногда вещество может двигаться со скоростью, большей, чем скорость света;
- 3) вещество никогда и нигде не может двигаться со скоростью, большей, чем скорость света в вакууме;
- 4) в принципе, вещество можно разогнать до скорости, равной скорости света в вакууме.

17. Пространство, в котором отсутствуют реальные частицы, и выполняется условие минимума плотности энергии в данном объеме, называется....

18. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) кроме механического, существуют и другие, более сложные формы движения, например, химическая форма движения материи;
- 2) источник насильственного движения тел – это внешняя причина, некая сила;
- 3) движение любых материальных тел регулируется законами механики.

19. В какой концепции понимания движения считается, что движение есть способ существования материи:

- 1) концепция метафизического субстанциализма;
- 2) диалектическая концепция;
- 3) концепция идеалистического релятивизма.

20. Понятие «движения» в естествознании означает:

- 1) только процесс химических реакций;
- 2) изменение состояние тел, способ существования материи;
- 3) только процесс перемещения тел в пространстве;
- 4) только процесс деления клеток (митоз).

21. При зажигании спички формы движения материи сменяют друг друга в следующей последовательности:

- 1) механическая → тепловая → химическая;

- 2) механическая → химическая → тепловая;
- 3) химическая → тепловая → механическая;
- 4) тепловая → химическая → механическая.

22. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) химические процессы — механическое перемещение частиц, механическая форма движения материи;
- 2) всё движущееся движимо другими телами, а мир в целом приведён в движение перводвигателем;
- 3) превращения веществ — химическая форма движения материи, более сложная, чем механическая.

23. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) существует один вид движения — механическое перемещение тел в пространстве и времени;
- 2) существует множество форм движения материи;
- 3) «естественное» движение в земных условиях, где все имеет начало и конец, должно быть прямолинейным.

24. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) тело в своём естественном движении стремится к «естественному» месту: огонь — вверх, а камень — вниз;
- 2) движение — перемещение в пространстве по непрерывной траектории в соответствии с законами механики;
- 3) механическое движение — только частный случай физической формы движения материи.

25. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) движение тел со скоростями сравнимыми со скоростью света описывается специальной теорией относительности;
- 2) движение — врождённое свойство, заставляющее все тела стремиться к естественному месту;
- 3) движение — механическое перемещение тел со сколь угодно большой скоростью.

26. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

- 1) существует один вид движения — механическое перемещение тел в пространстве и времени;

2) кроме механического, существуют и другие, более сложные формы движения, например, биологическая форма движения материи;

3) источник естественного движения – стремление, присущее самому телу.

27. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

1) движение мельчайших частиц подчиняется законам квантовой механики;

2) материи чуждо движение: сама по себе она может пребывать лишь в покое;

3) атомы движутся по законам классической механики, и это движение позволяет объяснить все происходящие в мире явления.

28. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

1) существует множество форм движения материи;

2) время – параметр движения; уравнения механики безразличны к знаку времени;

3) движение – возникновение или уничтожение тел, их рост или уменьшение, изменение качества, перемена места.

29. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

1) естественное движение в земных условиях, где все имеет начало и конец, должно быть прямолинейным;

2) существует один вид движения – механическое перемещение тел в пространстве и времени;

3) существует множество форм движения материи.

30. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

1) кроме механического, существуют и другие, более сложные формы движения, например, химическая форма движения материи;

2) источник насильственного движения тел – это внешняя причина, некая сила;

3) движение любых материальных тел регулируется законами механики.

31. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

1) материи свойственен покой и чуждо движение, она начинает двигаться лишь под действием внешних, независимых от неё сил;

2) процессы жизнедеятельности не механическая, а более сложная биологическая форма движения материи;

3) живой организм – механизм, и все процессы, протекающие в организме, можно описать с помощью законов механики.

32. Установите соответствие между объектом и структурным уровнем материи, к которому он принадлежит:

- 1) планета;
- 2) элементарная частица;
- 3) растение.

а) мегамир; б) макромир; в) микромир.

33. Укажите правильную последовательность в структурной иерархии мегамира (от меньшего к большему):

- 1) Земля;
- 2) Млечный путь;
- 3) Вселенная;
- 4) Солнечная система.

34. Укажите правильную последовательность в структурной иерархии материи (от большего к меньшему):

- 1) молекулы;
- 2) атомы;
- 3) нейтроны;
- 4) ядра атомов.

35. Установите соответствие между структурным уровнем материи и объектами, относящимися к нему:

- 1) мегамир;
- 2) макромир;
- 3) микромир.

- а) камень, скала, гора;
- б) атомный реактор, экскаватор, экватор;
- с) нейтрино, электронные оболочки атома, протон;
- д) Плутон, метеорный поток, пояс Койпера.

Тема 3. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

Фундаментальные физические представления о пространстве и времени. Временные отношения в природе. Масштабы времени. Однородность времени. Пространственные отношения в природе. Трехмерность пространства. Однородность и изотропность пространства. Протяженность неподвижного объекта. Протяженность движущегося объекта. Мир событий при малых и больших скоростях. Принципы Галилея и Эйнштейна. Целостное описание пространства – времени. Принцип постоянства скорости света. Принцип соответствия. Симметрия пространства и времени.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Субстанциальная и реляционная концепции пространства и времени.
2. Постулаты специальной теории относительности.
3. Следствия из специальной теории относительности.
4. Основные выводы специальной теории относительности.
5. Постулаты общей теории относительности.
6. Основные выводы общей теории относительности.
7. Экспериментальное подтверждение общей теории относительности.

ТЕСТ

1. Абсолютное время по Ньютону – это...

- 1) промежуток между событиями;
- 2) время от начала сотворения мира;
- 3) независимо от материи «пустоеместилище» событий;
- 4) время, измеренное в неподвижной системе координат.

2. Согласно взглядам Аристотеля время есть...

- 1) форма существования материи;
- 2) мера движения;
- 3)местилище событий;
- 4) причина движения.

3. Пространство в представлениях Аристотеля определяется:

- 1) какместилище событий;
- 2) местом расположением тел;
- 3) своей протяженностью и формой;
- 4) какместилище тел.

4. Согласно Ньютону, абсолютное пространство – это...

- 1) независимо существующее вместилище материальных тел;
- 2) расстояние между физическими телами;
- 3) протяженность, заданная своей формой;
- 4) форма существования движущейся материи.

5. Абсолютное время, по Ньютону, это ...

- 1) независимое от материи пустое вместилище событий;
- 2) время от начала сотворения мира;
- 3) промежуток между событиями;
- 4) время, измеренное в неподвижной относительно Земли системе координат.

6. Из преобразований Галилея следует, что при переходе от одной инерциальной системы к другой неизменными остаются

- 1) масса;
- 2) скорость;
- 3) время;
- 4) координата.

7. Инерциальными называются системы отсчета, относительно которых материальная точка без внешних воздействий

- 1) движется с ускорением;
- 2) покоится;
- 3) движется равномерно и прямолинейно;
- 4) движется по окружности.

8. К инерциальным системам отсчёта относятся любые системы

- 1) движущиеся равномерно и прямолинейно относительно другой инерциальной системы отсчёта;
- 2) системы, движущиеся ускоренно;
- 3) системы, в которых не выполняются законы классической механики;
- 4) системы отсчёта, в которых выполняется первый закон Ньютона.

9. Вплоть до XX века в физике господствовало представление о невидимой субстанции (тонкой материи), заполняющей мировое пространство ...

- 1) апейроне;
- 2) мировом эфире;
- 3) физическом вакууме;
- 4) флогистоне.

10. Согласно принципу соответствия, с появлением теории относительности классическая механика не утратила своего значения и достаточно точно описывает движение

- 1) тел с малыми скоростями ($v \ll c$);
- 2) тел со скоростями сравнимыми со скоростью света;
- 3) элементарных частиц;
- 4) тел с любыми скоростями.

11. По принципу соответствия связаны друг с другом

- 1) классическая термодинамика и квантовая механика;
- 2) квантовая механика и теория относительности;
- 3) классическая термодинамика и теория относительности;
- 4) классическая механика и теория относительности.

12. Современная научная картина мира представляет пространство и время как

- 1) независимые друг от друга субстанции;
- 2) вместилище материальных тел и событий;
- 3) условные категории для описания событий и процессов;
- 4) единую форму существования движущейся материи.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

13. Из опыта Майкельсона и Морли следует что

- 1) при увеличении скорости тела его масса возрастает;
- 2) скорость света в вакууме есть величина постоянная;
- 3) свет – это электромагнитная волна;
- 4) свет обладает как корпускулярными, так и волновыми свойствами.

14. Опыт А. Майкельсона и Э. Морли опроверг

- 1) принцип постоянства скорости света;
- 2) принцип дальнего действия;
- 3) лапласовский детерминизм;
- 4) гипотезу мирового эфира.

15. Согласно специальной теории относительности инвариантными относительно инерциальной системы отсчета являются

- 1) длина и масса тела;
- 2) отрезок времени между двумя событиями;
- 3) пространственно-временной интервал между событиями;
- 4) скорость света.

16. Инерциальными называются системы отсчета, относительно которых материальная точка без внешних воздействий движется ...

- 1) равномерно, прямолинейно или покоится;
- 2) равноускоренно или покоится;
- 3) равномерно по окружности;
- 4) равномерно или равноускоренно.

17. В теории относительности Эйнштейна утверждается, что пространство и время...

- 1) абсолютны;
- 2) существуют независимо друг от друга;
- 3) существуют как единая четырёхмерная структура;
- 4) относительны.

18. Специальная теория относительности утверждает относительный характер...

- 1) одновременности событий;
- 2) массы, длины;
- 3) заряда электрона;
- 4) скорости света в вакууме.

19. В специальной теории относительности справедливы следующие утверждения:

- 1) пространственно-временной интервал между событиями является инвариантным относительно изменения системы отсчета;
- 2) невозможна передача взаимодействий со скоростью, превышающей скорость света;
- 3) физические процессы в движущейся системе отсчета ускоряются относительно неподвижной системы;
- 4) инвариантами относительно изменения системы отсчета являются время и масса.

20. Согласно специальной теории относительности...

- 1) при увеличении скорости движения тела его длина относительно неподвижной системы отсчета растёт;
- 2) переход от одной инерциальной системы к другой осуществляется с помощью преобразований Галилея;
- 3) невозможно разогнать тело с массой покоя отличной от нуля до скорости света;
- 4) передача физических взаимодействий со сверхсветовой скоростью привела бы к нарушению причинно-следственной связи.

21. Из специальной теории относительности следует, что ...

1. когда скорость тела приближается к скорости света, его линейный размер стремится к нулю;
2. когда скорость тела приближается к скорости света, его линейный размер становится бесконечно большим;
3. с ростом скорости размер тела сокращается в направлении движения;
4. линейный размер тела не зависит от скорости его движения.

22. Из специальной теории относительности следует, что с возрастанием скорости движения тела его ...

- 1) масса уменьшается, а временные процессы замедляются;
- 2) масса увеличивается, а временные процессы замедляются;
- 3) масса увеличивается, а временные процессы ускоряются;
- 4) масса уменьшается, а временные процессы ускоряются.

23. Из специальной теории относительности следует, что при приближении к скорости света ...

- 1) масса тела стремится к нулю, а его линейный размер становится бесконечно большим;
- 2) линейный размер и масса тела становятся бесконечно большими;
- 3) линейный размер тела стремится к нулю, а масса становится бесконечно большой;
- 4) линейный размер и масса тела стремятся к нулю.

24. В теории относительности Эйнштейна утверждается, что пространство и время ...

- 1) неразрывно связаны и относительны;
- 2) существуют как единая структура и абсолютны;
- 3) существуют независимо друг от друга и абсолютны;
- 4) существуют независимо друг от друга и относительны.

25. В специальной теории относительности Эйнштейна утверждается, что ...

- 1) пространственные размеры тел изменяются в зависимости от скорости движения, а время течет одинаково во всех системах отсчета;
- 2) пространственные размеры тел не зависят от скорости движения, а темп времени изменяется;
- 3) пространственные размеры тел и интервалы времени неизменны во всех системах отсчета;
- 4) пространственные размеры тел и временные интервалы изменяются в зависимости от скорости движения.

26. В специальной теории относительности Эйнштейна утверждается, что...

- 1) масса тел и временные интервалы изменяются в зависимости от скорости движения;
- 2) масса тел не зависит от скорости движения, а темп времени изменяется;
- 3) массы тел изменяются в зависимости от скорости движения, а время течет одинаково во всех системах отсчета;
- 4) масса тел и временные интервалы неизменны во всех системах отсчета.

27. Из специальной теории относительности следует, что ...

- 1) в движущейся относительно наблюдателя системе отсчета часы идут быстрее, чем в неподвижной;
- 2) в движущейся относительно наблюдателя системе отсчета часы идут медленнее, чем в неподвижной;
- 3) в инерциальных системах отсчета с увеличением скорости движения темп времени замедляется;
- 4) при приближении к скорости света все процессы в системе ускоряются.

28. Из специальной теории относительности следует, что ...

- 1) с возрастанием скорости движения тела его линейный размер уменьшается;
- 2) движущееся относительно наблюдателя тело имеет меньший размер, чем покоящееся;
- 3) движущееся относительно наблюдателя тело имеет больший размер, чем покоящееся;
- 4) с возрастанием скорости движения тела его линейный размер увеличивается.

29. Специальная теория относительности утверждает относительный характер...

- 1) расстояний;
- 2) заряда электрона;
- 3) интервалов времени;
- 4) скорости света в вакууме.

30. Следствием специальной теории относительности являются...

- 1) инвариантность промежутка времени относительно изменения системы отсчёта;
- 2) эквивалентность массы и энергии;
- 3) искривление светового пучка в поле тяготения;

4) относительность понятия одновременности событий.

31. Основу специальной теории относительности составляют постулаты:

- 1) Все механические процессы во всех инерциальных системах отсчёта протекают одинаково
- 2) Скорость света постоянна в областях, где можно пренебречь гравитационными силами.
- 3) Все физические процессы во всех инерциальных системах отсчёта протекают одинаково
- 4) Скорость света в вакууме постоянна и не зависит от движения источника и приемника света

32. Из специальной теории относительности следует, что понятия _____ и _____ носят относительный характер

- 1) одновременности событий в разных системах отсчёта;
- 2) размерности пространства-времени;
- 3) размеров движущегося тела в направлении его движения;
- 4) однородности и изотропности пространства.

33. Из специальной теории относительности следует, что

- 1) с увеличением скорости движения тела его длина увеличивается;
- 2) с возрастанием скорости движение тела его длина уменьшается;
- 3) движущееся относительно наблюдателя тело имеет меньшую длину, чем покоящееся;
- 4) когда скорость тела приближается к скорости света, его длина становится бесконечно большой.

34. Согласно специальной теории относительности, инвариантными относительно инерциальной системы отсчёта являются

- 1) пространственно-временной интервал между событиями;
- 2) скорость света;
- 3) отрезок времени между двумя событиями;
- 4) длина и масса тела.

35. Пространственно-временной континуум означает:

- 1) пространство и время неразрывны и образуют единую четырёхмерную структуру;
- 2) пространство и время непрерывны;
- 3) пространство и время бесконечны.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

36. Эмпирическими подтверждениями общей теории относительности являются

- 1) отклонение кометы Галлея от расчетной траектории;
- 2) открытие микроволнового реликтового излучения;
- 3) отклонение траектории луча света от звезды, находящейся в непосредственной близости от поверхности Солнца;
- 4) смещение перигелия Меркурия.

37. Общая теория относительности предсказывает существование во Вселенной сверхмассивных объектов, вблизи которых (на расстоянии гравитационного радиуса)...

- 1) пространство и время приобретают относительный характер;
- 2) излучение не может их покинуть;
- 3) время меняет направление;
- 4) время практически останавливается для наблюдателя со стороны.

38. Общая теория относительности ещё при жизни Эйнштейна была подтверждена на основе астрономических наблюдений. К их числу относятся...:

- 1) обнаружение красного смещения в спектрах далёких галактик;
- 2) открытие пульсаров (нейтронных звёзд);
- 3) обнаружение красного смещения в спектрах звёзд в поле тяготения.

39. Из общей теории относительности следует, что ...

1. в поле силы тяжести время замедляет ход;
2. пространственно-временные свойства окружающего мира не зависят от расположения и движения тяготеющих масс;
3. массы, создающие поле тяготения, искривляют пространство;
4. пространство вблизи массивных тел описывается геометрией Евклида.

40. В гравитационных полях происходит...

- 1) отклонение светового луча от прямолинейной траектории;
- 2) замедление времени;
- 3) ускорение хода времени;
- 4) объединение электромагнитного и сильного взаимодействия.

41. Гравитационный коллапс можно определить как ...

- 1) замедление скорости вращения планеты вокруг звезды и последующее падение под действием силы гравитации;
- 2) падение сверхмассивного тела (газопылевого облака, звезды) на самого себя;

3) катастрофическое сжатие сверхмассивного тела (газопылевого облака, звезды) под действием собственной гравитации, которое не могут предотвратить никакие другие силы;

4) разрушение космического тела (планеты, звезды) под действием противоположно направленных сил тяготения.

42. Из общей теории относительности следует что...

1) гравитационное поле не искажает геометрию пространства;

2) структура пространства-времени не зависит от распределения масс;

3) пространство бесконечно и описывается геометрией Евклида;

4) структура пространства-времени определяется рас положением масс материи.

43. Принцип эквивалентности в общей теории относительности означает, что....

1) невозможно отличить движение тел под действием силы тяжести от движения под действием сил инерции;

2) масса тела эквивалентна полной энергии, заключенной в кГм;

3) работа в поле сил тяготения эквивалентна работе электростатических сил;

4) масса инертная и масса гравитационная равны между собой.

44. Следствиями общей теории относительности являются ...

1) нарушение причинно-следственной связи в искривленном пространстве-времени;

2) искривление луча света в гравитационном поле;

3) увеличение частоты электромагнитных волн в гравитационном поле;

4) замедление времени в гравитационном поле.

45. Общая теория относительности была подтверждена на основе астрономических наблюдений. К их числу относятся ...

1) открытие пульсаров (нейтронных звёзд);

2) обнаружение красного смещения в спектрах звёзд в поле тяготения;

3) наблюдение во время солнечного затмения смещения положения звёзд вблизи солнечного диска;

4) обнаружение красного смещения в спектрах далёких галактик.

46. Выберите верные суждения о гравитационном взаимодействии.

1) гравитация определяет движение планет в звёздных системах и управляет эволюцией Вселенной;

2) общепринятой теорией гравитационного взаимодействия является общая теория относительности;

3) в гравитационном взаимодействиях участвуют только тела, обладающие значительной массой;

4) гравитационное взаимодействие в макромире не проявляется.

47. Из общей теории относительности вытекает ряд следствий, а именно

- 1) масса тела убывает при увеличении его скорости;
- 2) пространство вблизи массивных тел искривлено;
- 3) частота света в поле тяготения должна смещаться в сторону более низких значений;
- 4) масса тела является инвариантом относительно изменения системы отсчёта.

48. Согласно принципу эквивалентности ОТО:

- 1) инертная и гравитационная массы эквивалентны;
- 2) эквивалентность вещества и поля, массы и энергии;
- 3) ускоренное движение тождественно покою в гравитационном поле;
- 4) эквивалентность всех видов энергии.

49. Следствия общей теории относительности:

- 1) гравитационное замедление времени;
- 2) гравитационное уменьшение массы;
- 3) гравитационное увеличение массы;
- 4) гравитационное искривление пространства.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. С момента образования до распада π -мезон пролетел расстояние 1,35 км. Время жизни π -мезона в неподвижной системе отсчета равно 5 мкс. Определить время жизни π -мезона по часам в системе отсчета, движущейся вместе с ним.

<p>Дано:</p> <p>$S = 1350$ м</p> <p>$\tau = 5 \cdot 10^{-6}$ с</p> <p>$c = 3 \cdot 10^8$ м/с</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>$\tau_0 = ?$</p>	<p style="text-align: right;">Решение</p> <p>Скорость движения π-мезона v в неподвижной системе отсчета равна</p> $v = \frac{S}{\tau};$ $v = \frac{1350}{5 \cdot 10^{-6}} = 2,7 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$
---	--

Продолжительность события τ_0 в неподвижной системе отсчета и продолжительность событий τ в движущейся относительно неподвижной системы отсчета вместе с частицей со скоростью v , связаны соотношением

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

откуда

$$\tau_0 = \tau \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

$$\tau_0 = 5 \cdot 10^{-6} \sqrt{1 - \frac{2,7^2}{3^2}} = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

Ответ: $\tau_0 = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$

Пример 2. Определите периметр квадрата, движущегося со скоростью $v = \frac{c}{2}$ вдоль одной из своих сторон, если собственная длина стороны квадрата $\ell_0 = 1 \text{ км}$.

Дано: $\ell_0 = 1000 \text{ м}$ $v = \frac{c}{2}$ $p = ?$	Решение При движении квадрата, длины двух его продольных сторон, параллельных вектору скорости, будут сокращаться до величины ...
--	---

Длины двух других сторон, перпендикулярных вектору скорости, останутся равными ℓ_0 .

Тогда периметр получившийся фигуры (прямоугольника)

$$p = 2\ell + 2\ell_0 = 2\ell_0 \sqrt{1 - (v/c)^2} + 2\ell_0 = 2\ell_0 \left(\sqrt{1 - (v/c)^2} + 1 \right).$$

$$p = 2 \cdot 10^3 \left(\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2} \right)^2} + 1 \right) = 2 \cdot 10^3 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right) = 3732 \text{ м.}$$

Ответ: $p = 3732 \text{ м.}$

Пример 3. Определите скорость движения релятивистской частицы, если её масса в два раза больше массы покоя.

Дано: $m = 2m_0$ $v = ?$	Решение Масса релятивистской частицы определяется по формуле $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}},$
--------------------------------	--

откуда

$$m^2 (1 - (v/c)^2) = m_0^2,$$

следовательно

$$v = c \sqrt{1 - (m_0/m)^2}.$$

$$v = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - (m_0 / 2m_0)^2} = \frac{3 \cdot 10^8}{2} \sqrt{3} = 0,866c .$$

Ответ: $v = 0,886c$.

Пример 4. Определите скорость движения частицы относительно другой частицы, если они летят навстречу друг другу со скоростями, равными половине скорости света в вакууме относительно неподвижного наблюдателя.

Дано:	Решение
$v = -u$	Совместим подвижную систему координат $X'Y'Z'$ с одной из частиц и найдем скорость движения другой частицы в этой системе координат. Эта скорость v' и будет искомой скоростью сближения частиц.
$v = u = \frac{c}{2}$	
$v' = ?$	

В соответствии с релятивистским законом сложения скоростей

$$v' = \frac{v \mp u}{1 \mp vu / c^2}, \quad (1)$$

где u – «переносная» скорость, т.е. скорость подвижной системы $X'Y'Z'$ системы относительно неподвижной системы XYZ ; v – «абсолютная» скорость, т.е. скорость частицы относительно неподвижной системы XYZ ; v' – «относительная» скорость, т.е. скорость частицы относительно подвижной системы $X'Y'Z'$.

В формуле (1) ставится знак «-», когда частицы движутся в одну сторону, знак «+», когда частицы движутся навстречу друг другу.

Так как по условию $v = u = \frac{c}{2}$ и частицы движутся навстречу друг другу, то

$$v' = \frac{\frac{c}{2} + \frac{c}{2}}{1 + \frac{c}{2} \frac{c}{2} / c^2} = \frac{c}{1 + \frac{1}{4}} = 0,8c .$$

Ответ: $v' = 0,8c$.

Пример 5. Масса элементарной частицы равна m , собственное время жизни равно $\tau_0 = 10^{-7}$ с. Какой путь пройдет за свое время жизни эта частица, если ее энергия равна $E = 2E_0$?

Дано: $\tau_0 = 10^{-7} \text{ с}$ $E = 2E_0$	Решение По условию задачи $E = 2E_0$, (1) где E – полная энергия движущейся частицы $E = mc^2$; (2) E_0 – энергия покоя частицы.
<hr/> $S = ?$	

$$E_0 = m_0 c^2 . \quad (3)$$

Подставляя (2) и (3) в формулу (1), получаем

$$mc^2 = 2m_0 c^2 ,$$

или

$$m = 2m_0 , \quad (4)$$

где m – масса движущейся частицы.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} . \quad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что

$$\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2m_0 ,$$

или

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2 . \quad (6)$$

Из формулы (6) находим скорость частицы

$$v = \frac{c\sqrt{3}}{2} .$$

Время жизни частицы в лабораторной системе отсчета

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{3}{4}}} = 2\tau_0 .$$

Путь, пройденный за это время, равен

$$S = v \cdot \tau = \sqrt{3}c\tau_0 ,$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 10^{-7} \text{ с} = 51,9 \text{ м} .$$

Ответ: $S = 51,9 \text{ м}$.

Задачи для самостоятельного решения

Средний уровень

1. В основу специальной теории относительности были положены...

- а) эксперименты, доказавшие независимость скорости света от скорости движения источника и приемника света;
- б) эксперименты по измерению скорости света в воде;
- в) представления о том, что свет является колебанием невидимого эфира;
- г) гипотезы о взаимосвязи массы и энергии, энергии и импульса.

2. Какие из приведенных ниже утверждений противоречат постулатам теории относительности?

- а) все процессы природы протекают одинаково в любой инерциальной системе отсчета;
- б) скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчета;
- в) все процессы природы относительно и протекают в различных инерциальных системах отсчета неодинаково;
- г) скорость света зависит от выбора системы отсчета.

- 1) в и г; 2) только а; 3) только б; 4) а и б;

3. В космическом корабле, летящем к далекой звезде с постоянной скоростью, проводят экспериментальное исследование взаимодействия заряженных шаров. Будут ли отличаться результаты этого исследования от аналогичного, проводимого на Земле?

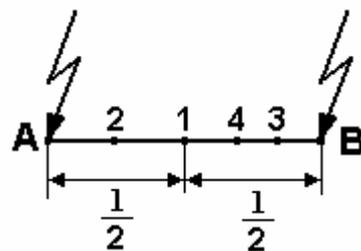
- а) Да, так как к электрическому взаимодействию добавится магнитное взаимодействие движущихся заряженных шаров.
- б) Нет, будут одинаковыми при любых скоростях корабля.
- в) Нет при малых скоростях корабля.
- г) Да, из-за релятивистских эффектов, если скорость корабля близка к скорости света.

4. Координаты события в инерциальной системе отсчета K , принятой за неподвижную: $x = 3 \cdot 10^8$ м; $y = 0$; $z = 0$; $t = 1$ с. Система K' движется относительно K в сторону положительных значений x прямолинейно с постоянной скоростью $u = 0,8c$. Ось X' совпадает с осью X , а оси Y' и Z' параллельны соответствующим осям системы K . В момент времени, равный нулю начала координат O и O' систем совпадают. Определите координаты события в системе K' .

- а) $x' = 3 \cdot 10^8$ м; $y' = 0$; $z' = 0$; $t' = 1$ с;
- б) $x' = 10^8$ м; $y' = 0$; $z' = 0$; $t' = 0$ с;

- в) $x' = 3 \cdot 10^8$ м; $y' = 0$; $z' = 0$; $t' = 0,33$ с;
 г) $x' = 10^8$ м; $y' = 0$; $z' = 0$; $t' = 0,33$ с.

5. Неподвижный наблюдатель 1, находившийся посередине между точками А и В, увидел, что в эти точки одновременно попали молнии (см. рисунок). Для каких еще неподвижных относительно А и В наблюдателей события в А и В будут одновременными?



- а) ни для каких других наблюдателей, кроме 1;
 б) для наблюдателя 2;
 в) для наблюдателя 3;
 г) для наблюдателя 4.

6. Две частицы, расстояние между которыми 10 м, летят навстречу друг другу со скоростями $v = 0,6c$. Через какое время произойдет соударение?

- а) 27,8 нс; б) 17,6 нс; в) 31,2 нс; г) 43,9 нс.

7. Две фотонные ракеты удаляются друг от друга со скоростью $v = 0,65c$ относительно земного наблюдателя. Какова относительная скорость ракет?

- а) $0,912c$; б) c ; в) $0,35c$; г) $0,439c$.

8. Стержень длиной 1 м движется мимо наблюдателя со скоростью $0,8c$. Какой покажется наблюдателю его длина?

- а) 0,8 м; б) 3,6 м; в) 0,6 м; г) 0,4 м.

9. Космический корабль с двумя космонавтами летит со скоростью $v=0,8c$ (c – скорость света в вакууме). Один из космонавтов поворачивает метровый стержень из положения 1, параллельного направлению движения, в положение 2, перпендикулярное этому направлению. Тогда длина стержня с точки зрения другого космонавта ...

- а) изменится от 0.6 м в положении 1 до 1.0 м в положении 2;
 б) изменится от 1,0 м в положении 1 до 1,67 м в положении 2;
 в) изменится от 1.0 м в положении 1 до 0.6 м в положении 2;
 г) равна 1.0 м при любой его ориентации.

10. Времена жизни двух одинаковых нестабильных частиц, одна из которых при измерении покоится относительно наблюдателя, а другая движется со скоростью, отличающейся на 10 % от скорости света в вакууме, связаны между собой следующим образом:

- а) у покоящейся частицы больше в 2,3 раза;

- б) у движущейся частицы больше в 1,2 раза;
- в) у движущейся частицы больше в 2,3 раза;
- г) времена жизни одинаковы.

11. Солнце непрерывно излучает большое количество энергии. Изменение его массы Δm и количество излученной энергии E связаны соотношением...

- а) $E = \frac{\Delta m v^2}{2}$, где v – скорость движения Солнца вокруг центра Галактики;
- б) $E = \Delta m g R$, где g – ускорение свободного падения на поверхности Солнца, R – радиус Солнца;
- в) $E = \Delta m c^2$, где c – скорость света;
- г) $E = \frac{g \Delta m}{R}$, где G – гравитационная постоянная, R – радиус Солнца.

12. Масса частицы, движущейся со скоростью $v = 0,6c$ увеличивается по сравнению с массой покоя частицы в

- а) 1,2 раза;
- б) 1,8 раза;
- в) 1,25 раз;
- г) 1,75 раз.

13. Если общая мощность излучения Солнца составляет $3,8 \cdot 10^{26}$ Вт, то за одни сутки, вследствие излучения, масса Солнца уменьшается на...

- а) $2,8 \cdot 10^3$ кг;
- б) $3,6 \cdot 10^{14}$ кг;
- в) $3,4 \cdot 10^9$ кг;
- г) $5,2 \cdot 10^{12}$ кг.

14. Если электрон, имея массу покоя, равную m_0 движется со скоростью $\frac{\sqrt{3}}{2}c$, то его импульс будет равен....

- а) $3m_0c$;
- б) $\sqrt{3}m_0c$;
- в) $\frac{3m_0c}{4}$;
- г) $\sqrt{3}m_0c$.

15. Если энергия движущейся частицы больше ее энергии покоя в два раза, то скорость частицы от скорости света в вакууме составит....

- а) $\frac{c}{2}$;
- б) $\frac{c}{4}$;
- в) $\frac{\sqrt{3}c}{2}$;
- г) $\frac{3c}{4}$.

16. Определите кинетическую энергию электрона, если полная энергия движущегося электрона втрое больше его энергии покоя.

- а) $T = m_0c^2$;
- б) $T = \frac{m_0v^2}{2}$;
- в) $T = 2m_0c^2$;
- г) $T = 2m_0v^2$.

17. Какой полной энергией обладает ранее покоившееся тело, если в результате разгона его масса увеличилась на $2m_0$?

- а) m_0c ; б) $2m_0c$; в) $3m_0c^2$; г) mc^2 .

18. Каково соотношение между законами классической механики и специальной теорией относительности?

- а) первые переходят во вторые при описании микрочастиц;
б) вторые переходят в первые, при движении частиц со скоростью много меньшей скорости света;
в) вторые полностью опровергают первые;
г) между ними нет никакого соотношения.

Достаточный уровень

1. Во сколько раз замедляется ход времени при скорости движения часов 240000 км/с?

Ответ: в 1,66 раз.

2. Определить во сколько раз увеличится время жизни нестабильной частицы по часам неподвижного наблюдателя, если она будет двигаться относительно него со скоростью, равной $0,9c$.

Ответ: $\frac{\tau}{\tau_0} = 2,29$.

3. Мюоны, рождаясь в верхних слоях атмосферы, при скорости $v = 0,995c$ пролетают до распада $l = 6$ км. Определите: 1) собственную длину пути, пройденную ими до распада; 2) время жизни мюона для наблюдателя на Земле; 3) собственное время жизни мюона.

Ответ: 1) $l_0 = 599$ м; 2) $\tau = 20,1$ мкс; 3) $\tau_0 = 2$ мкс.

4. Собственное время жизни частицы отличается на 1% от времени жизни по неподвижным часам. Определите $\beta = v/c$.

Ответ: $\beta = 0,141$

5. Найти скорость движения частицы относительно другой частицы, если они летят навстречу друг другу со скоростями, равными половине скорости света в вакууме относительно неподвижного наблюдателя.

Ответ: $0,8c$

6. Космический корабль удаляется от Земли с относительной скоростью $v_1 = 0,8c$, а затем с него стартует ракета (в направлении от Земли) со скоростью $v_2 = 0,8c$ относительно корабля. Определите скорость u ракеты относительно Земли.

Ответ: $u = 0,976c$.

7. Определите собственную длину стержня в движущейся системе $X'Y'Z'$, если в системе XYZ его скорость $v = 0,6c$, длина стержня $l = 1,5$ м, а угол между ним и направлением движения 30° .

Ответ: $l_0 = 1,79$ м.

8. При движении с некоторой скоростью продольные размеры тела уменьшились в два раза. Во сколько раз изменилась масса тела?

Ответ: увеличилась в 2 раза.

9. Определите относительную скорость движения, при которой релятивистское сокращение линейных размеров тела составляет 10%.

Ответ: $v = 1,31 \cdot 10^5$ км/с.

10. Прямоугольный брусок со сторонами 3,3 и 6,9 см движется параллельно большому ребру. При какой скорости движения он превратится в куб?

Ответ: $v = 2,63 \cdot 10^8$ м/с.

11. Частица движется со скоростью $v = 0,8c$. Определите отношение полной энергии релятивистской частицы к ее энергии покоя.

Ответ: $\frac{E}{E_0} = 1,67$.

12. Определите, на сколько процентов полная энергия релятивистской элементарной частицы, вылетающей из ускорителя со скоростью $v = 0,75c$, больше ее энергии покоя.

Ответ: на 51,2%.

13. Определите скорость, при которой релятивистский импульс частицы превышает ее ньютоновский импульс в 3 раза.

Ответ: $v = 0,943c$.

14. Полная энергия релятивистской частицы в 8 раз превышает ее энергию покоя. Определите скорость этой частицы.

Ответ: $v = 298$ Мм/с.

15. Кинетическая энергия частицы оказалась равной ее энергии покоя. Определите скорость частицы.

Ответ: $v = 260$ Мм/с.

16. Определите релятивистский импульс p и кинетическую энергию T протона, движущегося со скоростью $v = 0,75c$.

Ответ: $p = 5,68 \cdot 10^{-19}$ Н·с; $T = 7,69 \cdot 10^{-11}$ Дж.

17. При какой скорости движения кинетическая энергия электрона равна 5 МэВ?

Ответ: $v = 2,99 \cdot 10^8$ м/с.

18. Определите импульс электрона, обладающего кинетической энергией 5 МэВ.

Ответ: $p = 2,93 \cdot 10^{-21}$ кг·м/с.

Тема 4. СИММЕТРИЯ. ПРИНЦИПЫ СИММЕТРИИ

Понятие симметрии. Симметрия пространства – времени и законы сохранения. Симметрия и асимметрия живого. Нарушение симметрии как источник самоорганизации.

1. Дайте различные толкования понятия «симметрия».
2. Что такое геометрическая симметрия (геометрическая форма симметрии)?
3. Что такое динамическая форма симметрии?
4. Приведите упрощенную формулировку теоремы Нетер.
5. Перечислите виды переходов от одной ИСО к другой.
6. Чем обусловлена возможность перехода от одной ИСО к другой путем поворота системы координат?
7. С какой симметрией связан закон сохранения импульса?
8. С какой симметрией связан закон сохранения энергии?
9. С какой симметрией связан закон сохранения момента импульса?
10. Как проявляются симметрия и асимметрия в мире живого?
11. Что такое хиральная чистота живого?
12. Что такое «ложный» вакуум, чем он отличается от «истинного»?
13. Опишите кратко начальную стадию развития Вселенной с точки зрения нарушения исходных симметрий.
14. Как изменяется соотношение симметрии и асимметрии в процессе биологической эволюции?

ТЕСТ

1. Важное для уяснения особенностей живой и неживой материи понятие «хиральность» означает...

- 1) усложнение физических законов для живых систем;
- 2) инвариантность физических законов при переходе от неживого к живому;
- 3) зеркальную асимметрию молекул.

2. В Англии время отсчитывается по Гринвичу, в России по Москве. Какое свойство пространства – времени это позволяет?

- 1) относительность;
- 2) симметрия;
- 3) асимметрия;
- 4) абсолютность;
- 5) повышение степени асимметричности живых организмов по мере их усложнения.

3. Связь симметрии и асимметрии с состоянием равновесия:

- 1) симметрия связана с состоянием равновесия;
- 2) асимметрия связана с нарушением состояния равновесия;
- 3) как симметрия так и асимметрия связаны с нарушением состояния равновесия;
- 4) симметрия и асимметрия связаны с состоянием равновесия.

4. Связь симметрии и асимметрии с живой и неживой природой

- 1) условие сохранения неживой природы – преобладание асимметрии;
- 2) условие сохранения живой природы – преобладание симметрии;
- 3) условие сохранения живой и неживой природы – преобладание симметрии;
- 4) условие сохранения неживой природы – преобладание симметрии, живой – асимметрии.

5. Верные заключения:

- 1) асимметрия приводит к изменениям;
- 2) симметрия эти изменения закрепляет;
- 3) асимметрия в неживой природе не встречается;
- 4) симметрия в живой природе не встречается.

6. Установить соответствие:

Закон сохранения импульса связан с ...	однородностью пространства
Закон сохранения энергии связан с ...	однородностью времени
Закон сохранения момента импульса связан с ...	изотропностью пространства

7. В теории элементарных частиц симметрия проявляется в том, что уравнения теории инвариантны по отношению к замене ...

- 1) частиц на античастицы;
- 2) античастиц на частицы;
- 3) положительно заряженных частиц на отрицательно заряженные;
- 4) отрицательно заряженных частиц на положительно заряженные.

8. Асимметрия – это ...

- 1) сохранение общего в объектах или явлений;
- 2) ограничение числа возможных вариантов;
- 3) большее или меньшее нарушение зеркальности отображения;
- 4) одинаковость в расположении частей.

9. Что относится к категории симметрии?

- 1) симметрия и асимметрия;
- 2) дисимметрия;

- 3) антисимметрия;
- 4) все вышеперечисленное.

10. Что характерно для симметрии?

- 1) однородность, пропорциональность, гармония;
- 2) неоднородность, хаос, пропорциональность;
- 3) соразмерность, гармония, неоднородность, деспотичность;
- 4) незавершенность, хаос, однородность.

11. В чем смысл принципа Вейля?

- 1) физические законы не должны зависеть от масштаба длины, выбранного в пространстве;
- 2) физические законы не должны изменять свой вид при замене одного масштаба на другой;
- 3) физические законы зависят от масштаба длины, выбранного в пространстве;
- 4) физические законы изменяют свой вид при замене одного масштаба на другой.

12. Понятие о калибровочной симметрии, связанной с масштабными преобразованиями ввел...

- 1) А. Эйнштейн;
- 2) Г. Вейль;
- 3) С. Хокинг;
- 4) Л. Грей.

13. Чем выше уровень организации материи тем...

- 1) меньше энтропия;
- 2) меньше симметрия;
- 3) больше энтропия;
- 4) больше симметрия.

14. Какие из перечисленных объектов являются диссимметричными?

- 1) берега рек, текущие вдоль земных меридианов;
- 2) зданием Московского университета;
- 3) руки человека;
- 4) отображение в зеркале.

15. Какому виду симметрии соответствует закон сохранения энергии?

- 1) симметрии перехода в любую инерциальную систему отсчета;
- 2) симметрии относительно поворота системы пространственных координат вокруг любой оси;
- 3) симметрии относительно начала отсчета времени(сдвиг по времени);

16. Следствием какого принципа классического естествознания является симметрия второго закона Ньютона?

- 1) принципа относительности Галилея;
- 2) принципа неопределенностей Гейзенберга;
- 3) принципа дальнего действия Ньютона;
- 4) принципа близкодействия Фарадея.

17. Какие симметрии физических теорий вы можете выделить?

- 1) глобальные симметрии;
- 2) локальные симметрии;
- 3) однородные симметрии;
- 4) изотропные симметрии;
- 5) суперсимметрии.

18. Какому виду симметрии соответствует закон сохранения импульса?

- 1) симметрии относительно начала отсчета времени(сдвиг по времени);
- 2) симметрии относительно пространственных координат(сдвиг в пространстве);
- 3) симметрии относительно поворота системы пространственных координат вокруг любой оси.

19. Однородности пространства соответствует...

- 1) закон сохранения импульса;
- 2) закон сохранения массы вещества;
- 3) закон сохранения количества движения.

20. Независимости свойств системы от выбора начала отсчета времени соответствует:

- 1) закон сохранения импульса;
- 2) закон сохранения момента количества движения;
- 3) закон сохранения энергии;
- 4) закон сохранения массы вещества.

21. Относительно симметрий пространства справедливо утверждение, что пространство ...

- 1) однородно и изотропно;
- 2) однородно и анизотропно;
- 3) неоднородно, но изотропно;
- 4) неоднородно и анизотропно.

22. В столовой посетителям предлагается несколько первых блюд.

Из них однородным можно считать ...

- 1) суп-пюре;
- 2) суп с клецками;
- 3) суп с фрикадельками;
- 4) борщ.

23. В ходе эмбрионального (зародышевого) развития симметрия живого организма ...

- 1) всегда понижается;
- 2) всегда повышается;
- 3) практически не изменяется;
- 4) может изменяться в разные стороны в зависимости от видовой принадлежности.

24. Однородным, но анизотропным можно считать ...

- 1) сосновый брусок без сучков;
- 2) сосновый брусок с сучками;
- 3) сосну в целом;
- 4) сосновую шишку.

25. Относительно симметрий времени справедливо утверждение, что время ...

- 1) однородно и анизотропно;
- 2) неоднородно, но изотропно;
- 3) однородно и изотропно;
- 4) неоднородно и анизотропно.

26. Свойство симметрии пространства, выражающееся в том, что при повороте любой системы вокруг любой оси на любой угол ход любого процесса в этой системе не изменяется, называется ...

- 1) изотропностью;
- 2) изохронностью;
- 3) однородностью;
- 4) обратимостью.

27. Согласно закону усложнения системной организации, сформулированному К. Ф. Рулье в 1837 г., историческое развитие природных систем приводит к усложнению их организации путем нарастающей дифференциации функций и подсистем, выполняющих эти функции. При этом степень симметричности природных систем ...

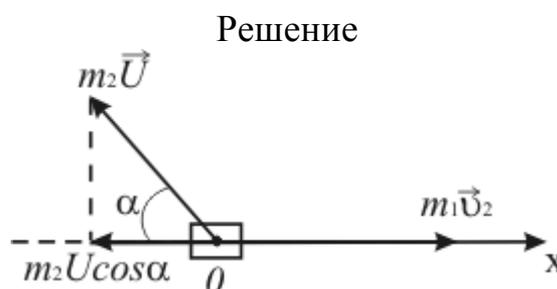
- 1) с необходимостью понижается;
- 2) с необходимостью повышается;

- 3) остается постоянной;
 4) может как повышаться, так и понижаться.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. С судна, движущегося со скоростью $v_1 = 54$ км/ч, произведен выстрел из пушки под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту в направлении, противоположном движению судна. Снаряд вылетел со скоростью $U = 1$ км/с. На сколько изменилась скорость судна, если масса снаряда $m_2 = 50$ кг, а масса судна $m_1 = 200$ т.

Дано: $v_1 = 54$ км/ч $U = 1$ км/с $\alpha = 60^\circ$ $m_2 = 50$ кг $m_1 = 200$ т <hr/> $\Delta v - ?$



На приведенном рисунке:

v_1 – скорость судна до выстрела;

α – угол между скоростью снаряда и горизонтом;

U – скорость снаряда после выстрела;

m_1 – масса судна; m_2 – масса снаряда;

Δv – изменение скорости судна в результате выстрела.

По закону сохранения импульса векторная сумма импульсов судна и снаряда до выстрела равна сумме их импульсов после выстрела:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_1 = m_1 \vec{v}_2 + m_2 \vec{U}.$$

Для записи этого закона в скалярном виде спроектируем вектор импульса снаряда на ось Ox , сонаправленную с импульсом судна.

$$m_1 v_1 + m_2 v_1 = m_1 v_2 - m_2 U \cos \alpha;$$

$$v_1 (m_1 + m_2) = m_1 v_2 - m_2 U \cos \alpha.$$

Из этого выражения найдем скорость судна после выстрела:

$$v_2 = \frac{v_1 (m_1 + m_2) + m_2 U \cos \alpha}{m_1}.$$

Изменение скорости судна Δv равно:

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

или

$$\Delta v = \frac{v_1(m_1 + m_2) + m_2 U \cos \alpha}{m_1} - v_1 =$$

$$= \frac{m_1 v_1 + m_2 v_1 + m_2 U \cos \alpha - m_1 v_1}{m_1}.$$

$$\Delta v = \frac{m_2}{m_1} (v_1 + U \cos \alpha).$$

$$\Delta v = \frac{50 \text{ кг}}{2 \cdot 10^5 \text{ кг}} (15 \text{ м/с} + 10^3 \text{ м/с} \cdot \cos 60^\circ) = 0,13 \text{ м/с}.$$

Ответ: $\Delta v = 0,13 \text{ м/с}$.

Пример 2. Автоматический пистолет имеет подвижный кожух, связанный с корпусом пружиной жесткостью k . Масса кожуха m_1 , масса пули m_2 . При выстреле кожух, сжимающая пружину, отходит назад на расстояние x . Чему равна скорость пули v_2 при вылете из ствола пистолета?

Дано:	Решение
k	Здесь k – жесткость пружины; m_1 – масса кожуха, m_2 – масса пули; x – деформация пружины при выстреле; v_2 – скорость пули.
m_1	
m_2	
x	
v_2 – ?	Будем считать систему «кожух-пуля» замкнутой. Тогда к ней можно применить закон сохранения импульса: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0,$

где v_1 – скорость, приобретаемая кожухом в момент выстрела; $m_1 v_1$ – импульс кожуха; $m_2 v_2$ – импульс пули.

В скалярной записи с учетом направления движения кожуха и пули получим:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0 \text{ или } m_1 v_1 = m_2 v_2,$$

откуда

$$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}. \quad (1)$$

Применим закон сохранения механической энергии к движению кожуха: кинетическая энергия кожуха в момент выстрела полностью переходит в потенциальную энергию его упругой деформации

$$K = \Pi; \quad K = \frac{m_1 v_1^2}{2}; \quad \Pi = \frac{kx^2}{2}.$$

Тогда

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{kx^2}{2},$$

откуда

$$v_1 = x \sqrt{\frac{k}{m_1}}. \quad (2)$$

Подставим значение скорости кожуха (2) в формулу скорости пули (1):

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2} x \sqrt{\frac{k}{m_1}} \quad \text{или} \quad v_2 = \frac{x}{m_2} \sqrt{m_1 k}.$$

$$\text{Ответ: } v_2 = \frac{x}{m_2} \sqrt{m_1 k}.$$

Пример 3. Камень массой m , брошенный под углом 60° к горизонту, достигает максимальной высоты h . Определите работу A , совершенную при бросании камня. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Дано:	Решение
m	Работа при бросании затрачивается на изменение (увеличение) кинетической энергии камня, т. е.
$\alpha = 60^\circ$	
h	
$A - ?$	
	$A = \Delta K = K_0 = \frac{mv_0^2}{2},$
	где v_0 – начальная скорость камня.

Пользуясь законом сохранения механической энергии, найдем начальное значение кинетической энергии камня K_0 .

За время полета в замкнутой системе отсчета «Земля-камень» кинетическая энергия камня переходит в потенциальную энергию. В верхней точке траектории кинетическая энергия K_h отлична от нуля и в соответствии с законом сохранения полной механической энергии изменение величины ΔK равно:

$$\Delta K = K_0 - K_h = mgh.$$

Исходя из кинематических соображений, можно показать, что кинетическая энергия камня в верхней точке траектории равна:

$$K_h = \frac{m(v_0 \cos \alpha)^2}{2} = \frac{K_0}{4}.$$

Следовательно, работа, совершаемая при бросании камня, равна:

$$A = K_0 = \frac{4mgh}{3},$$

что несколько больше, чем в случае бросания камня вертикально вверх. Действительно, при бросании камня вертикально вверх его кинетическая энергия в верхней точке траектории полностью перейдет в потенциальную энергию и $K_0 = mgh$.

$$\text{Ответ: } A = K_0 = \frac{4mgh}{3}.$$

Пример 4. Два шара, один массой $m_1 = 2$ кг, второй $m_2 = 3$ кг, движутся по горизонтальной поверхности навстречу во взаимно перпендикулярных направлениях и сталкиваются абсолютно неупруго. Найдите величину v_3 и направление скорости шаров, после соударения и вычислите, какая часть механической энергии переходит во внутреннюю энергию шаров. До соударения скорость первого шара $v_1 = 5,0$ м/с, второго $v_2 = 3,0$ м/с.

Дано:
 $m_1 = 2$ кг
 $m_2 = 3$ кг
 $v_1 = 5$ м/с
 $v_2 = 3$ м/с

 $v_3 = ?$, $\alpha = ?$,
 $\Delta W = ?$

Решение
 Введем систему координат XOY , как показано на рис. 1. Соударение шаров происходит в начале системы координат. Соударение абсолютно неупругое, поэтому шары «слипаются» и движутся вместе со скоростью v_3 , как показано на рис. 1. Внешняя сила (сила тяжести), действующая на шары, перпендикулярна к горизонтальной плоскости и, следовательно, выполняется закон сохранения импульса.

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_3, \quad (1)$$

где \vec{P}_1 – импульс первого шара до соударения; \vec{P}_2 – импульс второго шара до соударения; \vec{P}_3 – импульс шаров после соударения.

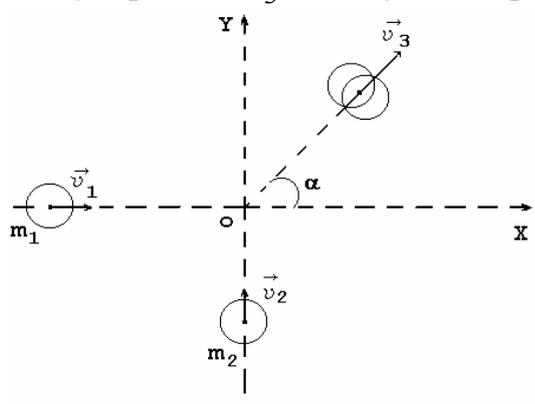


Рис. 1

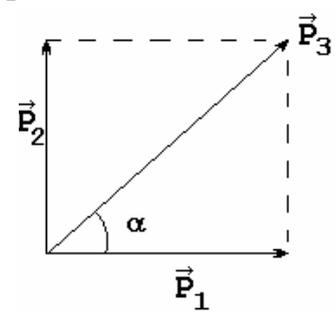


Рис. 2

Из характера движения шаров и закона сохранения импульса следует, что направления векторов $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ должны соответствовать рис. 2, а модули векторов связаны соотношением $P_3^2 = P_1^2 + P_2^2$ или

$$((m_1 + m_2)v_3)^2 = (m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2. \quad (2)$$

Из уравнения (2) выразим скорость v_3

$$v_3 = \frac{1}{m_1 + m_2} \sqrt{(m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2} = \sqrt{(2,0 \cdot 5,0)^2 + (3,0 \cdot 3,0)^2} = 2,7 \text{ м/с.}$$

Угол α , характеризующий направление скорости v_3 , может быть найден из рис. 2 по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P_2}{P_1} = \operatorname{actg} \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} = \operatorname{arctg} \frac{3,0 \cdot 3,0}{5,0 \cdot 2,0} = \operatorname{actg} 0,9 = 42^\circ.$$

При абсолютно неупругом соударении механическая энергия тел уменьшается на величину ΔW , перешедшую во внутреннюю энергию шаров. Движение происходит на горизонтальной плоскости, поэтому механическая энергия системы обусловлена кинетической энергией шаров.

$$\Delta W = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v_3^2}{2} = \frac{2,0 \cdot (5,0)^2}{2} + \frac{3,0 \cdot (3,0)^2}{2} - \frac{(2,0 + 3,0)(2,7)^2}{2} = 20,2 \approx 20 \text{ Дж.}$$

Ответ: $v_3 = 2,7 \text{ м/с}$; $\alpha = 42^\circ$; $\Delta W = 20 \text{ Дж}$.

Пример 5. Однородный сплошной цилиндр массой $m = 1 \text{ кг}$ удерживают на высоте $h = 10 \text{ м}$ над основанием наклонной плоскости, совпадающим с уровнем Земли. У основания наклонной плоскости скорость движения его центра масс достигает значения $v_c = 10 \text{ м/с}$. Определите работу сил трения качения $A_{\text{тр}}$ за время движения цилиндра по наклонной плоскости, если, после того как цилиндр отпускают, он скатывается без скольжения.

Дано:	Решение
$h = 10 \text{ м}$	Кинетическая энергия поступательного движения цилиндра равна:
$v_c = 10 \text{ м/с}$	
$m = \text{кг}$	Кинетическая энергия вращательного движения цилиндра равна:
$A_{\text{тр}} - ?$	

$$K_{\text{пост}} = \frac{mv_c^2}{2}.$$

$$K_{\text{вр}} = \frac{I\omega^2}{2},$$

где I – момент инерции цилиндра, ω – угловая скорость вращения.

Движение цилиндра при качении является плоским. Его можно представить как суперпозицию поступательного и вращательного движения. В соответствии с теоремой Кёнига кинетическая энергия цилиндра у основания наклонной плоскости K_0 равна:

$$K_0 = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}.$$

В отсутствие скольжения величины векторов мгновенной скорости точек на ободе цилиндра v равны скорости движения центра масс $v_c = v = \omega R$. Следовательно,

$$K_0 = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I\left(\frac{v_c}{R}\right)}{2}. \quad (1)$$

Система «цилиндр-Земля» является замкнутой. В ней действуют внутренние неконсервативные силы (силы трения качения). Применим к этой системе закон изменения полной механической энергии. Изменение полной механической энергии при перемещении цилиндра по наклонной плоскости равно работе сил трения качения $A_{\text{тр}}$. Обозначим за $E_{\text{в}}$ полную механическую энергию в верхнем положении цилиндра, а за E_0 полную механическую энергию, когда цилиндр находится у ее основания

$$E_0 - E_{\text{в}} = A_{\text{тр}}.$$

Полная механическая энергия системы равна сумме кинетической и потенциальной энергий, следовательно,

$$E_{\text{в}} = K_{\text{в}} + \Pi_{\text{в}}; \quad E_0 = K_0 + \Pi_0.$$

Значение потенциальной энергии цилиндра у основания наклонной плоскости примем за нулевой уровень, тогда значение потенциальной энергии у вершины будет равно

$$\Pi_{\text{в}} = mgh.$$

Исходя из закона изменения полной механической энергии получим, что

$$K_0 - mgh = A_{\text{тр}}. \quad (2)$$

Пользуясь законом изменения энергии и выражением для момента инерции сплошного цилиндра, рассчитаем величину работы, произведенной силой трения качения.

Момент инерции сплошного цилиндра равен:

$$I = \frac{mR^2}{2}.$$

Исходя из закона изменения полной механической энергии (2) и выражения для кинетической энергии цилиндра у основания наклонной плоскости (1) получим, что:

$$A_{\text{тр}} = \frac{3mv_c^2}{4} - mgh.$$

$$A_{\text{тр}} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 10^2}{4} - 10 \cdot 1 \cdot 10 = -25 \text{ Дж}.$$

Работа сил трения качения отрицательна.

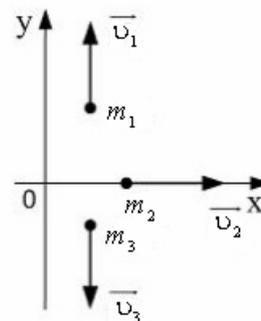
Ответ: $A_{\text{тр}} = -25 \text{ Дж}$.

Задачи для самостоятельного решения

Средний уровень

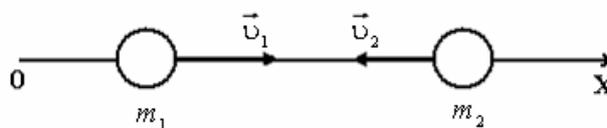
1. Система состоит из трех шаров массами $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг, которые двигаются так, как показано на рисунке. Скорости шаров равны $v_1 = 3$ м/с, $v_2 = 2$ м/с, $v_3 = 1$ м/с. Найдите величину скорости центра масс этой системы.

Ответ: $v = 2/3$ м/с.



2. Вдоль оси OX навстречу друг другу движутся две материальные точки массами $m_1 = 2$ г и $m_2 = 6$ г со скоростями $v_1 = 9$ м/с и $v_2 = 3$ м/с соответственно. Найдите проекцию скорости центра масс на ось X. (Отв. 0).

Ответ: $v = 0$.



3. Тело массой 2 кг бросили с поверхности земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Найдите максимальное значение его потенциальной энергии. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $E = 400$ Дж.

4. Тело массой 2 кг поднято над землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Определите скорость тела после прохождения $1/4$ расстояния до земли. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $v = 10$ м/с.

5. Тело массой 2 кг бросили с поверхности земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Найдите значение его кинетической энергии после прохождения $3/4$ расстояния до точки максимального подъема. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $E = 100$ Дж.

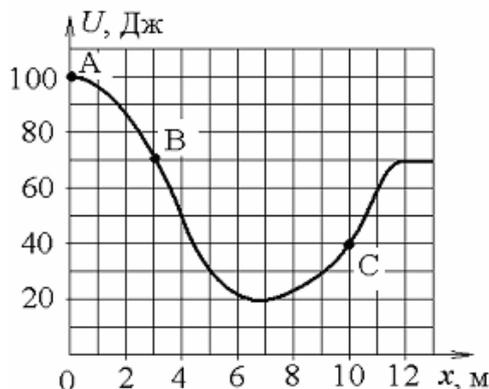
6. Обруч скатывается без проскальзывания с горки высотой 2,5 м. Определите скорость обруча у основания горки. Трением пренебречь.

Ответ: $v = 5$ м/с.

7. Потенциальная энергия частицы задается функцией $U = x^2 + y^2 - z^2$. Чему равна F_z – компонента вектора силы, действующей на частицу в точке $A(1, 2, 3)$?

Ответ: $F = 6\text{Н}$.

8. Небольшая шайба начинает движение без начальной скорости по гладкой ледяной горке из точки A . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Зависимость потенциальной энергии шайбы от координаты x изображена на графике $U(x)$. Во сколько раз отличается кинетическая энергия шайбы в точке C от кинетической энергии в точке B ?



Ответ: в точке C в 2 раза больше, чем в точке B .

9. Тело массой 100 г бросили с поверхности земли с начальной скоростью 10 м/с под углом 30° к горизонту. Чему равна средняя мощность, развиваемая силой тяжести за время падения тела на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: $N = 0$

10. Тело массой 1 кг поднимают по наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости 1 м, длина ее основания 2 м, коэффициент трения 0,2. Определите минимальную работу, необходимую для подъема тела.

Ответ: $A = 14$ Дж.

Достаточный уровень

1. На вагонетку массой $m_1=800$ кг, движущуюся горизонтально со скоростью $v_1=0,2$ м/с, насыпали сверху $m_2=200$ кг щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки Δv .

Ответ: $\Delta v = 0,04$ м/с.

2. Из ствола орудия массой 5 т вылетает снаряд массой 100 кг. Кинетическая энергия снаряда на вылете 7,5 МДж. Какую кинетическую энергию получает орудие?

Ответ: $E_k = 150$ кДж.

3. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению движения. Какую скорость v_1 имела лодка, если она остановилась после двух выстрелов, следующих сразу друг за другом? Масса охотника с лодкой $m_1 = 200$ кг, масса заряда $m_2 = 20$ г. Скорость вылета дроби и пороховых газов $v_2 = 500$ м/с.

Ответ: $v_1 = 0,1$ м/с.

4. Конькобежец массой $m_1 = 70$ кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m_2 = 3$ кг со скоростью $v = 8$ м/с. Определите, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед $k = 0,02$.

Ответ: $S = 0,3$ м.

5. Тело массой $0,2$ кг, брошенное с начальной скоростью 20 м/с с башни высотой 25 м, в момент удара о землю имело скорость 22 м/с. Определите работу силы сопротивления воздуха.

Ответ: $A = -40,6$ Дж.

6. Стальной шарик массой $m = 20$ г, падает с высоты $h_1 = 1$ м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту $h_2 = 81$ см. Найдите импульс силы, действовавший на плиту во время удара, и количество теплоты, выделившееся при ударе.

Ответ: $F\Delta t = 0,17$ Н·с; $Q = 0,04$ Дж.

7. Санки скатываются с ледяной горы с высоты $h = 15$ м и останавливаются на горизонтальном участке на расстоянии $S = 100$ м от вершины горы. Определите коэффициент трения.

Ответ: $\mu = 0,15$.

Тема 5. МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Понятие о механической картине мира. Механическое движение как простейшая форма движения материи. Масса как мера инертности и гравитации. Принцип эквивалентности. Инвариантность и сохранение массы. Скорость, импульс и кинетическая энергия для медленных движений. Детерминизм Лапласа. Движения планет и законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Фундаментальные законы Ньютона. Концепция дальнодействия.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Назовите особенности натурфилософской ступени познания мира.
2. В чём суть гипотезы Левкиппа о строении вещества?
3. Как объясняли разнообразие всех тел в природе древнегреческие атомисты Демокрит и Эпикур?
4. Расскажите, как понимал движение Аристотель?
5. Опишите космологические представления Аристотеля и Птолемея.
6. Сформулируйте основные положения и законы статики Архимеда.
7. Как происходило формирование физических представлений в период средневековья? Опишите научные достижения ученых Оксфордского университета (Т. Брэдвардина, У. Гейтсбери), а также французских философов (Н. Орем, Ж. Буридана, А. Саксонского).
8. Расскажите о достижениях Леонардо да Винчи в исследовании механических явлений и их практическом применении.
9. Опишите гелиоцентрическую систему мира Н. Коперника.
10. Дайте оценку роли экспериментальных исследований Галилея в становлении механики как науки. Сформулируйте принцип относительности Галилея. Расскажите об астрономических исследованиях Галилея.
11. Почему механика Галилея может справедливо рассматриваться как основа механики Ньютона?
12. Сформулируйте законы небесной механики Кеплера.
13. Дайте формулировку первого, второго и третьего законов Ньютона.
14. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Какие теоретические выводы были сделаны Ньютоном на основе закона всемирного тяготения?
15. В чём суть Ньютоновской концепции абсолютного пространства и времени?
16. Опишите космологические представления Ньютона. Сформулируйте парадокс Ольберса.
17. Сформулируйте принцип обратимости (симметрии) во времени.
18. В чём заключается лапласовский детерминизм?
19. Что такое редукционизм? Почему с ним нельзя согласиться?

20. Сформулируйте принцип дальнего действия.
21. Каковы представления механической картины мира о материи? О движении? О пространстве и времени? О взаимодействии? О причинности и закономерности?
22. В чём ограниченность механической картины мира? Что такое механицизм?

ТЕСТЫ

1. Расположите в хронологическом порядке научные картины мира:

- 1) электромагнитная;
- 2) неклассическая (квантово-полевая);
- 3) эволюционная;
- 4) механическая.

2. Укажите положение, относящееся к механистической картине мира:

- 1) Передача взаимодействий описывается принципом дальнего действия.
- 2) Передача взаимодействий описывается принципом ближнего действия.
- 3) В основе мира лежит случайность, вероятность.
- 4) Движение микрочастиц не может быть описано законами Ньютона.

3. Что нужно поставить вместо многоточия в предложении: «Система отсчета, в которой тело, неподверженное действию других тел,....., называется инерциальной»?

- 1) движется с постоянным ускорением по отношению к другим системам отсчета;
- 2) движется прямолинейно по отношению к другим системам отсчета;
- 3) движется равномерно по отношению к другим системам отсчета;
- 4) находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

4. Принцип относительности Галилея утверждает:

- 1) все инерциальные системы отсчета по своим механическим свойствам эквивалентны друг другу;
- 2) во всех инерциальных системах отсчета все законы механики записываются одинаковым образом;
- 3) во всех инерциальных системах отсчета свойства пространства и времени одинаковы;
- 4) все приведенные утверждения эквивалентны друг другу.

5. Согласно механизму дальнего действия любой вид взаимодействия передается:

- 1) между любыми структурами с конечной скоростью;
- 2) мгновенно только между соседними структурами;
- 3) между соседними структурами с конечной скоростью;
- 4) мгновенно через пустоту на любые расстояния.

6. Лапласова формулировка механического детерминизма гласит:

1) существуют такие системы отсчета, в которых тело, не подверженное воздействию со стороны других тел, движется прямо и равномерно;

2) тяготение на самом деле существует, действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения движения всех небесных тел и моря;

3) материя во всей Вселенной одна и та же, все воспринимаемые нами свойства её исчерпываются способностью дробиться и двигаться. Движение, смотря по различию производимых им действий, то теплотой, то светом;

4) ум, которому известны для какого-либо момента все силы природы и относительное расположение её частей, обнял бы в одной формуле движение всех тел Вселенной, будущее, как и прошедшее, предстало бы перед его взором.

7. Осознав этическую неприемлемость концепции детерминированного механического движения атомов, античный философ Эпикур написал:

1) смерть не имеет к нам никакого отношения, так как, когда мы существуем, смерть еще не существует, а когда смерть присутствует, тогда мы не существуем;

2) также и времени нет самого по себе, но предметы сами ведут к ощущению того, что в веках совершилось;

3) истинно только все то, что мы наблюдаем чувствами или воспринимаем умом посредством постижения;

4) лучше следовать мифу о богах, чем быть рабом физиков; миф дает надежду умиловить богов посредством почитания их, а судьба заключает в себе неумолимую необходимость.

8. Укажите положение, относящееся к механической картине мира:

- 1) передача взаимодействий описывается принципом близкого действия;
- 2) законы микромира отличаются от законов макромира;
- 3) построена на однозначных причинно-следственных связях;
- 4) наблюдается господство континуальных представлений о материи.

9. Укажите положения, относящиеся к механической картине мира. Передача взаимодействий...

- 1) описывается принципом дальнего действия;
- 2) господство континуальных представлений о материи;
- 3) микромир аналогичен макромиру;
- 4) в мире возможны случайные процессы.

10. В механической картине мира принято, что ...

- 1) пространство во всех направлениях обладает одинаковыми свойствами;
- 2) пространство неоднородно;
- 3) пространство во всех точках обладает одинаковыми свойствами;
- 4) свойства пространства разные в зависимости от направления.

11. В механической картине мира принято, что ...

- 1) в зависимости от выбора системы отсчета течение времени может быть разным;
- 2) пространство однородное, плоское, евклидово;
- 3) время однородно, течет равномерно во всех частях Вселенной;
- 4) пространство однородное, искривленное, неевклидово

12. В механической картине мира принято, что ...

- 1) с возрастанием скорости движения тела его масса увеличивается;
- 2) во всех системах отсчета время течет одинаково;
- 3) в инерциальных системах отсчета, движущихся с большими скоростями, темп времени замедляется;
- 4) пространственные размеры тел в покоящихся и движущихся системах отсчета остаются одинаковыми.

13. В механической картине мира принято, что пространство и время ...

- 1) неразрывно связаны и относительны;
- 2) существуют независимо друг от друга и абсолютны;
- 3) существуют как единая структура и абсолютны;
- 4) существуют независимо друг от друга и относительны.

14. В механической картине мира принято, что ...

- 1) пространственные размеры тел не зависят от скорости движения, а темп времени изменяется;
- 2) пространственные размеры тел и временные интервалы изменяются в зависимости от скорости движения;
- 3) пространственные размеры тел и временные интервалы неизменны во всех системах отсчета;

4) пространственные размеры тел изменяются в зависимости от скорости движения, а время течет одинаково во всех системах отсчета.

15. В механической картине мира принято, что ...

- 1) линейный размер тел, движущихся с большими скоростями, уменьшается;
- 2) в инерциальных системах отсчета, движущихся с большими скоростями, темп времени замедляется;
- 3) пространственные размеры тел в покоящихся и движущихся системах отсчета остаются одинаковыми;
- 4) с возрастанием скорости движения тела его масса увеличивается.

16. В механической картине мира принято:

- 1) свойства пространства разные в зависимости от направления;
- 2) пространство однородное, искривленное, неевклидово;
- 3) пространство однородное, трехмерное, евклидово;
- 4) в зависимости от выбора системы отсчета и темпа протекания времени может быть разным.

17. В механической картине мира сложились представления о пространстве как трёхмерном, однородном и

- 1) изоморфном;
- 2) замкнутом;
- 3) симметричном;
- 4) изотропном.

18. Укажите положения, относящиеся к механической картине мира передача взаимодействий...

- 1) описывается принципом дальнего действия;
- 2) господство континуальных представлений о материи;
- 3) микромир аналогичен макромиру;
- 4) в мире возможны случайные процессы.

19. В механической картине мира принято, что...

- 1) пространство во всех направлениях обладает одинаковыми свойствами;
- 2) пространство однородное, искривлённое, неевклидово;
- 3) пространство неоднородно;
- 4) свойства пространства разные в зависимости от направления.

20. Укажите положение, относящееся к механической картине мира:

- 1) передача взаимодействий описывается принципом близкого действия;

- 2) законы микромира отличаются от законов макромира;
- 3) построена на однозначных причинно-следственных связях;
- 4) наблюдается господство континуальных представлений о материи.

21. В механической картине мира принято, что .

- 1) в инерциальных системах отсчёта, движущихся с большими скоростями, темп времени замедляется;
- 2) пространственные размеры тел в покоящихся и движущихся системах отсчёта остаются одинаковыми;
- 3) линейный размер тел, движущихся с большими скоростями, уменьшается;
- 4) с возрастанием скорости движения тела его масса увеличивается.

22. Найдите утверждение, справедливость которого стала понятной при переходе от механической картины мира к электромагнитной.

- 1) Существуют качественно различающиеся формы движения материи.
- 2) Любое движение сводится к перемещению тел и частиц.
- 3) Зная причину, можно точно и однозначно рассчитать ее следствия.
- 4) Движущее тело действует на движимое, а встречного противодействия нет.

23. Справедливо в механической картине мира, но не справедливо в электромагнитной:

- 1) существуют качественно различающиеся формой движения материи;
- 2) любое движение сводится к перемещению тел и частиц;
- 3) движущее тело действует на движимое, а встречного противодействия нет;
- 4) зная причину, можно точно и однозначно рассчитать ее следствие.

24. Укажите положение, свойственное механической картине мира, но отвергнутое в современной научной картине мира.

- 1) Движущее тело действует на движимое, а встречного противодействия нет.
- 2) Единственная форма материи вещество, имеющее дискретное строение.
- 3) Вселенная в целом и её подсистемы являются результатом длительной эволюции.
- 4) В больших масштабах вещество во Вселенной распределено равномерно.

25. В современной научной картине мира, как и в механической, считается, что.

- 1) случайность и неопределенность фундаментальные элементы мироздания;

2) материальные тела движутся под воздействием нематериальных виртуальных частиц;

3) в больших масштабах вещество во Вселенной распределено равномерно;

4) взаимодействия между материальными объектами передаются мгновенно.

26. Переносчиком взаимодействий между материальными объектами служит ...

1) физический вакуум;

2) физическое поле;

3) фотон;

4) эфир.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Механическая картина мира признает только один вид движения – *механическое движение*, представляющее собой изменение положения тела в пространстве с течением времени. В процессе механического движения рассматриваемое тело изменяет свое положение в пространстве относительно другого тела (или других тел), условно принятого за неподвижное и называемого *телом отсчета*. Для определения положения тел в пространстве с телом отсчета жестко связывается прямоугольная (декартова) система координат, снабженная часами (*система отсчета*).

Положение движущейся материальной точки (или тела) в данный момент времени в декартовой системе координат можно задать двумя способами:

1) тремя скалярными координатами x, y, z .

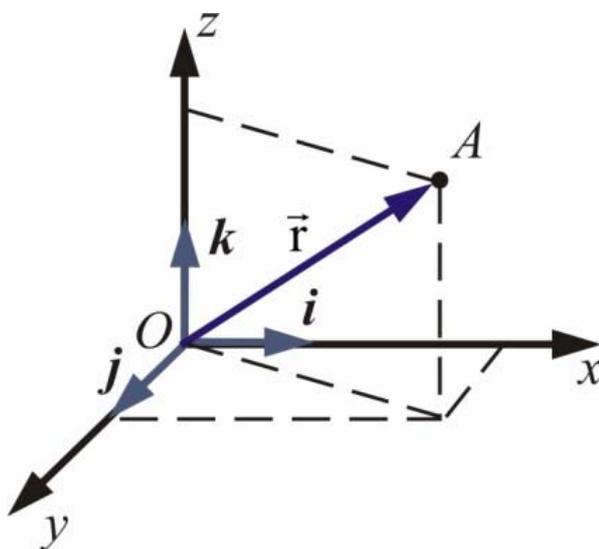


Рис.4

2) радиусом-вектором \vec{r} , проведённым из начала координат в данную точку. Единичные векторы \vec{i}, \vec{j} и \vec{k} , направленные вдоль соответствующих осей x, y, z , образуют *ортонормированный базис* (рис.4).

Радиус-вектор \vec{r} можно представить через скалярные координаты точки следующим образом:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Модуль радиус-вектора \vec{r} :

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

При перемещении материальной точки её радиус-вектор \vec{r} изменяется со временем (рис.5):

$$\vec{r} = \vec{r}(t), \quad (1)$$

(1) – векторное кинематическое уравнение движения.

Координаты точки тоже изменяются со временем:

$$\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t), \\ z &= z(t) \end{aligned} \quad (2)$$

(2) – скалярные кинематические уравнения движения

Линия, которую описывает в пространстве движущаяся материальная точка, называется *траекторией*.

Длина участка траектории, пройденного материальной точкой за некоторый промежуток времени Δt называется *путём* (S).

Вектор, проведённый из начального положения материальной точки в её положение в данный момент времени называется *перемещением* ($\Delta\vec{r}$):

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$

Быстрота изменения положения материальной точки в пространстве характеризуется *вектором мгновенной скорости* \vec{v} .

Модуль вектора мгновенной скорости равен первой производной от пути по времени:

$$v = \frac{dS}{dt},$$

Быстрота изменения вектора мгновенной скорости при прямолинейном движении характеризуется *вектором ускорения* \vec{a} .

Модуль вектора ускорения равен первой производной от скорости по времени:

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

Пример 1. Движение двух тел описывается уравнениями $x_1 = 0,75t^3 + 2,25t^2 + t$, $x_2 = 0,25t^3 + 3t^2 + 1,5t$ Определить величины скоро-

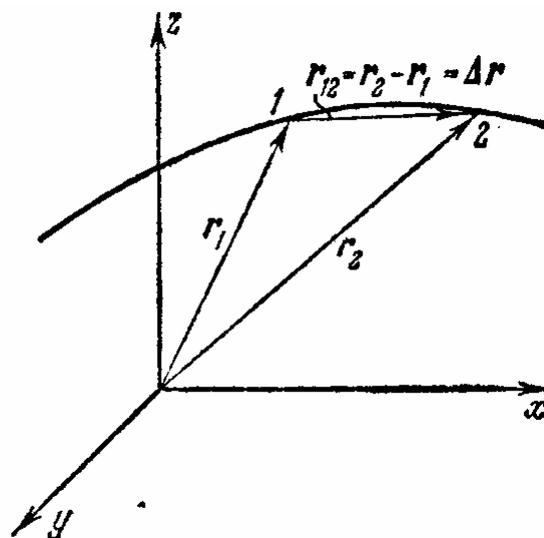


Рис.5

стей этих тел и момент времени, когда ускорения их будут одинаковы, а также значение ускорения в этот момент времени.

<p>Дано:</p> $x_1 = 0,75t^3 + 2,25t^2 + t$ $x_2 = 0,25t^3 + 3t^2 + 1,5t$ <hr/> $v_1 = ?, v_2 = ?, t = ?,$ $a = ?$	<p>Решение</p> <p>Определим момент времени, когда ускорения обоих тел одинаковы. Для этого получим выражения для ускорений, продифференцировав по времени уравнения движений тел:</p> $a_1 = \frac{dv_1}{dt} = \frac{d^2x_1}{dt^2} = 4,5 + 4,5t,$ $a_2 = \frac{dv_2}{dt} = \frac{d^2x_2}{dt^2} = 6 + 1,5t.$
---	---

Решение

Определим момент времени, когда ускорения обоих тел одинаковы. Для этого получим выражения для ускорений, продифференцировав по времени уравнения движений тел:

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt} = \frac{d^2x_1}{dt^2} = 4,5 + 4,5t,$$

$$a_2 = \frac{dv_2}{dt} = \frac{d^2x_2}{dt^2} = 6 + 1,5t.$$

Согласно условию задачи, в некоторый момент времени t ускорения тел одинаковы

$$a_1 = a_2.$$

Поэтому

$$4,5 + 4,5t = 6 + 1,5t. \quad (1)$$

Решая уравнение (1) относительно t получаем

$$t = 0,5 \text{ с.}$$

Значения скоростей тел в этот момент времени:

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt} = 2,25t^2 + 4,5t + 1$$

$$v_1 = 2,25 \cdot 0,5^2 + 4,5 \cdot 0,5 + 1 = 3,81 \text{ м/с.}$$

$$v_2 = \frac{dx_2}{dt} = 0,75t^2 + 6t + 1,5$$

$$v_2 = 0,75 \cdot 0,5^2 + 6 \cdot 0,5 + 1,5 = 4,69 \text{ м/с.}$$

Ускорения тел в этот момент времени:

$$a_1 = a_2 = a = 6 + 1,5t = 6,75 \text{ м/с}^2.$$

$$\text{Ответ: } v_1 = 3,81 \text{ м/с; } v_2 = 4,69 \text{ м/с; } t = 0,5 \text{ с; } a = 6,75 \text{ м/с}^2.$$

Пример 2. Радиус-вектор частицы изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ (м), где \vec{i} и \vec{j} – орты осей x и y . Определите для момента времени $t = 1$ с:

а) модуль скорости частицы;

б) модуль ускорения частицы.

Дано:

$$\vec{r} = t^3 \vec{i} + 3t^2 \vec{j}$$

$$t = 1 \text{ с.}$$

$$v - ?$$

$$a - ?$$

Решение

Вектор скорости определяем как первую производную радиус-вектора по времени.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 3t^2 \vec{i} + 6t \vec{j}. \quad (1)$$

В то же время вектор скорости, как и любой вектор можно представить через его компоненты (проекции вектора скорости на оси координат)

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}. \quad (2)$$

Сравнивая это выражение с предыдущим, получим:

$$v_x = 3t^2; \quad v_y = 6t; \quad v_z = 0.$$

Модуль скорости определяется через компоненты:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{(3t^2)^2 + (6t)^2} = \sqrt{(3 \cdot 1^2)^2 + (6 \cdot 1)^2} = 6,7 \text{ м/с.}$$

Ускорение частицы равно производной от вектора скорости

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 6t + 6,$$

где компоненты $a_x = 6t$, $a_y = 6$.

Модуль ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{(6 \cdot t)^2 + 6^2} = \sqrt{(6 \cdot 1)^2 + 6^2} = 8,48 \text{ м/с}^2 \approx 8,5 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 1) $v = 6,7 \text{ м/с}$; 2) $a = 8,5 \text{ м/с}^2$.

Пример 3. Точка движется в плоскости xu из положения с координатами $x_1 = y_1 = 0$ со скоростью $\vec{v} = a\vec{i} + bx\vec{j}$ (a и b – постоянные, \vec{i} и \vec{j} – орты осей x и y)

Определите: 1) уравнение траектории точки $y(x)$; 2) форму траектории.

Дано

$$x_1 = y_1 = 0$$

$$\vec{v} = a\vec{i} + bx\vec{j}$$

$$y(x) - ?$$

Решение

Компоненты скорости $v_x = a$, $v_y = bx$.

Так как $v_x = \frac{dx}{dt}$, а $v_y = \frac{dy}{dt}$ (x и y – компоненты радиус-вектора) то

$$\frac{dx}{dt} = a; \quad \frac{dy}{dt} = bx.$$

Из последних выражений, исключая время, получаем, что

$$\frac{dx}{a} = \frac{dy}{bx},$$

или

$$dy = \frac{b}{a} x dx.$$

Интегрируя это уравнение, получим

$$y = \int_0^x \frac{bx}{a} dx = \frac{bx^2}{2a}.$$

Траектория движения точки является параболой.

Ответ: 1) $y = \frac{b}{2a} x^2$; 2) парабола.

Пример 4. Определите модуль силы, действующей на тело массой 0,5 кг при его движении в плоскости XOY по законам: $x = A \sin \omega t$, $y = A \cos \omega t$, где $A = 0,1$ м, $\omega = 4$ рад/с.

Дано
$x = A \sin \omega t$
$y = A \cos \omega t$
$m = 0,5$ кг
$A = 0,1$ м
$\omega = 4$ рад/с
$F = ?$

Решение
По второму закону Ньютона
$F = ma$,
где $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ – ускорение тела.
a_x – проекция вектора ускорения на ось OX
$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \sin \omega t$,

a_y – проекция вектора ускорения на ось OY

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = -A\omega^2 \cos \omega t.$$

Следовательно,

$$a = \sqrt{A^2 \omega^4 \sin^2 \omega t + A^2 \omega^4 \cos^2 \omega t} = A\omega^2 \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t}.$$

Учитывая, что $\sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} = 1$, получаем $a = A\omega^2$.

Поэтому модуль силы, действующей на тело

$$F = mA\omega^2$$

$$F = 0,5 \text{ кг} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 16 \text{ рад}^2/\text{с}^2 = 8 \text{ Н}.$$

Ответ: $F = 8$ Н.

Пример 5. Частица массой $0,5$ кг движется прямолинейно из состояния покоя под действием силы $F = F_m \sin \pi t$ ($F_m = 2$ Н). Определите путь, который пройдет частица к концу второй секунды после начала движения.

Дано
 $m = 0,5$ кг
 $t_1 = 2$ с
 $F = F_m \sin \pi t$
 $F_m = 2$ Н
 $v_0 = 0$
 $S = ?$

Решение
 По второму закону Ньютона:

$$F = m \frac{dv}{dt},$$

откуда

$$dv = \frac{F}{m} dt = \frac{F_m}{m} \sin \pi t dt,$$

$$\text{тогда } \int_{v_0}^v dv = \int_0^t \frac{F_m}{m} \sin \pi t dt \Rightarrow v \Big|_{v_0}^v = -\frac{F_m}{m\pi} \cos \pi t \Big|_0^t$$

$$v - v_0 = \frac{F_m}{m\pi} (1 - \cos \pi t).$$

Учитывая, что $v_0 = 0$,
 получаем

$$v = \frac{F_m}{m\pi} (1 - \cos \pi t).$$

$$v = \frac{dS}{dt} \Rightarrow dS = v dt,$$

тогда

$$\begin{aligned} \int_0^S dS &= \int_0^{t_1} v dt \Rightarrow \\ \Rightarrow S &= \int_0^{t_1} \frac{F_m}{m\pi} (1 - \cos \pi t) dt = \frac{F_m}{m\pi} \left(\int_0^{t_1} dt + \int_0^{t_1} \cos \pi t dt \right) = \\ &= \frac{F_m}{m\pi} \left(t \Big|_0^{t_1} - \frac{\sin \pi t}{\pi} \Big|_0^{t_1} \right) \Rightarrow S = \frac{F_m}{m\pi} \left(t_1 - \frac{\sin \pi t_1}{\pi} \right). \end{aligned}$$

$$S = \frac{2 \text{ Н}}{0,5 \text{ кг} \cdot 3,14} \left(2 \text{ с} - \frac{\sin 2\pi}{\pi} \right) = 2,55 \text{ м}.$$

Ответ: $S = 2,55$ м.

Задачи для самостоятельного решения

Средний уровень

1. Заданы уравнения движения точки: $x = At$, $y = Bt^2$, где $A = 3 \text{ м/с}$, $B = 1 \text{ м/с}^2$. Определите расстояние точки от начала координат в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

- а) 7,2 м б) 10 м в) 5 м г) 6,9 м

2. Задан радиус-вектор точки: $\mathbf{r} = At\mathbf{i} + Bt^2\mathbf{j} + C\mathbf{k}$, где $A = 1 \text{ м/с}$, $B = 2 \text{ м/с}^2$, $C = 3 \text{ м}$. Определите модуль скорости в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

- а) 5,3 м/с б) 10,7 м/с в) 1,5 м/с г) 8,1 м/с

3. Заданы уравнения движения точки: $x = At$, $y = At(1 + Bt)$, где $A = 3 \text{ м/с}$, $B = 1/12 \text{ с}^{-1}$. Найдите модуль вектора скорости в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

- а) 5 м/с б) 10 м/с в) 15 м/с г) 8 м/с

4. Уравнение прямолинейного движения точки имеет вид: $s = At + Bt^2$, где $A = 2 \text{ м/с}$, $B = 2 \text{ м/с}^2$. Найдите скорость тела в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

- а) 5 м/с б) 10 м/с в) 15 м/с г) 8 м/с

5. Точка движется вдоль прямой, совпадающей с осью OX . Ее координата изменяется по закону: $x = At + Bt^3$, где $A = 27 \text{ м/с}$, $B = -1 \text{ м/с}^3$. Определите среднюю скорость точки за промежуток времени от $t_1 = 1 \text{ с}$ до $t_2 = 3 \text{ с}$.

- а) 15 м/с б) 10 м/с в) 14 м/с г) 7 м/с

6. Движение тела массой 2 кг описывается уравнением $S = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2 \text{ м}$; $B = 3 \text{ м/с}$, $C = 3 \text{ м/с}^2$. Определите импульс тела в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

- а) 46 кгм/с б) 48 кгм/с в) 86 кгм/с г) 26 кгм/с

7. Под действием некоторой силы тело массой $m = 3 \text{ кг}$ совершает прямолинейное движение, описываемое уравнением $x = 2t^3 - 3t^2 + 5t + 4$. Чему равна действующая на тело сила в момент времени $t = 5 \text{ с}$?

- а) 162 Н б) 555 Н в) 300 Н г) 270 Н

8. Найти закон движения тела массой 1 кг под действием постоянной силы 10 Н, если в начальный момент времени тело покоилось в начале координат.

- а) $S = 5t^2$ б) $S = 10t$ в) $S = t^2$ г) $S = 5t$

9. Движение тела задано уравнением $S = 6t^3 + 3t + 2$. Найти массу тела, если в конце второй секунды на него действует сила 72 Н.

а) 1 кг

б) 5 кг

в) 3 кг

г) 6 кг

Достаточный уровень

1. Материальная точка совершает прямолинейное движение, по закону: $S = t^4 + 2t^2 + 5$. Определите мгновенную скорость и ускорение точки в конце второй секунды от начала движения, а также путь, пройденный ею за это время.

Ответ: $v = 40$ м/с, $a = 52$ м/с², $S = 24$ м.

2. Движение точки по прямой описывается уравнением $S = 2t^3 - 10t^2 + 8$. Найдите скорость и ускорение точки в момент $t = 4$ с.

Ответ: $v = 16$ м/с, $a = 28$ м/с².

3. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением $S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($C = 0,1$ м/с²; $D = 0,03$ м/с³). Определите через какое время после начала движения ускорение тела будет равно 2 м/с².

Ответ: $t = 10$ с.

4. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеют вид $x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$ и $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$, где $B_1 = 4$ м/с²; $C_1 = -3$ м/с³; $B_2 = -2$ м/с²; $C_2 = 1$ м/с³. Определите момент времени, для которого ускорения этих точек будут равны.

Ответ: $t = 0,5$ с.

5. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеют вид $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$ и $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$, где $B_1 = B_2$, $C_1 = -2$ м/с², $C_2 = 1$ м/с². Определите: 1) момент времени, когда скорости этих точек будут равны; 2) ускорения точек в этот момент времени.

Ответ: 1) $t = 0$; 2) $a_1 = -4$ м/с², $a_2 = 2$ м/с².

6. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = At^3\vec{i} + Bt^2\vec{j}$ ($A = 1$ м/с³; $B = 3$ м/с²). Определите для момента времени $t = 1$ с после начала движения: 1) модуль скорости точки; 2) модуль ускорения.

Ответ: 1) $v = 6,7$ м/с, 2) $a_1 = 8,48$ м/с².

7. Ускорение частицы, движущейся прямолинейно, в зависимости от времени меняется согласно закону, выраженному уравнением $a(t) = 0,3t^2$, м/с². Найдите скорость v частицы и пройденный ею путь S в течение 3 с при условии, что в момент времени $t = 0$ скорость частицы равнялась нулю.

Ответ: $v = 2,7$ м/с, $S = 2,02$ м.

8. Заданы уравнения движения точки: $x = 2t$, м, $y = 2t(1 - 3t)$, м, $z = 0$. Определите: 1) уравнение траектории; 2) модули скорости $|\vec{v}|$ и ускорения $|\vec{a}|$ точки в момент времени $t = 3$ с.

Ответ: 1) $y = x - 1,5x^2$; 2) $|\vec{v}| = 34$ м/с, $|\vec{a}| = 12$ м/с².

9. Задано уравнение движения частицы вдоль оси X : $x = 4t - 0,05t^2$, м. Определите: 1) время движения t частицы до полной остановки; 2) координату x и ускорение a частицы в этот момент времени.

Ответ: 1) $t = 40$ с; 2) $x = 80$ м, $a = -0,1$ м/с².

10. Определить модуль равнодействующих сил, действующих на материальную точку массой 3 кг в момент времени $t = 6$ с, если она движется вдоль оси OX согласно уравнению $x = At^2$, где $A = 0,04$ м/с².

Ответ: $F = 4,32$ Н.

11. Тело массой 2 кг движется под действием силы \vec{F} вдоль оси X согласно закону, выраженному уравнением $x = 10\sin 2t$, где x измеряется в метрах, t – в секундах. Найдите наибольшее значение этой силы.

Ответ: $F_{\max} = 80$ Н.

12. Тело массой m движется под действием постоянной силы F . Найти закон движения, если в момент времени $t = 0$ тело имело скорость v_0 , совпадающую по направлению с силой.

Ответ: $x = v_0t + \frac{Ft^2}{2m}$.

13. На тело массой $m = 2$ кг действует сила, пропорциональная времени $F = kt$, где $k = 3$ кг·м/с³. Найдите путь S , пройденный телом за время $t = 4$ с при условии, что в момент времени $t_0 = 0$ тело имело начальную скорость $v_0 = 2$ м/с.

Ответ: $S = 24$ м.

14. Сила, действующая на частицу в течение интервала времени от $t = 0$ до $t = 0,003$ с, описывается зависимостью $F(t) = F_0 - bt$, где $F_0 = 480$ Н, $b = 1,6 \cdot 10^5$ Н/с. Определите изменение импульса частицы за время действия силы.

Ответ: $\Delta p = 0,72$ кг·м/с.

15. Тело массой 100 кг движется вдоль прямой под действием силы, изменяющейся с течением времени по закону $F = bt$, где $b = 10$ Н/с. Определите время, за которое скорость тела увеличится с 5 м/с до 25 м/с.

Ответ: $t = 20$ с.

Тема 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА

Понятие об электромагнитной картине мира (ЭМКМ). Электрический заряд. Плотность заряда. Электрическое поле. Электрический ток. Плотность тока. Магнитное поле. Электромагнитное поле. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Электромагнитные волны. Многообразие диапазонов электромагнитного излучения. Природа света. Волновые свойства света. Концепция близкодействия.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. На базе каких научных открытий и теоретических разработок сформировалась ЭМКМ?
2. Расскажите об истории открытия электрических и магнитных явлений.
3. Сформулируйте важнейшие законы электричества и магнетизма, положенные в основу ЭМКМ.
4. В чем состоит суть открытия Эрстеда?
5. Охарактеризуйте вклад Фарадея в создание ЭМКМ.
6. Раскройте суть теории Максвелла. В чём смысл уравнений Максвелла? Запишите уравнения Максвелла.
7. Какая новая физическая реальность была введена в научную картину мира в результате исследований Максвелла? Дайте её определение.
8. Назовите основные положения электронной теории проводимости металлов.
9. Назовите основные принципы ЭМКМ.
10. Какой подход к описанию мира характерен для ЭМКМ – корпускулярный или континуальный?
11. Сформулируйте основные положения ЭМКМ.

ТЕСТЫ

1. Укажите положения, относящиеся к электромагнитной картине мира:

- 1) вероятностные закономерности признаются фундаментальными;
- 2) материя построена из трех элементарных структур: электронов, протонов, фотонов;
- 3) ЭМКМ построена на однозначных причинно-следственных связях;
- 4) ЭМКМ создана трудами Ньютона и Эйнштейна.

2. Укажите положения относящиеся к электромагнитной картине мира:

- 1) господство корпускулярных представлений о материи;

- 2) господство континуальных представлений о материи;
- 3) передача взаимодействий описывается принципом дальнего действия;
- 4) передача взаимодействий описывается принципом ближнего действия.

3. Укажите положение, свойственное современной научной картине мира, но считавшееся несправедливым в электромагнитной.

- 1) Единственная форма материи вещество, имеющее дискретное строение.
- 2) Случайность и неопределенность фундаментальные и неустранимые элементы мироздания.
- 3) Взаимодействия материальных тел описываются в рамках концепции ближнего действия.
- 4) Физическое поле непрерывно в пространстве и не может рассматриваться как совокупность дискретных частиц.

4. Укажите положение, не свойственное ни современной научной картине мира, ни электромагнитной.

- 1) Взаимодействия материальных тел описываются в рамках концепции ближнего действия.
- 2) Единственная форма материи вещество, имеющее дискретное строение.
- 3) Физическое поле непрерывно в пространстве и не может рассматриваться как совокупность дискретных частиц.
- 4) Случайность и неопределенность фундаментальные и неустранимые элементы мироздания.

5. Справедливо и в современной научной картине мира и в электромагнитной:

- 1) Вселенная в целом и ее подсистемы являются результатом длительной эволюции.
- 2) Все будущие события однозначно предопределены современным состоянием Вселенной и законами природы.
- 3) Взаимодействия материальных тел описываются в рамках концепции ближнего действия.
- 4) Единственная форма материи – вещество, имеющее дискретное строение

6. Справедливо в механической картине мира, но не справедливо в электромагнитной:

- 1) существуют качественно различающиеся формы движения материи;
- 2) любое движение сводится к перемещению тел и частиц;

- 3) движущее тело действует на движимое, а встречного противодействия нет;
- 4) зная причину, можно точно и однозначно рассчитать ее следствие.

7. Несправедливо в механической картине мира, но справедливо в электромагнитной:

- 1) движущее тело действует на движимое, а встречного противодействия нет;
- 2) зная причину, можно точно и однозначно рассчитать ее следствия;
- 3) любое движение сводится к перемещению тел и частиц;
- 4) существуют качественно различающиеся формы движения материи.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. Три положительных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = 1 \text{ нКл}$ расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд q_4 нужно поместить в центре треугольника, чтобы указанная система зарядов находилась в равновесии?

Дано:
 $q_1 = q_2 = q_3 = 1 \cdot 10^{-9}$
 $q_4 = ?$

Решение
 Все три заряда, расположенных в вершинах треугольника, находятся в одинаковых условиях. Поэтому достаточно выяснить, какой заряд следует поместить в центре треугольника, чтобы какой-нибудь один из этих трех зарядов, например q_1 , находился в равновесии.

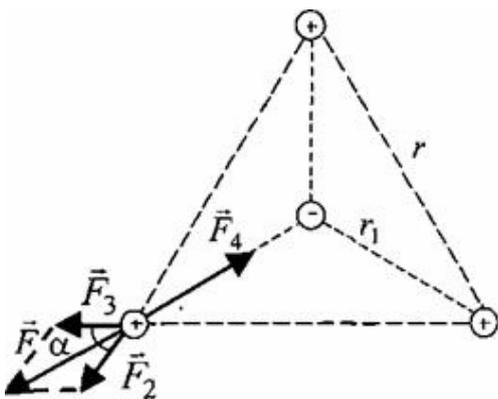


Рис. 6

Заряд q_1 будет находиться в равновесии, если векторная сумма действующих на него сил равна нулю (рис. 6)

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0,$$

где $\vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ – силы, с которыми действуют на заряд q_1 соответственно заряды q_2, q_3, q_4 ; \vec{F} – равнодействующая сил \vec{F}_2 и \vec{F}_3 .

Так как силы \vec{F} и \vec{F}_4 направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны, векторное равенство можно заменить скалярным: $F - F_4 = 0$, откуда: $F = F_4$.

Выразим в последнем равенстве \vec{F} как сумму проекций сил \vec{F}_2 и \vec{F}_3 на направление диагонали ромба $F_4 = 2F_2 \cdot \cos \alpha/2$.

Учтем, что $q_1 = q_2 = q_3$ и выразим величины сил F_2 и F_4 по закону Кулона, тогда

$$\frac{q_1 \cdot q_4}{4\pi\epsilon_0 \cdot r_1^2} = \frac{q_1^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \cdot 2 \cos \frac{\alpha}{2},$$

откуда

$$q_4 = \frac{q_1 \cdot r_1^2}{r^2} \cdot 2 \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Из геометрических построений в равностороннем треугольнике следует, что

$$r_1 = \frac{r}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{r}{2 \cos 30^\circ} = \frac{r}{\sqrt{3}}.$$

Подставив выражение r_1 формулу для нахождения q_4 , получим

$$q_4 = -q_1 \sqrt{3}.$$

$$q_4 = 10^{-9} \sqrt{3} = 5,77 \cdot 10^{-10} = 577 \text{ нКл.}$$

Ответ: $q_4 = 577 \text{ нКл.}$

Пример 2. Напряжение на концах проводника сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$ за $t = 0,5 \text{ с}$ равномерно возрастает от $U_1 = 0$ до $U_2 = 20 \text{ В}$. Какой заряд проходит по проводнику за это время?

Дано:

$$R = 5 \text{ Ом}$$

$$t = 0,5 \text{ с}$$

$$U_1 = 0$$

$$U_2 = 20 \text{ В}$$

$$q = ?$$

Решение

За время dt по проводнику переносится заряд

$$dq = Idt,$$

где $I = \frac{U(t)}{R}$ – сила тока в проводнике; R – сопротивление проводника; $U(t)$ – напряжение на концах проводника.

Напряжение U линейно изменяется со временем, т.е. можно записать

$$U(t) = kt,$$

где k – коэффициент пропорциональности, $k = \frac{\Delta U}{\Delta t}$, $k = \frac{20 - 0}{0,5} = 40 \text{ В/с}$.

Заряд q , перенесенный по проводнику за $t = 0,5 \text{ с}$,

$$q = \int_0^{0,5} dq = \int_0^{0,5} Idt = \int_0^{0,5} \frac{U(t)}{R} dt = \int_0^{0,5} \frac{k}{R} t dt = \frac{k}{R} \frac{t^2}{2} \Big|_0^{0,5}.$$

$$q = \frac{40 \cdot 0,5^2}{2 \cdot 5} = 1 \text{ Кл.}$$

Ответ: $q = 1 \text{ Кл.}$

Пример 3. Сила тока в резисторе линейно нарастает от $I=0$ до $I_1=8\text{ А}$ за время $t_1=4\text{ с}$. Сопротивление резистора $R=10\text{ Ом}$. Определите количество теплоты, выделившееся в резисторе за первые $t_2=3\text{ с}$.

Дано:	Решение
$t_0=0$	По закону Джоуля – Ленца
$t_1=4\text{ с}$	$dQ = I^2 R dt$.
$I=0$	Так как сила тока является функцией времени, то
$I_1=8\text{ А}$	$I = kt$,
$t_2=3\text{ с}$	где k – коэффициент пропорциональности, численно
$R=10\text{ Ом}$	равный приращению тока в единицу времени,
$Q=?$	$k = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{8}{4} = 2\text{ А/с}$.

Следовательно, $dQ = k^2 t^2 R dt$.

За первые три секунды выделится количество теплоты

$$Q = \int_{t_0}^{t_2} k^2 t^2 R dt = k^2 R \int_{t_0}^{t_2} t^2 dt = \frac{k^2 R}{3} (t_2^3 - t_0^3).$$

$$Q = 4 \cdot 10 \cdot 27 / 3 = 360\text{ Дж}.$$

Ответ: $Q = 360\text{ Дж}$.

Пример 4. Внутреннее сопротивление аккумулятора $r=2\text{ Ом}$. При замыкании его одним резистором сила тока в цепи равна $I_1=4\text{ А}$, при замыкании другим – $I_2=2\text{ А}$. Во внешней цепи в обоих случаях выделяется одинаковая мощность. Определите ЭДС аккумулятора.

Дано:	Решение
$r=2\text{ Ом}$	По закону Ома для замкнутой цепи
$I_1=4\text{ А}$	$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$.
$I_2=2\text{ А}$	Сила тока в цепи в первом случае
$P_1 = P_2$	$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r},$ (1)
$\varepsilon=?$	

во втором –

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r}. \quad (2)$$

Выразим из уравнений (1) и (2) ЭДС аккумулятора:

$$\varepsilon = I_1(R_1+r);$$

$$\varepsilon = I_2(R_2+r). \quad (3)$$

Из равенств (3) следует, что

$$I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r). \quad (4)$$

Мощность, выделяемая на внешнем участке цепи в первом случае $p_1 = I_1^2 R_1$, втором – $p_2 = I_2^2 R_2$.

Из условия равенства мощностей следует, что

$$I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2. \quad (5)$$

Решая совместно уравнения (4) и (5), получаем

$$R_1 = \frac{I_2 r}{I_1}; \quad R_2 = \frac{I_1 r}{I_2}.$$

Таким образом: $R_1 = \frac{2 \cdot 2}{4} = 1$ Ом; $R_2 = \frac{4 \cdot 2}{2} = 4$ Ом.

Подставляя значение R_1 в уравнение (3), получаем

$$\varepsilon = I_1 r \left(\frac{I_2}{I_1} + 1 \right); \quad \varepsilon = 4 \cdot 2 \left(\frac{2}{4} + 1 \right) = 12 \text{ В.}$$

Ответ: $\varepsilon = 12$ В.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Средний уровень

1. Два точечных электрических заряда q и $2q$ на расстоянии r друг от друга притягиваются с силой F . С какой силой будут притягиваться заряды $2q$ и $2q$ на расстоянии $2r$?

- 1) $F/2$; 2) F ; 3) $2F$; 4) $4F$;

2. Сила взаимодействия двух отрицательно заряженных частиц, находящихся на расстоянии r друг от друга, равна F . Знак заряда одной из частиц изменили на противоположный. Чтобы сила взаимодействия не изменилась, расстояние между частицами надо...

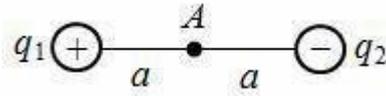
- 1) увеличить в 2 раза;
2) уменьшить в $\sqrt{2}$ раз;
3) оставить без изменения;
4) уменьшить в 2 раза.

3. Сила взаимодействия двух отрицательных точечных зарядов, находящихся на расстоянии r друг от друга, равна F . Расстояние между заря-

дами уменьшили в два раза. Чтобы сила взаимодействия между зарядами не изменилась, надо

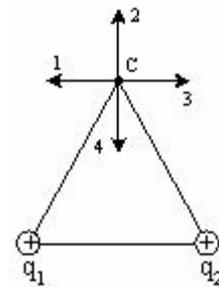
- 1) один из зарядов увеличить по модулю в 2 раза;
- 2) один из зарядов уменьшить по модулю в 2 раза;
- 3) каждый заряд уменьшить по модулю в 2 раза;
- 4) каждый заряд увеличить по модулю в 2 раза.
- 5)

4. Укажите направление напряженности результирующего поля в точке A (см. рисунок). Поле образовано двумя разноименными одинаковыми по величине зарядами.



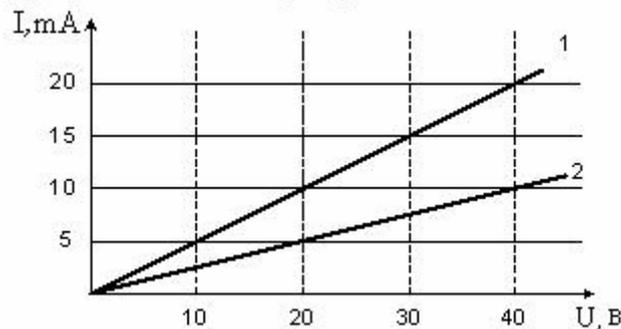
- 1) вправо; 2) влево; 3) вниз; 4) вверх; 5) равна нулю.

5. Электростатическое поле создано одинаковыми по величине точечными зарядами q_1 и q_2 . Если $q_1 = q_2 = +q$, а расстояние между зарядами и от зарядов до точки C равно r , то вектор напряженности поля в точке C ориентирован в направлении...



- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

6. Вольтамперная характеристика активных элементов 1-й и 2-й цепи представлена на рисунке. Отношение сопротивлений $\frac{R_1}{R_2}$ этих элементов равно ...



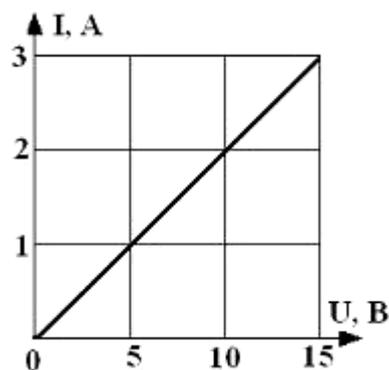
- 1) 4; 2) $\frac{1}{4}$;
- 3) $\frac{1}{2}$; 4) 2;

7. Птица сидит на проводе линии электропередачи, сопротивление которого $2,5 \cdot 10^{-5}$ Ом на каждый метр длины. Если по проводу течет ток силой 2 кА, а расстояние между лапами птицы составляет 5 см, то птица находится под напряжением ...

- 1) 2,5 мВ; 2) 40 мВ; 3) 2 мкВ; 4) 0,2 В.

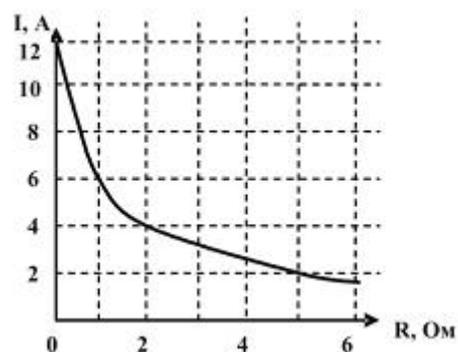
8. На рисунке представлена вольтамперная характеристика резистора, подключенного к источнику тока с ЭДС 16 В. Через резистор протекает ток 2,5 А. Внутреннее сопротивление источника тока равно...

- 1) 1; 2) 1,2; 3) 1,3; 4) 1,4.



9. На рисунке представлены результаты экспериментального исследования зависимости силы тока в цепи от значения сопротивления, подключенного к источнику постоянного тока. ЭДС источника и его внутреннее сопротивление соответственно равны...

- 1) 12 В, 1 Ом; 2) 9 В, 0,5 Ом;
3) 24 В, 3 Ом; 4) 18 В, 2 Ом.



10. Как изменится сила взаимодействия между двумя прямолинейными проводниками при увеличении силы тока в одном из них в 2 раза, а в другом в 5 раз?

Ответ: увеличится в 10 раз.

Достаточный уровень

1. Даны два шарика массой $m = 1$ г каждый. Какой заряд q нужно сообщить каждому шару, чтобы сила взаимного отталкивания зарядов уравновесила силу взаимного притяжения шариков по закону тяготения Ньютона? Рассматривать шарики как материальные точки.

Ответ: $q_1 = 3,447 \cdot 10^{-13}$ Кл.

2. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 1$ мкКл и $q_2 = -1$ мкКл равно 10 см. Определите силу F , действующую на точечный заряд $Q = 0,1$ мкКл, удаленный на $r_1 = 6$ см от первого и $r_2 = 8$ см от второго зарядов.

Ответ: $F = 287$ мН.

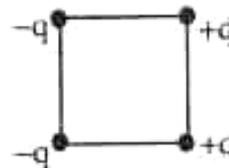
3. В элементарной теории атома водорода принимают, что электрон обращается вокруг ядра по круговой орбите. Определите скорость и частоту вращения электрона, если радиус орбиты $r = 0,53$ пм.

Ответ: $v = 219$ км/с; $\nu = 6,59 \cdot 10^{14}$ Гц.

4. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $q = 0,3$ нКл каждый. Какой отрицательный заряд Q нужно поместить в центр квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

Ответ: $Q = -0,287$ нКл.

5. Каждый из четырех одинаковых по модулю точечных зарядов, расположенных в вершинах квадрата, создаст в точке пересечения диагоналей электрическое поле, напряженность которого равна E . Напряженность результирующего поля в этой точке равна...



1) 0; 2) $4\sqrt{2}E$; 3) $4E$; 4) $2\sqrt{2}E$.

6. Определите заряд, прошедший по резистору с сопротивлением 1 Ом, при равномерном возрастании напряжения на концах резистора от 1 до 3 В в течение 10 с.

Ответ: $q = 20$ Кл.

7. Определите удельное сопротивление и материал провода, который намотан на катушку, имеющую 500 витков со средним диаметром витка 6 см, если при напряжении 300 В допустимая плотность тока 2 А/м².

Ответ: $\rho = 1,7 \cdot 10^7$ Ом·м.

8. Определите заряд, прошедший по резистору за 10 с, если сила тока в резисторе за это время равномерно возрастала от 0 до 5 А.

Ответ: $q = 15$ Кл.

9. К источнику тока один раз подключают резистор сопротивлением $R_1 = 1$ Ом, другой раз – $R_2 = 4$ Ом. В обоих случаях на резисторах за одно и то же время выделяется одинаковое количество теплоты. Определите внутреннее сопротивление источника тока.

Ответ: $r = 2$ Ом.

10. В резисторе сопротивлением 20 Ом сила тока за 5 с линейно возросла от 5 до 15 А. Какое количество теплоты выделилось за это время?

Ответ: $Q = 10,8 \cdot 10^3$ Дж.

Тема 7. КВАНТОВО-ПОЛЕВАЯ КАРТИНА МИРА (КПКМ)

Понятие о квантово-полевой картине мира. Непрерывно-дискретный мир квантовой механики. Теория теплового излучения. Фотоэффект. Модель атома. Поглощение и испускание энергии атомом. Лазер как источник когерентного излучения. Квантово-волновой дуализм вещества. Принцип дополнительности и неопределенности. Статистический характер квантового описания природы.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Назовите основные идеи КПКМ.
2. Какие величины называются квантованными? Приведите примеры квантованных величин.
3. Расскажите об открытии электрона.
4. Опишите опыт Милликена, доказавшего дискретность электрического заряда.
5. Почему изучение теплового излучения явилось первым шагом к открытию квантовой механики?
6. Что такое ультрафиолетовая катастрофа? В чём заключается гипотеза, выдвинутая Планком для вывода закона распределения энергии в спектре абсолютно чёрного тела?
7. Какое физическое явление называется фотоэффектом? Сформулируйте три закона фотоэффекта.
8. Запишите и объясните уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
9. Чем отличались взгляды Планка и Эйнштейна на проблему квантования?
10. Что такое фотон? Чему равны энергия и импульс фотона?
11. В чём суть концепции корпускулярно-волнового дуализма света?
12. В чём заключалось противоречие планетарной модели строения атома с законами классической физики?
13. Сформулируйте квантовые постулаты Бора.
14. В чём заключается принципиальная новизна представлений о свойствах атомов в теории Бора?
15. В чём состоит гипотеза де Бройля?
16. Какие экспериментальные факты свидетельствуют о существовании волновых свойств у микрочастиц вещества?
17. Сформулируйте соотношение неопределённостей для координаты и импульса; для времени и энергии.
18. В чём заключается принципиальное отличие квантово-механического описания состояния системы от классического описания? Какова физическая интерпретация волновой функции?

19. Запишите основное уравнение нерелятивистской квантовой механики. Какие сведения о квантово-механической системе можно получить на основании решения уравнения Шрёдингера?

20. Сформулируйте основные принципы КПКМ: принцип неопределённости, принцип дополнительности, принцип тождественности, принцип соответствия.

21. Как следует понимать принцип причинности в рамках КПКМ?

22. Сформулируйте основные положения КПКМ.

ТЕСТ

1. Укажите положение, которое соответствует квантовой механике:

1) в квантовой механике при рассмотрении природы микрочастиц используют понятие о корпускулярно-волновом дуализме;

2) все характеристики микрочастиц могут быть предсказаны одновременно строго и однозначно;

3) квантовая механика является динамической теорией;

4) квантовая механика описывает микромир как движение корпускул.

2. Укажите положение, которое соответствует квантовой механике:

1) квантовая механика является динамической теорией;

2) квантовая механика описывает микромир как совокупность движущихся материальных точек;

3) квантовая механика является статистической теорией;

4) все характеристики микрочастиц могут быть измерены одновременно строго и однозначно.

3. Укажите положения, которые соответствуют квантовой механике:

1) квантовая механика является статистической теорией;

2) все характеристики микрочастиц могут быть предсказаны одновременно строго и однозначно;

3) квантовая механика является динамической теорией;

4) при рассмотрении природы микрочастиц используют понятие о корпускулярно-волновом дуализме.

4. Укажите положения, которые соответствуют квантовой механике:

1) в квантово-механических закономерностях существенна дискретность величин с размерностью действия;

2) любые физические характеристики объектов в квантовой механике могут принимать непрерывный ряд чисел;

3) при описании микромира используется понятие о корпускулярно-волновом дуализме;

4) квантовая механика описывает микромир как совокупность движущихся материальных точек.

5. Укажите положения, которые соответствуют квантовой механике:

- 1) невозможно одновременно определить и координату, и импульс частицы с высокой точностью;
- 2) квантовая механика является динамической теорией;
- 3) все характеристики микрочастиц могут быть измерены одновременно строго и однозначно;
- 4) квантовая механика является статистической теорией.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. Найдите длину волны де Бройля для электрона, движущегося по первой боровской орбите в атоме водорода.

Дано: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с $n = 1$ <hr style="border: 0.5px solid black;"/> $\lambda - ?$	<table style="width: 100%; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Решение Согласно теории де Бройля, движущейся частице соответствует длина волны </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> $\lambda = \frac{h}{p}, \tag{1}$ </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> где p – импульс частицы, </td> <td style="padding: 5px;"> $p = m_e v. \tag{2}$ </td> </tr> </table>	Решение Согласно теории де Бройля, движущейся частице соответствует длина волны	$\lambda = \frac{h}{p}, \tag{1}$	где p – импульс частицы,	$p = m_e v. \tag{2}$
Решение Согласно теории де Бройля, движущейся частице соответствует длина волны	$\lambda = \frac{h}{p}, \tag{1}$				
где p – импульс частицы,	$p = m_e v. \tag{2}$				

Зависимость скорости электрона от порядкового номера орбиты выражается формулой

$$v = \frac{e^2}{2n\epsilon_0 h}. \tag{3}$$

Подставив (2) и (3) в выражение (1), получим

$$\lambda = \frac{h \cdot 2n\epsilon_0 h}{m_e e^2} = \frac{2n\epsilon_0 h^2}{m_e e^2}.$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,62^2 \cdot 10^{-68}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6^2 \cdot 10^{-38}} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Ответ: $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-10}$ м.

Пример 2. Какой кинетической энергией должен обладать протон, чтобы длина волны де Бройля протона равнялась его комптоновской длине волны?

Дано: $\lambda_B = \lambda_C$ $E_k - ?$	Решение Длина волны де Бройля λ_B и комптоновская λ_C длина волны определяются по формулам
---	--

$$\lambda_B = \frac{h}{p}, \quad \lambda_C = \frac{h}{mc}.$$

Импульс движущегося протона

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Так как $\lambda_B = \lambda_C$, то $p = mc$ и $mc = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$,

откуда
$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \text{ а } v = \frac{c}{\sqrt{2}}.$$

Кинетическая энергия протона

$$E_k = E - E_0,$$

где $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ – полная энергия; $E_0 = m_0 c^2$ – энергия покоя.

$$E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right).$$

$$E_k = E_0 (\sqrt{2} - 1) = 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 0,41 = 6,23 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}.$$

Ответ: $E_k = 6,23 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$

Пример 3. Кинетическая энергия электрона в атоме водорода порядка 10 эВ. Используя соотношение неопределенностей, оцените минимальные линейные размеры атома.

Дано: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $E = 10 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ $r - ?$	Решение Соотношение неопределенностей Гейзенберга: $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$, где Δx – неопределенность координаты; Δp_x – неопределенность импульса; \hbar – приведенная постоянная Планка.
--	---

Предполагая, что $\Delta x \approx r$ (линейный размер атома), получим $r = \frac{\hbar}{\Delta p}$.

Импульс электрона, обладающего кинетической энергией E , равен

$$p = \sqrt{2mE}.$$

Предполагая, что по порядку величины $\Delta p \approx p$, оценим r :

$$r = \frac{\hbar}{\sqrt{2mE}}.$$

$$r = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-18}}} = 0,62 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Ответ: $r = 0,62 \cdot 10^{-10}$ м.

Пример 4. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга, покажите, что ядра атомов не могут содержать электронов. Считать радиус ядра равным 10^{-13} см.

Дано: $R_{\text{я}} = 10^{-15}$ м $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с $\Delta v_x = ?$	Решение Соотношение неопределенностей Гейзенберга: $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar = h/(2\pi),$ где Δx – неопределенность координаты; Δp_x – неопределенность импульса; h – постоянная Планка.
--	---

Если неопределенность координаты принять равной радиусу ядра, т.е. $\Delta x = R_{\text{я}}$, то неопределенность импульса электрона

$$\Delta p_x = \hbar / (2\Delta x).$$

Так как $\Delta p_x = m\Delta v_x$, то $m\Delta v_x = \hbar / (2\pi\Delta x)$ и $\Delta v_x = \hbar / (2\pi\Delta x \cdot m)$.

Неопределенность скорости электрона

$$\Delta v_x = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-15} \cdot 6,28} = 1,158 \cdot 10^{11} \text{ м/с.}$$

Ответ: $\Delta v_x = 1,158 \cdot 10^{11}$ м/с.

Пример 5. Атом испустил фотон с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм. Продолжительность излучения $t = 10$ нс. Определите наименьшую погрешность, с которой может быть измерена длина волны излучения.

Дано: $\lambda = 0,55$ мкм = $0,55 \cdot 10^{-6}$ м $t = 10$ нс $\Delta \lambda = ?$	Решение Энергия фотона $E = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda},$ $dE = -hc \frac{d\lambda}{\lambda^2},$
---	---

или

$$\Delta E = -hc \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2},$$

откуда

$$\Delta \lambda = \frac{(\Delta E) \lambda^2}{hc}.$$

Соотношение неопределенностей Гейзенберга для энергии и времени

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}.$$

Отсюда

$$\Delta E = \frac{h}{t 2\pi}.$$

Подставляя ΔE в формулу для $\Delta \lambda$, получим

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{t 2\pi c}.$$

$$\Delta \lambda = \frac{(0,55 \cdot 10^{-6})^2}{10^{-8} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ м.}$$

Ответ: $\Delta \lambda = 1,6 \cdot 10^{-14}$ м.

Задачи для самостоятельного решения

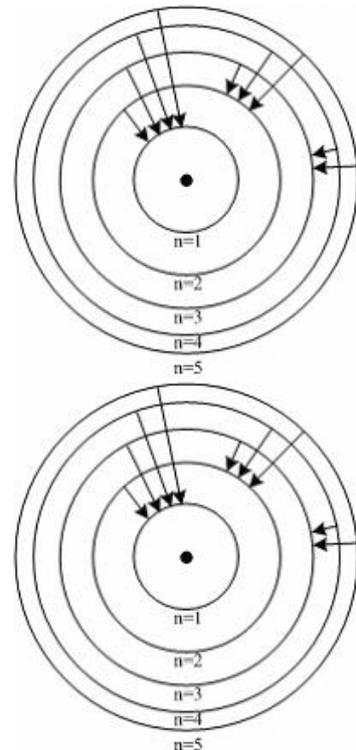
Средний уровень

1. На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Какой переход соответствует наибольшей частоте кванта в серии Лаймана?

- 1) $n = 2 \rightarrow n = 1$; 2) $n = 5 \rightarrow n = 3$;
3) $n = 3 \rightarrow n = 2$; 4) $n = 5 \rightarrow n = 1$.

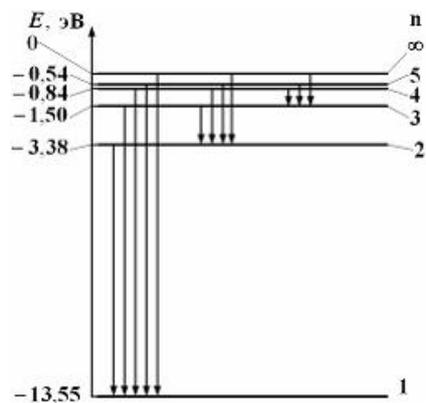
2. На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Какой переход соответствует наибольшей частоте кванта в серии Пашена?

- 1) $n = 4 \rightarrow n = 3$; 2) $n = 5 \rightarrow n = 3$;
3) $n = 5 \rightarrow n = 2$; 4) $n = 5 \rightarrow n = 1$.



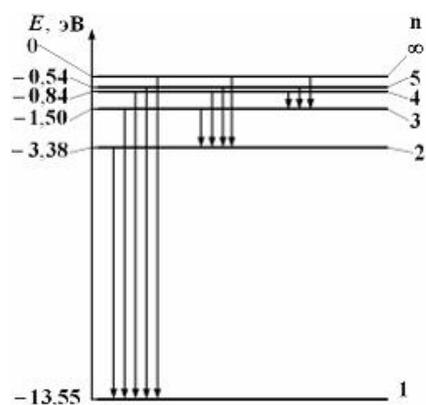
3. На рисунке дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равно отношение максимальной частоты линии серии Пашена к минимальной частоте линии серии Бальмера?

Ответ: $4/5$



4. На рисунке дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равна наибольшая длина волны спектральной линии серии Лаймана?

Ответ: $\lambda_{\max} = 122$ нм.



5. Определите длину волны света, испускаемого атомом водорода при его переходе из стационарного состояния с энергией $E_3 = -1,5$ эВ в состояние с энергией $E_2 = -3,37$ эВ.

Ответ: $\lambda = 665$ нм.

6. Сколько линий спектра атома водорода попадает в видимую область ($\lambda = 0,40-0,76$ мкм)? Вычислите длины волн этих линий. Каким цветам они соответствуют?

7. При переходе электрона в водородоподобном атоме с одной из возможных орбит на другую, более близкую к ядру, энергия атома уменьшается на $1,892$ эВ. Определите длину волны излучения.

Ответ: $\lambda = 657$ нм.

8. Укажите частицу, обладающую наименьшей длиной волны де Бройля, если скорости частиц одинаковы.

- 1) альфа-частица;
- 2) электрон;
- 3) нейтрон;
- 4) протон.

9. Чему равно отношение длин волн де Бройля протона и нейтрона, если они движутся с одинаковыми скоростями?

Ответ: 1.

10. Найдите отношение скоростей протона и альфа-частицы, длины волн де Бройля которых одинаковы.

Ответ: 4.

11. Отношение скоростей двух микрочастиц $\frac{v_1}{v_2} = 4$. Чему равно отношение

масс этих частиц $\frac{m_1}{m_2}$, если их длины волн де Бройля удовлетворяют соотношению \vec{L}_e ?

Ответ: 1/2.

12. Электрон локализован в пространстве в пределах $\Delta x = 1,0$ мкм. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, а масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, найдите наименьшее значение неопределенности скорости Δv_x .

Ответ: $\Delta v_x = 117$ м/с.

13. Высокая монохроматичность лазерного излучения обусловлена относительно большим временем жизни электронов в метастабильном состоянии $\approx 10^{-3}$ с. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 6,6 \cdot 10^{-16}$ эВ·с, найдите ширину метастабильного уровня.

Ответ: $\Delta E = 6,6 \cdot 10^{-13}$ эВ.

Достаточный уровень

1. Пользуясь представлениями модели Резерфорда-Бора, выведите формулу для радиусов допустимых электронных орбит в атоме водорода. Вычислите эти радиусы для трех первых электронных орбит.

Ответ: $r_1 = 53$ пм; $r_2 = 212$ пм; $r_3 = 477$ пм.

2. Пользуясь представлениями модели Резерфорда-Бора, выведите формулу для скорости движения электрона по орбите в атоме водорода. Вычислите эту скорость для трех первых электронных орбит.

Ответ: $v_1 = 2,9 \cdot 10^6$ м/с; $v_2 = 1,1 \cdot 10^6$ м/с; $v_3 = 7,3 \cdot 10^5$ м/с

3. Определите, во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его квантом с энергией 12,09 эВ.

Ответ: в 9 раз.

4. При переходе электрона в атоме водорода с одной орбиты на другую излучаются фотоны, соответствующие длине волны $\lambda = 0,652$ мкм (красная линия водородного спектра). Какую энергию W теряет при этом атом водорода?

Ответ: $W = 2,0$ эВ.

5. Протон и дейтрон прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов. Чему равно отношение их длин волн де Бройля?

Ответ: $\frac{\lambda_p}{\lambda_d} = \sqrt{2}$.

6. Чему равно отношение длин волн де Бройля для дейтрона и альфа-частицы, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов?

Ответ: $\frac{\lambda_d}{\lambda_\alpha} = 2$.

7. В опыте Дэвиссона и Джермера исследовалась дифракция прошедших ускоряющее напряжение электронов на монокристалле никеля. Как изменится длина волны де Бройля электрона, если ускоряющее напряжение уменьшить в 2 раза?

Ответ: Увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

8. Определите длину волны де Бройля для: а) электрона, движущегося со скоростью 10^6 м/с; б) атома водорода движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре 300 К; в) шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с.

Ответ: а) $\lambda_B = 730$ пм; б) $\lambda_B = 145$ пм; в) $\lambda_B = 6,6 \cdot 10^{-29}$ м.

9. Найдите длину волны де Бройля для электрона, имеющего кинетическую энергию 10 кэВ.

Ответ: $\lambda_B = 12,3 \cdot 10^{-9}$ м.

10. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U = 200$ В, имеет длину волны де Бройля $\lambda_B = 2,02$ пм. Найдите массу частицы, если ее заряд численно равен заряду электрона.

Ответ: $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

11. Определите дебройлевскую длину волны движущегося электрона, если известно, что масса его на 1% больше массы покоя.

Ответ: $\lambda = 0,173 \cdot 10^{-10}$ м.

12. Оцените наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массы 1 мг, если координаты центра частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.

Ответ: $1 \cdot 10^4$, $1 \cdot 10$ и $1 \cdot 10^{-20}$ см/с.

13. Положение пылинки массой $m = 10^{-9}$ кг можно установить с неопределенностью $\Delta x = 0,1$ мкм. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, найдите наименьшее значение неопределенности скорости Δv_x .

Ответ: $\Delta v_x = 1,05 \cdot 10^{-18}$ м/с.

14. Положение бусинки массой 1 г и электрона ($m \approx 10^{-30}$ кг) определены с одинаковой погрешностью 10^{-7} м. Квантовомеханическая неопределенность x – компоненты скорости бусинки составляет примерно 10^{-24} м/с. Какова неопределенность x – компоненты скорости электрона?

Ответ: $\Delta v_x = 1000$ м/с.

15. Высокая монохроматичность лазерного излучения обусловлена относительно большим временем жизни электронов в метастабильном состоянии $\approx 10^{-3}$ с. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, найдите ширину метастабильного уровня.

Ответ: $\Delta E = 6,6 \cdot 10^{-13}$ эВ.

Тема 8. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Тепловая форма движения материи. Теплота и температура. Понятие внутренней энергии. Первое начало термодинамики. Преобразование тепловой энергии в механическую работу. Энтропия и вероятность. Принцип Больцмана. Второе начало термодинамики. Порядок и беспорядок. О тепловой смерти Вселенной. Третье начало термодинамики. Термодинамические условия существования и эволюции жизни на Земле.

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Что изучает термодинамика?
2. Что называется термодинамической системой?
3. Что называют термодинамическими параметрами состояния системы? Приведите примеры термических и калорических параметров.
4. Дайте понятия равновесного и неравновесного состояний системы.
5. Сформулируйте нулевое начало термодинамики.
6. Дайте понятие термодинамического процесса. Какой процесс называется равновесным? Какой процесс называется неравновесным?
7. Что называют внутренней энергией термодинамической системы? Опишите способы изменения внутренней энергии.
8. Приведите формулировку и запишите математическое выражение первого начала термодинамики.
9. Почему невозможен вечный двигатель первого рода?
10. Опишите модель идеального газа.
11. Какой процесс в газе называется изотермическим? Сформулируйте закон Бойля-Мариотта. Запишите математическое выражение первого закона термодинамики к изотермическому процессу.
12. Какой процесс в газе называется изобарным? Сформулируйте закон Гей-Люссака. Запишите математическое выражение первого закона термодинамики к изобарному процессу.
13. Какой процесс в газе называется изохорным? Сформулируйте закон Шарля. Запишите математическое выражение первого закона термодинамики к изохорному процессу.
14. Дайте определение теплоизолированной системы.
15. Опишите адиабатный процесс в газе. Как изменяется температура идеального газа при адиабатном процессе?
16. Объясните понятие кругового процесса в термодинамике.
17. Опишите идеальный цикл Карно.
18. Каким отрицательным последствием для окружающей среды приводит широкое использование тепловых двигателей в энергетике и транспорте?

19. Каковы пути уменьшения отрицательного влияния тепловых машин на окружающую среду?
20. Объясните понятие энтропии как функции состояния системы.
21. Запишите неравенство Клаузиуса.
22. В чём смысл второго начала термодинамики.
23. Запишите и объясните формулу Больцмана.
24. Сформулируйте третье начало термодинамики.

ТЕСТЫ

1. Энтропия ...

- 1) определяет тепловой эффект процесса;
- 2) является мерой направленности самопроизвольного процесса в изолированных системах;
- 3) определяет изменение внутренней энергии системы;
- 4) является мерой беспорядка в системе.

2. Энтропия:

- 1) в замкнутой системе может только убывать;
- 2) в незамкнутой системе может только возрастать;
- 3) в замкнутой системе может как возрастать так и убывать.

3. Энтропия не может служить:

- 1) индикатором направления времени;
- 2) мерой некачественной энергии в системе;
- 3) мерой количества теплоты в системе;
- 4) мерой беспорядка и бесструктурности.

4. Энтропия физическая величина, поскольку...

- 1) её можно наблюдать и фотографировать;
- 2) её можно точно и объективно измерять и вычислять;
- 3) она имеет смысл только для физических систем;
- 4) она дает наиболее общую характеристику любой системы.

5. Высокое или низкое качество любой формы энергии определяется...

- 1) степенью замкнутости системы, обладающей данной энергией;
- 2) легкостью превращения других форм энергии в данную форму;
- 3) температурой системы, которая обладает этой энергией;
- 4) легкостью её превращения в другие формы энергии.

6. Укажите правильное утверждение относительно обмена энергией и энтропией между Землей и ее космическим окружением.

1) Энтропия теплового излучения Земли в космическое пространство гораздо больше, чем энтропия падающего за то же время на Землю солнечного света.

2) Энергия теплового излучения Земли в космическое пространство гораздо меньше, чем сумма энергии падающего на Землю за то же время солнечного света и производства энергии на Земле.

3) Энтропия теплового излучения Земли в космическое пространство гораздо меньше, чем сумма энтропии падающего на Землю за то же время солнечного света и производства энтропии на Земле.

4) Энергия теплового излучения Земли в космическое пространство гораздо больше, чем энергия падающего на Землю за то же время солнечного света.

7. Согласно второму закону термодинамики с течением времени:

1) в замкнутой системе любое тело остывает;

2) в незамкнутой системе любое тело нагревается;

3) в замкнутой системе упорядоченные структуры разрушаются;

4) в незамкнутой системе упорядоченные структуры возникают.

8. Одна из формулировок второго закона термодинамики гласит, что с течением времени...

1) качество энергии замкнутой системы повышается;

2) тепловая энергия самопроизвольно переходит от горячих тел к холодным;

3) энергия замкнутой системы не изменяется;

4) в незамкнутой системе обязательно возникают упорядоченные структуры.

9. Укажите правильное утверждение относительно соотношения второго закона термодинамики (закона возрастания энтропии) и эволюционных представлений.

1) Закон возрастания энтропии и беспорядка надёжно подтверждён опытом, значит, противоречащая ему эволюционная теория неверна.

2) Закон роста энтропии сформулирован для замкнутых систем, и не приложим напрямую к открытым системам, например биологическим. Поэтому он не противоречит возможности развития, эволюции.

3) Факт биологической эволюции противоречит второму закону термодинамики, а это значит, что живые организмы не подчиняются обычным физическим законам.

4) Поскольку закон возрастания энтропии противоречит эволюционной теории – основе биологии, которая лидирует в современном естествознании, то этот закон сейчас полностью отвергнут.

10. Энтропия незамкнутой системы.

- 1) может только возрастать;
- 2) должна убывать;
- 3) должна оставаться постоянной;
- 4) может как возрастать, так и убывать.

11. В процессе растворения энтропия системы растворитель + растворимое вещество при постоянной температуре...

- 1) не изменяется;
- 2) уменьшается;
- 3) сначала уменьшается, а затем увеличивается;
- 4) возрастает.

12. Среди всех форм энергии наиболее низким качеством обладает...

- 1) тепловая энергия при высокой температуре;
- 2) механическая энергия;
- 3) тепловая энергия при низкой температуре;
- 4) химическая энергия.

13. В процессе плавления вещества энтропия ...

- 1) возрастает;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется;
- 4) сначала остается постоянной, а затем уменьшается.

14. В процессе конденсации паров вещества энтропия ...

- 1) уменьшается;
- 2) сначала уменьшается, а затем увеличивается;
- 3) увеличивается;
- 4) не изменяется.

15. В процессе растворения вещества энтропия ...

- 1) не изменяется;
- 2) сначала уменьшается, а затем увеличивается;
- 3) возрастает;
- 4) уменьшается.

16. При нагревании физического тела энтропия ...

- 1) сначала остается постоянной, а затем уменьшается;
- 2) возрастает;
- 3) уменьшается;
- 4) не изменяется.

17. При образовании смесей энтропия ...

- 1) увеличивается;
- 2) не изменяется;
- 3) уменьшается;
- 4) сначала увеличивается, а затем уменьшается.

18. В процессе сублимации йода (переход из твердого состояния в газообразное) энтропия ...

- 1) сначала увеличивается, а затем уменьшается;
- 2) возрастает;
- 3) уменьшается;
- 4) не изменяется.

19. Не прибегая к вычислениям, укажите в каких процессах энтропия возрастает:

- 1) $2\text{NaNO}_{3(\text{к})} \rightarrow 2\text{NaNO}_{2(\text{к})} + \text{O}_{2(\text{г})}$;
- 2) $2\text{C}_{(\text{к})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})}$;
- 3) $\text{I}_{2(\text{к})} \rightarrow \text{I}_{2(\text{г})}$;
- 4) $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$.

20. Не прибегая к вычислениям, укажите, в каких процессах энтропия уменьшается:

- 1) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{лед})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$;
- 2) $\text{H}_2\text{O}_{(\text{пар})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$;
- 3) $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$;
- 4) $\text{CaCO}_{3(\text{к})} \rightarrow \text{CaO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1. Кислород занимает объем $V_1 = 1 \text{ м}^3$ и находится под давлением $p_1 = 200 \text{ кПа}$. Газ нагрели сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3 \text{ м}^3$, а затем при постоянном объеме до давления $p_2 = 500 \text{ кПа}$. Постройте график процесса и найдите: 1) изменение ΔU внутренней

энергии газа; 2) совершенную им работу A ; 3) количество теплоты Q , переданное газу.

Дано:

$$V_1 = 1 \text{ м}^3$$

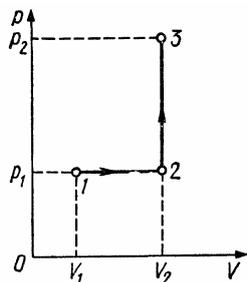
$$p_1 = 200 \text{ кПа}$$

$$V_2 = 3 \text{ м}^3$$

$$p_2 = 500 \text{ кПа}$$

$$1) \Delta U = ?; 2) A = ?;$$

$$3) Q = ?$$



Решение:

Построим график процесса (см. рисунок). На графике точками 1, 2, 3 обозначены состояния газа, характеризуемые параметрами

$$(p_1, V_1, T_1), (p_1, V_2, T_2), (p_2, V_2, T_3).$$

1. Изменение внутренней энергии газа при переходе его из состояния 1 в состояние 3 выражается формулой

$$\Delta U = c_v m \Delta T,$$

где c_v – удельная теплоемкость газа при постоянном объеме; m – масса газа; ΔT – разность температур, соответствующих конечному 3 и начальному 1 состояниям, т.е. $\Delta T = T_3 - T_1$.

Так как $c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M}$; где M – молярная масса газа, то

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R (T_3 - T_1). \quad (1)$$

Температуры T_1 и T_3 выразим из уравнения Клапейрона-Менделеева

$$(pV = \frac{m}{M} RT):$$

$$T_1 = \frac{Mp_1V_1}{mR}; \quad T_3 = \frac{Mp_2V_2}{mR}.$$

С учетом этого равенство (1) перепишем в виде

$$\Delta U = (i/2)(p_2V_2 - p_1V_1).$$

Подставив в эту формулу значения величин (учтем, что для кислорода, как двухатомного газа, $i = 5$) и выполнив вычисления, получим

$$\Delta U = 3,25 \text{ МДж}.$$

2. Полная работа, совершаемая газом, равна $A = A_1 + A_2$, где A_1 – работа на участке 1 – 2; A_2 – работа на участке 2 – 3.

На участке 1 – 2 давление постоянно ($p = \text{const}$). Работа в этом случае выражается по формуле $A_1 = p_1 \Delta V = p_1 (V_2 - V_1)$. На участке 2 – 3 объем газа не изменяется и, следовательно, работа газа на этом участке равна нулю ($A_2 = 0$). Таким образом, $A = A_1 = p_1 (V_2 - V_1)$.

Подставив в эту формулу значения физических величин, получим $A = 0,4$ МДж.

3. Согласно первому началу термодинамики, количество теплоты Q , переданное газу, равно сумме работы A , совершенной газом, и изменению ΔU внутренней энергии:

$$Q = \Delta U + A, \text{ или } Q = 3,65 \text{ МДж.}$$

Ответ: 1) $\Delta U = 2080$ Дж; 2) $A = 830$ Дж; 3) $Q = 2910$ Дж.

Пример 2. Кислород нагревают от $t_1 = 50^\circ\text{C}$ до $t_2 = 60^\circ\text{C}$. Масса кислорода $m = 160$ г. Найти количество поглощённой теплоты и изменение внутренней энергии при изохорном и изобарном процессах. Начальное давление близко к атмосферному.

Дано:
$t_1 = 50^\circ\text{C}$
$t_2 = 60^\circ\text{C}$
$m = 160$ г
$\Delta U_V = ? \quad \Delta U_P = ?$
$Q_V = ? \quad Q_P = ?$

Решение:

При давлении, близком к атмосферному, газ можно считать идеальным. Графики изохорного I и изобарного II процессов (см. рис.) лежат между одними и теми же изотермами, следовательно, изменение внутренней энергии газа должно быть одинаковым:

$$\Delta U_V = \Delta U_P = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R(T_2 - T_1), \quad (1)$$

где $i = 5$ – число степеней свободы (молекула кислорода двухатомна).

Поскольку оба процесса характеризуются постоянными теплоемкостями, искомое количество теплоты может быть найдено по формуле

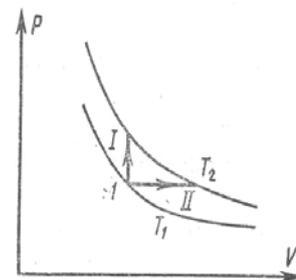
$$Q = \frac{m}{M} C(T_2 - T_1), \quad (2)$$

где C – молярная теплоемкость, зависящая от характера процесса.

При изохорном процессе газ не совершает работы, поэтому количество поглощенной теплоты будет меньше: $Q_V < Q_P$.

Исходя из молекулярно-кинетической теории, это можно объяснить тем, что при изобарном нагревании газ расширяется и молекулы его, ударяясь о движущийся поршень, отскакивают от него с меньшей, чем до удара, скоростью, отдавая часть своей кинетической энергии поршню. На восстановление энергии молекул и требуется дополнительное количество теплоты.

Согласно выражению (1), $\Delta U_V = \Delta U_P = 1040$ Дж.



При изохорном процессе

$$Q_V = \Delta U_V = 1040 \text{ Дж.}$$

При изобарном процессе, учитывая, что молярная теплоёмкость $C_p = (i + 2)R / 2$, из равенства (2) получаем

$$Q_p = \frac{m}{M} \frac{i + 2}{2} R(T_2 - T_1) = 1450 \text{ Дж.}$$

Очевидно, что разность $Q_p - \Delta U_p$ равна работе, совершённой газом при изобарном нагревании.

Ответ: $\Delta U_V = \Delta U_p = 1040 \text{ Дж}; Q_V = 1040 \text{ Дж}; Q_p = 1450 \text{ Дж.}$

Пример 3. Температура пара, поступающего в паровую машину, $t_1 = 127^\circ \text{C}$; температура в конденсаторе $t_2 = 27^\circ \text{C}$. Определите теоретически максимальную работу при затрате количества теплоты $Q_1 = 4,2 \text{ кДж}$.

Дано:

$$t_1 = 127^\circ \text{C}$$

$$t_2 = 27^\circ \text{C}$$

$$Q_1 = 4,2 \text{ кДж}$$

$$A = ?$$

Решение:

Для того чтобы работа, совершаемая тепловой машиной (тепловым двигателем), была максимальной, необходимо, чтобы цикл, по которому работает двигатель, был обратимым. При наличии только двух термостатов – нагревателя с температурой T_1 и холодильника с температурой T_2 – возможен лишь один обратимый цикл – цикл Карно, состоящий из двух изотерм и двух адиабат (см. рис.).

Коэффициент полезного действия этого цикла

$$\eta_k = (T_1 - T_2) / T_1. \quad (1)$$

КПД любого теплового двигателя

$$\eta = A / Q_1, \quad (2)$$

где A – полезная работа, совершаемая двигателем, Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя.

Очевидно, что сопоставление равенств (1) и (2) позволит найти искомую работу.

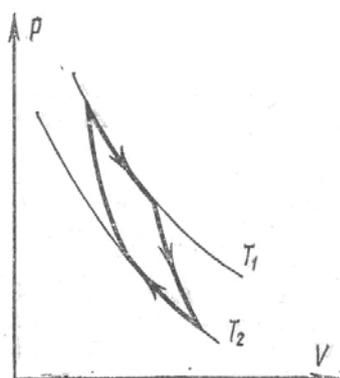
Приравнивая правые части равенств (1) и (2), получим

$$A / Q_1 = (T_1 - T_2) / T_1,$$

откуда

$$A = Q_1(T_1 - T_2) / T_1 = 1,05 \text{ кДж.}$$

Ответ: $A = 1,05 \text{ кДж.}$



Пример 4. Определите изменение энтропии ΔS при изотермическом расширении азота массой $m = 10$ г, если давление газа уменьшилось от $p_1 = 0,1$ МПа до $p_2 = 50$ кПа.

Дано:
 $m = 10$ г
 $p_1 = 0,1$ МПа
 $p_2 = 50$ кПа
 $M = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
 $\Delta S - ?$

Решение:
 Изменение энтропии газа в изотермическом процессе

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T}.$$

Согласно первому началу термодинамики, количество теплоты, полученное газом, равно

$$Q = \Delta U + A.$$

Для изотермического процесса $\Delta U = 0$, поэтому $Q = A$.

Работа газа в изотермическом процессе

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2},$$

поэтому изменение энтропии газа

$$\Delta S = \frac{m}{M} R \ln \frac{p_1}{p_2} = \frac{10^{-2}}{28 \cdot 10^{-3}} 8,31 \ln \frac{10^5}{5 \cdot 10^4} = 2,06 \text{ Дж/К}.$$

Ответ: $\Delta S = 2,06 \text{ Дж/К}$.

Пример 5. Во сколько раз необходимо увеличить объем $v = 5$ моль идеального газа при изотермическом расширении, чтобы его энтропия увеличилась на $\Delta S = 57,6$ Дж/К?

Дано:
 $v = 5$ моль
 $\Delta S = 57,6$ Дж/К
 $n - ?$

Решение:
 Изменение энтропии идеального газа

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T}, \quad (1)$$

где dQ – бесконечно малое количество теплоты, подводимое к газу, T – температура.

В изотермическом процессе температура T постоянна, внутренняя энергия газа не изменяется, поэтому подводимая к газу теплота полностью расходуется на совершение газом работы:

$$dQ = dA = p dV.$$

С учетом этого формула (1) принимает вид

$$\Delta S = \frac{1}{T} \int_{V_1}^{V_2} p dV,$$

где V_1 – начальный объем; V_2 – конечный объем после расширения.

Из уравнения Клайперона-Менделеева найдем давление p :

$$pV = \nu RT, \quad p = \frac{\nu RT}{V}$$

Тогда

$$\Delta S = \frac{\nu RT}{T} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \nu R \ln V \Big|_{V_1}^{V_2} = \nu R (\ln V_2 - \ln V_1) = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1} = \nu R \ln n, \quad (2)$$

где $n = \frac{V_2}{V_1}$ – величина, показывающая, во сколько раз увеличивается объем газа. Из (2) находим n :

$$\ln n = \frac{\Delta S}{\nu R}, \quad n = e^{\Delta S/\nu R}$$

$$n = e^{\frac{57,6}{58,31}} = e^{1,386} = 4,00.$$

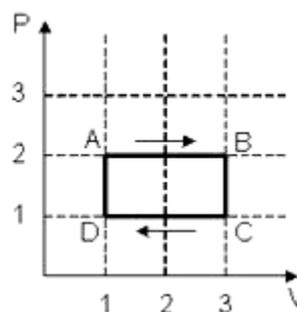
Ответ: объем газа необходимо увеличить в 4,00 раза.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Средний уровень

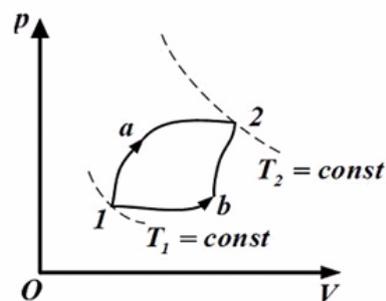
1. На (p, V) диаграмме изображен циклический процесс. Если ΔU – изменение внутренней энергии идеального газа, A – работа газа, Q – количество теплоты, сообщаемое газу, то для процесса AB справедливы соотношения...

- 1) $Q > 0$; $A > 0$; $\Delta U = 0$;
- 2) $Q > 0$; $A = 0$; $\Delta U > 0$;
- 3) $Q > 0$; $A > 0$; $\Delta U > 0$;
- 4) $Q = 0$; $A < 0$; $\Delta U > 0$.



2. Идеальный газ переводится из 1 состояния во 2 двумя способами (1a2 и 1b2), как показано на рисунке. Теплота, полученная газом, изменение внутренней энергии и работа газа при переходе его из одного состояния в другое связаны соотношениями....

- 1) $Q_{1a2} > Q_{1b2}$; 2) $\Delta U_{1a2} > \Delta U_{1b2}$; 3) $A_{1a2} > A_{1b2}$.
- 2) $Q_{1a2} = Q_{1b2}$; 2) $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$; 3) $A_{1a2} = A_{1b2}$.
- 3) $Q_{1a2} > Q_{1b2}$; 2) $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$; 3) $A_{1a2} > A_{1b2}$.
- 4) $Q_{1a2} = Q_{1b2}$; 2) $\Delta U_{1a2} = \Delta U_{1b2}$; 3) $A_{1a2} > A_{1b2}$.



3. Первое начало термодинамики для изотермического процесса, осуществляемого с идеальным газом, имеет вид:

- 1) $\delta Q = dU + \delta A$; 3) $\delta Q = \delta A$;
2) $\delta Q = dU$; 4) $dU = -\delta A$.

4. Изменение внутренней энергии газа при изохорном процессе возможно...

- 1) в результате совершения внешними силами работы над газом;
2) без теплообмена с внешней средой;
3) при теплообмене с внешней средой;
4) в результате совершения газом работы.

5. Газ находится в состоянии с параметрами p_1, V_1 . Необходимо расширить газ, затратив при этом минимум энергии. Для этого подходит процесс ...

- 1) изотермический;
2) изобарный;
3) ни один процесс не подходит;
4) изохорный;
5) адиабатный.

6. Тепловой двигатель за цикл получает от нагревателя 200 Дж и отдает холодильнику 150 Дж. Чему равен КПД двигателя?

- 1) 25 %; 2) 33 %; 3) 67 %; 4) 75 %.

7. В идеальной тепловой машине, работающей по циклу Карно, абсолютная температура нагревателя в 2 раза превышает температуру холодильника. Если температура холодильника уменьшится вдвое при неизменной температуре нагревателя, то КПД машины станет равным...

- 1) 100 %; 2) 50 %; 3) 75 %; 4) 90 %.

8. КПД цикла Карно равен 60 %. Если на 20 % уменьшить температуру нагревателя и на 20 % увеличить температуру охладителя, КПД цикла достигнет значения...

- 1) 40 %; 2) 50 %; 3) 70 %; 4) 90 %.

9. В идеальной тепловой машине из каждого 1 Дж теплоты, получаемого от нагревателя, 0,75 Дж отдается холодильнику. Если температура холодильника 27°C , то температура нагревателя (в $^\circ\text{C}$) равна ...

- 1) 100; 2) 127; 3) 175 %; 4) 200.

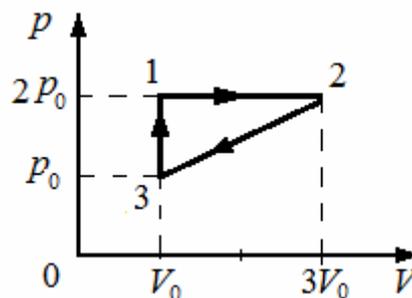
10. Тепловая машина работает по циклу Карно. Если температуру холодильника уменьшить, то КПД цикла...

- 1) увеличится;
- 2) не изменится;
- 3) уменьшится.

11. Тепловая машина работает по циклу Карно. Если температуру холодильника увеличить, то КПД цикла...

- 1) увеличится;
- 2) не изменится;
- 3) уменьшится.

12. С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл от нагревателя газ получает количество теплоты $Q_1 = 8$ кДж. Чему равна работа газа за цикл? Чему равен КПД цикла?



- 1) $A = p_0V_0 = 2$ кДж; $\eta = 25\%$.
- 2) $A = 2p_0V_0 = 4$ кДж; $\eta = 50\%$.
- 3) $A = 2p_0V_0 = 4$ кДж; $\eta = 25\%$.
- 4) $A = p_0V_0 = 2$ кДж; $\eta = 50\%$.

13. При изотермическом расширении одного киломоля идеального газа его энтропия изменяется на $5,75$ кДж/К. Определите отношение начального и конечного давлений газа (p_1/p_2).

Примечание:

$$e^{0,69} = 2; \quad e^{-0,69} = \frac{1}{2}; \quad e^{1,098} = 3; \quad e^{-1,098} = \frac{1}{3}; \quad e^{-0,405} = \frac{2}{3}.$$

- 1) 3; 2) 1/2; 3) 1/3; 4) 2/3; 5) 2.

14. Один киломоль гелия (He), изобарно расширяясь, увеличил свой объем в 4 раза. Определить изменение $\Delta S(\text{He})$ энтропии гелия при расширении.

- 1) 29 кДж/К; 2) -29 кДж/К;
- 3) 0 Дж/К; 4) 17,4 кДж/К.

Достаточный уровень

1. Атомарный кислород O, молекулярный кислород O₂ и озон O₃ отдельно друг от друга расширяются изобарно, при этом расходуется Q ко-

личества теплоты. Определите, какая доля тепла расходуется: 1) на работу расширения; 2) на изменение внутренней энергии O , O_2 и O_3 .

Ответ: O : $i = 3$; $A = 0,4Q$; $\Delta U = 0,6Q$;

O_2 : $i = 5$; $A = 0,29Q$; $\Delta U = 0,71Q$;

O_3 : $i = 6$; $A = 0,25Q$; $\Delta U = 0,75Q$.

2. При изобарическом сжатии азота была совершена работа, равная 12 кДж. Определить затраченное количество теплоты и изменение внутренней энергии газа.

Ответ: $Q = -42$ кДж; $\Delta U = -30$ кДж.

3. Определите работу расширения 7 кг водорода при постоянном давлении, а также количество теплоты, переданное этому водороду, при условии, что в процессе нагревания температура повысилась на 200 С.

Ответ: $A = 5,82 \cdot 10^3$ Дж; $Q = 20,4 \cdot 10^3$ кДж.

4. Кислород массой 32 г находится в закрытом сосуде под давлением 0,1 МПа при температуре 290 К. После нагревания давление в сосуде повысилось в 4 раза. Определите: 1) объем сосуда; 2) температуру, до которой нагрели газ; 3) количество теплоты, сообщенное газу.

Ответ: 1) $V = 2,41 \cdot 10^{-2}$ м³; 2) $T_2 = 1160$ К; 3) $Q = 18,1$ кДж.

5. Определите количество теплоты, сообщенное газу, если в процессе изохорного нагревания кислорода объемом $V = 20$ л его давление изменилось на $\Delta p = 100$ кПа.

Ответ: $Q = 5$ кДж.

6. Определите работу идеальной тепловой машины за один цикл, если она в течение цикла получает от нагревателя количество теплоты 2095 Дж. Температура нагревателя 500 К, температура холодильника 300 К.

Ответ: $A = 838$ Дж.

7. Тепловая машина работает по циклу Карно. Температура нагревателя 127°С, холодильника 15°С. На сколько надо изменить температуру нагревателя (при неизменной температуре холодильника), чтобы увеличить КПД машины в 2 раза?

Ответ: $\Delta T_1 = 255$ К.

8. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Определите количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

Ответ: $Q = 1 \cdot 10^3$ Дж

9. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу $7,35 \cdot 10^4$ Дж. Температура нагревателя 100°C , температура холодильника 0°C . Найдите: 1) КПД машины; 2) количество теплоты, получаемого машиной за один цикл от нагревателя; 3) количество теплоты, отдаваемого за один цикл холодильнику.

Ответ: 1) $\eta = 26,8\%$; 2) $Q_1 = 27,4 \cdot 10^4$ Дж; 3) $Q_2 = 20 \cdot 10^4$ Дж.

10. Идеальная холодильная машина, работающая по обратному циклу Карно, совершает за один цикл работу, равную $3,7 \cdot 10^4$ Дж. При этом она берет тепло от тела с температурой -10°C и передает тепло телу с температурой $+17^\circ\text{C}$. Найти: 1) КПД цикла; 2) количество теплоты, отнятого у холодного тела за один цикл; 3) количество теплоты, переданного горячему телу за один цикл.

Ответ: 1) $\eta = 0,093$; 2) $Q_2 = 360$ кДж; 3) $Q_1 = 397$ кДж.

11. Определите приращение энтропии при нагревании воды массой 2 кг от 0°C до 100°C . Удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К).

12. Определите приращение энтропии при превращении 200 г льда, находившегося при температуре -10°C , в воду при температуре 0°C . Удельная теплоёмкость льда 2100 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг.

13. Автомобиль массой $m = 10^3$ кг движется со скоростью $v = 15$ м/с, затем тормозит и останавливается. Определите полное изменение энтропии Вселенной. Считайте температуру равной 300 К.

14. Чтобы расплавить некоторую массу меди, требуется большее количество теплоты, чем для плавления такой же массы цинка, так как удельная теплота плавления меди в 1,5 раза больше, чем цинка ($\lambda_{Cu} = 1,8 \cdot 10^5$ Дж/кг, $\lambda_{Zn} = 1,2 \cdot 10^5$ Дж/кг). Температура плавления меди примерно в 2 раза выше температуры плавления цинка ($T_{Cu} = 1356$ К, $T_{Zn} = 693$ К). Разрушение кристаллической решетки металла при плавлении приводит к возрастанию

энтропии. Если энтропия цинка увеличилась на ΔS , то изменение энтропии меди составит ...

- 1) $\frac{1}{4}\Delta S$; 2) $\frac{1}{2}\Delta S$; 3) $\frac{3}{4}\Delta S$; 4) ΔS .

15. В двух одинаковых закрытых сосудах находится по 1 киломоль гелия (He) и кислорода (O_2). Сосуды нагревают от температуры T_1 до температуры T_2 .

Укажите правильное соотношение между изменениями энтропии газов при этом процессе.

- 1) $\Delta S(\text{He}) = -\Delta S(O_2)$;
2) $\Delta S(\text{He}) = \frac{5}{7}\Delta S(O_2)$;
3) $\Delta S(\text{He}) = \frac{3}{5}\Delta S(O_2)$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Естественнонаучная картина мира – это идеальная модель природы, включающая общие понятия, принципы, законы и теории естествознания на определённом этапе его развития.

Значение естественнонаучной картины мира определено, во-первых, формированием у специалистов научной культуры мышления.

Во-вторых, естественнонаучная картина мира способствует развитию правильного логического мышления. Логические связи между знаниями, доказательства, правила, определения понятий и другие элементы правильного мышления, необходимо развиваются в процессе усвоения естественнонаучной картины мира.

В-третьих, изучение естественнонаучной картины мира определяет способность к развитию научной критики и ориентирует на достоверность и доказательность знаний. Поскольку, естественнонаучная картина мира эмпирически и теоретически обоснована, постольку осваивающий ее человек формирует установку на то, что познание, в целом, должно получать достоверные и доказанные результаты.

Знание естественнонаучной картины мира ведет к формированию положительного отношения человека к гармонии, целесообразности природы в целом. Формирование естественнонаучного мировоззрения у студентов экономических специальностей особенно важно для того, чтобы экономические задачи не решались за счет потребительского отношения к природе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов, Л.А. Концепции современного естествознания [Текст] / Л.А. Михайлов. – СПб.: Питер, 2012. – 336 с.
2. Исаков, А.Я. Основы современного естествознания [Текст] / А.Я. Исаков. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. – 274 с.
3. Карпенков, С.Х. Концепции современного естествознания [Текст] / С.Х. Карпенков. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 447 с.
4. Разумов, В.А. Концепции современного естествознания [Текст] / В.А. Разумов. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 352 с.
5. Лавриненко, В.Н. Концепции современного естествознания [Текст] / В.Н. Лавриненко, В.П. Ратников. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 319 с.
6. Тулинов, В.Ф. Концепции современного естествознания [Текст] / В.Ф. Тулинов, К.В. Тулинов. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2014. – 484 с.
7. Гусейханов, М.К. Концепции современного естествознания [Текст] / М.К. Гусейханов. – М.: Юрайт, 2011. – 608 с.
8. Рузавин, Г.И. Концепции современного естествознания [Текст] / Г.И. Рузавин. – М.: Проспект, 2015. – 245 с.
9. Брызгалина, Е. В. Концепции современного естествознания [Текст] / Е. В. Брызгалина. – М.: Проспект, 2015. – 496 с.
10. Романов, Л.А. Концепции современного естествознания. Практикум [Текст] / Л.А. Романов. – М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 128 с.
11. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И. Трофимова. – М.: Академия, 2010. – 560 с.
12. Стрельник, О.Н. Концепции современного естествознания [Текст] / О.Н. Стрельник. – М.: Юрайт, 2011. – 223 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Тема 1. НАУКА. НАУЧНЫЙ МЕТОД	5
Тема 2. ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МАТЕРИИ	15
Тема 3. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ.....	23
Тема 4. СИММЕТРИЯ. ПРИНЦИПЫ СИММЕТРИИ.....	42
Тема 5. МЕХАНИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА.....	56
Тема 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА.....	72
Тема 7. КВАНТОВО-ПОЛЕВАЯ КАРТИНА МИРА (КПКМ)	81
Тема 8. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	106
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	107

Учебное издание

Очкина Наталья Александровна

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.
ЭВОЛЮЦИЯ НАУЧНОГО МЕТОДА
И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика»

Под общ. ред. Г.И. Грейсуха

Р е д а к т о р Н.Ю. Шалимова
В е р с т к а Н.А. Сазонова

Подписано в печать 14.1.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 6,3. Уч.-изд. л. 6,75. Тираж 80 экз.
Заказ №85.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.