Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И. Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.Н. Титов
«21» июня 2021 г.

УЧЕБНАЯ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРЕДМЕТНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ

Программа учебной практики
Предметно-методического модуля

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),

направленность (профиль) образовательной программы
Физика. Математика.
(очная форма обучения)

Составитель: Кошелев Н.А.,
к.п.н., доцент кафедры физики и технических дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от 21 июня 2021 г. № 7

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

1. Вид и тип практики

Учебная (технологическая) «Предметный практикум по физике» включена в обязательную часть Блока 2 Практика основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Физика. Математика», очной формы обучения.

Вид практики: учебная.

Тип практики: технологическая.

2. Перечень планируемых результатов обучения при прохождении практики

Цель практики: является подготовка бакалавра к работе учителем физики, информатики и ИКТ в общеобразовательной школе. Важной целью профессиональной подготовки учителя физики является формирование умений решать задачи. Основная цель практикума – сформировать у студентов практические умения и навыки в решении прикладных задач по молекулярной физике и термодинамике.

В результате прохождения практики обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения:

Компетенция и индикаторы ее достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	знает	умеет	владеет
ПК-11 Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) и в области образования ИПК-11.1. Знает основные научные понятия и особенности их использования, методы и приёмы изучения и анализа литературы в предметной области; основы организации исследовательской деятельности; основные информационные технологии поиска, сбора, анализа и обработки данных; интерпретирует явления и процессы в контексте общей динамики и периодизации исторического развития предмета, с учетом возможности их использования в ходе постановки и решения исследовательских задач. ИПК-11.2. Умеет самостоятельно и в составе научного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности; самостоятельно и под научным	ОР-1 знает сущность и содержание этапов решения прикладной задачи	ОР-2 умеет реализовать этапы решения прикладной задачи	ОР-3 владеет способами решения прикладных задач молекулярной физики и термодинамики

руководством осуществлять сбор и обработку информации; способен применять полученные знания для объяснения актуальных проблем и тенденций развития предмета; проводить исследовательскую работу в соответствии с индивидуальным планом. ИПК-11.3. Владеет базовыми представлениями о принципах организации и осуществления исследований, практическими навыками осуществления исследований; применяет навыки комплексного поиска, анализа и систематизации информации по изучаемым проблемам с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных.			
ПК-12 Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций ИПК-12.1. Знает формулировки определений, содержательное значение терминов и понятий предметной области, правила и алгоритмы оперирования с объектами предметной области, понимает взаимосвязь между структурными элементами; имеет представление о функциях и практическом применении изучаемых объектов. ИПК-12.2. Умеет выделять и анализировать структурные элементы, входящие в систему познания предметной области; определять логическую взаимосвязь между компонентами предметной области; строить логически верные и обоснованные рассуждения; решать задачи предметной области. ИПК-12.3. Владеет профессиональной терминологией и основами профессиональной речевой культуры; методами	ОР-4 знает роль и возможности применения представлений молекулярной физики и аппарата термодинамики в смежных научных областях	ОР-5 умеет определять роль полученных знаний для смежных областей и для школьного курса	ОР-6 владеет междисциплинарными методами и подходами к решению научных и практических задач

доказательных рассуждений; методами анализа изучаемых объектов, методами систематизации и структурирования знаний в предметной области, основами моделирования в предметной области.			

3. Место практики в структуре образовательной программы

Учебная (технологическая) «Предметный практикум по физике» включена в обязательную часть Блока 2 Практика основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Физика. Математика», очной формы обучения.

Практика опирается на результаты обучения, сформированные в рамках школьного курса «Физика» (соответствующих дисциплин среднего профессионального образования) и дисциплины учебного плана «Общая и экспериментальная физика».

Результаты практики являются основой для изучения дисциплин: «Основы теоретической физики», «Теория и методика обучения физике».

4. Объем практики в зачётных единицах и её продолжительность:

Номер семестра	Учебные занятия					Форма промежуточной аттестации
	Всего		Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоят. работа, час	
	Трудоемк.					
	Зач. ед.	Часы				
4	3	108	-	48	60	Зачёт с оценкой
Итого:	3	108	-	48	60	

5. Содержание практики, формы отчётности по практике

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения		
	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятель-ная работа
4 семестр			

Раздел I. Основы молекулярно-кинетической теории		**6**	**16**
Тема 1. Основные представления МКТ.	-	2	4
Тема 2. МКТ и теории вероятностей.	-	2	4
Тема 3. Распределение Максвелла.	-	2	8
Раздел II. Основы термодинамики		**10**	**16**
Тема 4. Работа газов и теплоёмкости.	-	4	4
Тема 5. Термодинамические циклы.	-	4	4
Тема 6. Второе начало термодинамики: энтропия, основное уравнение термодинамики равновесных процессов, энтальпия, термодинамические потенциалы.	-	4	8
Раздел III. Вероятностная трактовка энтропии		**4**	**8**
Тема 7. Энтропия в молекулярно-кинетической теории.	-	4	8
Раздел IV. Избранные вопросы		**26**	**20**
Тема 8. Реальные газы	-	4	4
Тема 9. Критическое состояние	-	4	4
Тема 10. Жидкое состояние	-	4	4
Тема 11. Смачивание и капиллярные явления	-	6	4
Тема 12. Твёрдые тела.	-	8	6
ИТОГО:	**-**	**48**	**60**

Краткое описание содержания тем (разделов):

Раздел I Основы молекулярно-кинетической теории

ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МКТ

Решение задач по темам.

- Количество вещества,
- молярная масса,
- атомная единица массы,
- постоянная Авогадро,
- основное уравнение МКТ,
- газовые законы.

ТЕМА 2. МКТ И ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Решение задач по темам.

- Классические и геометрические вероятности,
- понятие о пространстве событий,

- вычисление математического ожидания и дисперсии,
- плотность распределения случайной величины и ее физический смысл,
- нормировка плотности вероятности,
- многомерные распределения,
- барометрическая формула и распределение Больцмана

ТЕМА 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСВЕЛЛА

Решение задач по темам.

- Итеграл Гаусса,
- нормировка одномерного распределения Максвелла,
- нормировка многомерного распределения Максвелла,
- нормировка распределения Максвелла по модулю скорости,
- вычисление наиболее вероятной скорости,
- вычисление средней энергии,
- вычисление среднеквадратичной скорости

Раздел II Основы термодинамики

ТЕМА 4. РАБОТА ГАЗОВ И ТЕПЛОЁМКОСТИ

Решение задач по темам.

- Работа при изохорном, изобарном и изотермическом процессах,
- изохорная и изобарная теплоемкости,
- уравнение Майера,
- удельные теплоемкости,
- удельные теплоемкости смеси газов,
- работа при адиабатном процессе,
- первое начало термодинамики.

ТЕМА 5. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ

Решение задач по темам.

- Круговые процессы,
- цикл Карно,
- термический КПД,
- цикл Карно для идеального газа.

ТЕМА 6. ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Решение задач по темам.

- Энтропия,
- основное уравнение термодинамики равновесных процессов,
- энтальпия,
- термодинамические потенциалы.

Раздел III Вероятностная трактовка энтропии

ТЕМА 7. ЭНТРОПИЯ В МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Решение задач по темам.

- Микро и макросостояния, статистический вес,
- элементы комбинаторики,
- биномиальное распределение и распределение Гиббса,
- статистическая сумма,
- энтропия Больцмана,
- флуктуации

Раздел IV Избранные вопросы

ТЕМА 8. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ

Решение задач по теме.

ТЕМА 9. КРИТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Решение задач по теме.

ТЕМА 10. ЖИДКОЕ СОСТОЯНИЕ

Решение задач по теме.

ТЕМА 11. СМАЧИВАНИЕ И КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Решение задач по теме.

ТЕМА 12. ТВЁРДЫЕ ТЕЛА

Решение задач по темам.

- Элементы кристаллографии,
- тепловые свойства,
- электрические и магнитные свойства твёрдых тел.

6. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся

Организация и проведение аттестации обучающегося

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у обучающегося компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки обучающегося необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы при выполнении программы практики через сформированность образовательных результатов.

Промежуточная аттестация завершает прохождение практики; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений и навыков, формирование определенных компетенций.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты практики
	Оценочные средства для текущей аттестации ОС-1 Контрольная работа ОС-2 Мини выступление перед группой ОС-3 Контроль решения задач на занятии	ОР-1 Знает сущность и содержание этапов решения прикладной задачи ОР-2 Умеет реализовать этапы решения прикладной задачи ОР-3 владеет способами решения прикладных задач молекулярной физики и термодинамики ОР-4 знает роль и возможности применения представлений молекулярной физики и аппарата термодинамики в смежных научных областях ОР-5 умеет определять роль полученных знаний для смежных областей и для школьного курса ОР-6 владеет междисциплинарными методами и подходами к решению научных и практических задач
	Оценочные средства для промежуточной аттестации **(дифференцированный зачёт)** ОС-4 Зачет в форме устного собеседования по вопросам	

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по практике

Оценочными средствами текущего оценивания являются: контрольная работа, включающая тест по теоретическим вопросам и практические задачи, контроль решения задач на занятии. Контроль усвоения материала ведётся регулярно в течение всего семестра на лабораторных практикумах.

ОС-1 Контрольная работа

Контрольная работа представляет собой набор из 5 практических задач по вариантам. За каждое правильное решение практической задачи начисляется максимум 6 баллов При проверке решения практической задачи оценивается умение реализовать все этапы решения задачи. Задачи рекомендуется брать из задачника А.Г. Чертова и А.А. Воробьева «Задачник по физике», в котором приведены ответы к задачам. Проверке подлежит именно решение задачи, а не ответ к ней.

ОС-2 Мини выступление перед группой

Вопросы для самостоятельного изучения обучающимися (темы мини-выступлений)

1. Опытные факты, подтверждающие основные положения МКТ.
2. Эмпирические температурные шкалы.
3. Идеальная газовая шкала температур.
4. Элементарные сведения из теории вероятности. Опытная проверка закона распределения Максвелла.
5. Определение Перреном числа Авогадро.
6. Распределение Больцмана и атмосфера планет.
7. Недостаточность классической теории. Понятие о квантовой теории теплоёмкости.
8. Квантовая теория теплоёмкости Эйнштейна.
9. Термодинамические функции.
10. Энтропия и вероятность.
11. Теорема Нернста.
12. Явления переноса в разреженных газах.
13. Свойства вещества в критическом состоянии. Определение критических параметров.
14. Методы получения низких температур и сжижения газов.
15. Кипение и перегрев жидкости. Метастатильные состояния.
16. Фазовые превращения второго рода.
17. Кристаллические решетки и кристаллические системы.
18. Дефекты и их влияние на свойства кристаллов.

ОС-3 Контроль решения задач на занятии

На каждом лабораторном занятии проводится контроль решения практических задач студентами. Оценивается не столько умение реализовать все этапы решения задачи (которое на этапе обучения может ещё отсутствовать), сколько полнота выполнения учебных заданий и активность работы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по практике

ОС-4 Дифференцированный зачёт в форме устного собеседования

При проведении дифференцированного зачёта учитывается уровень знаний обучающегося при ответах на вопросы (теоретический этап формирования компетенций), умение обучающегося решать практические задачи на применение теоретических знаний в практической ситуации (модельный этап формирования компетенций). Кроме того, учитывается выполнение обучающимся заданий текущего контроля.

Примерные вопросы к дифференцированному зачёту

1. Понятие Понятие о физике молекулярных систем. Динамические и статистические закономерности в физике. Необходимость статистического описания системы многих частиц. Термодинамические и статистические методы.
2. Макроскопические и микроскопические состояния системы и соотношения между ними.
3. Термодинамические параметры. Термодинамические процессы. Равновесные и неравновесные процессы.

4. Эмпирические закономерности для идеального газа. Уравнение состояния для идеального газа.
5. Элементы статистической теории идеальных газов (основы МКТ) Основные представления МКТ.
6. Межмолекулярные силы. Опытные факты, подтверждающие основные положения МКТ.
7. Масса и размеры молекул. Скорости молекул и роль столкновений.
8. Модель идеального газа. Средние величины в описании молекулярных систем. Элементы теории вероятности. Эргодическая гипотеза. Равномерная плотность идеального газа как наиболее вероятная.
9. Основные характеристики молекулярного движения: средняя скорость, средняя частота столкновений, средняя длина свободного пробега, поперечные газокинетические сечения.
10. Основное уравнение МКТ. Вывод уравнений Клапейрона - Менделеева и Дальтона.
11. Молекулярно-кинетическое истолкование давления и температуры. Абсолютная шкала температур.
12. Понятие о степенях свободы молекул и теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа.
13. Статистические распределения. Постановка задачи о распределении скоростей молекул. Распределение по компонентам скоростей и по модулю скорости. Закон распределения скоростей Максвелла. Характерные скорости распределения.
14. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Закон распределения Больцмана. Барометрическая формула.
15. Распределение Максвелла-Больцмана.
16. Броуновское движение. Флуктуации в идеальном газе и их проявления.
17. Термодинамическая система. Термодинамическое равновесие. Параметры состояния. Внутренняя энергия. Работа и количество теплоты – как формы обмена энергией между системами. Квазистатические процессы.
18. Первое начало термодинамики.
19. Классическая теория теплоемкости идеального газа. Недостатки классической теории.
20. Элементы квантовой теории теплоемкости. Экспериментальная зависимость теплоемкости от температуры.
21. Применение первого начала к изопроцессам. Адиабатический процесс и уравнение адиабаты. Политпропические процессы и уравнение политропы.
22. Обратимые и необратимые процессы. Тепловые машины их устройство и КПД. Равновесные и неравновесные процессы.
23. Циклы. Цикл Карно и его КПД. Анализ возможностей превращения тепла в работу. Теоремы Карно.
24. Реальные циклы. Холодильная машина.
25. Второе начало термодинамики. Границы применимости второго начала термодинамики.
26. Термодинамическая шкала температур.
27. Неравенство Клаузиуса. Энтропия как функция состояния. Вычисление изменения энтропии в различных процессах. Закон возрастания энтропии.
28. Свойства энтропии. Связь энтропии с термодинамической вероятностью. Формула Больцмана.

29. Статистический характер второго начала. Объективный характер статистических закономерностей.
30. Явления переноса в газах. Средняя длина и среднее время пробега молекул. Эмпирические закономерности. Общее уравнение переноса и его анализ.
31. Теплопроводность. Диффузия. Вязкость. Стационарные и нестационарные процессы и их уравнения. Связь коэффициентов переноса с микропараметрами. Связь между коэффициентами.
32. Теплопроводность при низких давлениях.
33. Технический вакуум и методы его получения.
34. Реальные газы. Экспериментальные изотермы. Уравнение Ван-Дер-Ваальса.
35. Конденсация паров, свойства паров. Насыщенные пары. Влажность.
36. Критическое состояние. Равновесие жидкости и газа.
37. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Температура инверсии. Сжижение газов.
38. Современные методы получения низких температур.
39. Фазы и условия равновесия фаз. Фазовые переходы. Фазовые диаграммы.
40. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого и второго рода.
41. Метастабильные состояния. Плавление и кристаллизация. Переохлаждение жидкостей.
42. Испарение твёрдых тел. Тройная точка.
43. Сплавы. Фазовые переходы второго рода.
44. Свойства жидкого гелия.
45. Строение жидкости. Модели жидкости. Ближний порядок.
46. Термодинамика поверхности раздела двух фаз. Условия равновесия на границе двух жидкостей и на границе жидкого и твердого тела.
47. Свободная энергия поверхностного слоя жидкости. Формула Лапласа. Смачивание и капиллярные явления. Давление насыщенных паров над искривленной поверхностью.
48. Испарение и кипение жидкостей. Метастабильные состояния жидкости. Пузырьковые камеры.
49. Жидкие растворы. Теплота растворения. Осмотическое давление и механизм его возникновения. Закон Вант-Гоффа. Проявления осмотического давления в природе.
50. Твердые тела. Кристаллические структуры. Элементы симметрии. Типы пространственных решеток. Энергия связи. Классификация кристаллов по типу связи.
51. Моно и поликристаллы. Анизотропия. Дефекты и прочность кристаллов.
52. Аморфное состояние в твердых телах. Полимеры.
53. Тепловые свойства твердых тел – тепловое расширение, теплопроводность, теплоёмкость.
54. Классическая теория теплоемкости твердого тела и причины ее ограниченности. Понятие о квантовой теории теплоемкости.
55. Порядок и беспорядок в природе. Энтропия как количественная мера хаотичности. Принцип возрастания энтропии. Переход от порядка к беспорядку в состоянии теплового равновесия. Роль фазовых переходов.
56. Ближний и дальний порядок. Параметр порядка. Координационный и ориентационный порядки. Понятие о жидких кристаллах.

Для самостоятельной подготовки к практике рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Алтунин, Константин Константинович. Молекулярная физика и термодинамика в общей и экспериментальной физике [Текст] : методические рекомендации / К. К. Алтунин ; ФГБОУ ВО “УлГПУ им. И. Н. Ульянова”. –Ульяновск : ФГБОУ ВО “УлГПУ им. И. Н. Ульянова”, 2017. – 15 с.

Промежуточная аттестация
Критерии оценивания знаний обучающихся по практике

		Посещение лекций	Посещение лабораторных занятий	Работа на лабораторных занятиях	Дифференцированный зачет
4 семестр	Разбалловка по видам работ	-	24 х 1=24 баллов	212 баллов	64 балла
	Суммарный макс. балл	0 баллов max	24 балла max	236 баллов max	300 баллов max

Критерии оценивания работы обучающегося по итогам практики

По итогам практики, трудоёмкость которой составляет 3 ЗЕ и проходит в 4 семестре, обучающийся набирает определённое количество баллов, которое соответствует отметкам «отлично», «хорошо», удовлетворительно», «неудовлетворительно» согласно следующей таблице:

Оценка	**Баллы (3 ЗЕ)**
«отлично»	271-300
«хорошо»	211-270
«удовлетворительно»	151-210
«неудовлетворительно»	150 и менее

Для самостоятельной подготовки к практике рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Алтунин, Константин Константинович. Молекулярная физика и термодинамика в общей и экспериментальной физике [Текст] : методические рекомендации / К. К. Алтунин ; ФГБОУ ВО “УлГПУ им. И. Н. Ульянова”. –Ульяновск : ФГБОУ ВО “УлГПУ им. И. Н. Ульянова”, 2017. – 15 с.

7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет», необходимых для проведения практики

Рекомендуемая литература
Основная:

1. Казанцева, А. Б. Молекулярная физика. Задачи и решения : учеб. пособие / А. Б. Казанцева. - Москва : МПГУ, 2014. - 240 с. - ISBN 978-5-4263-0146-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/757796 (дата обращения: 13.03.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: Учебное пособие для вузов: В 5 томах Том 2: Термодинамика и молекулярная физика / Сивухин Д.В., - 6-е изд., стер. - Москва :ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 544 с. ISBN 978-5-9221-1514-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/470190 (дата обращения: 13.03.2022). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная:

1. Общая физика: руководство по лабораторному практикуму : учебное пособие / под ред. И. Б. Крынецкого, Б. А. Струкова. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 596 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-003288-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/345060

2.Антошина, Л. Г. Общая физика: Сб. задач: Учеб. пособие / Л.Г. Антошина, С.В. Павлов, Л.А. Скипетрова; Под ред. Б.А. Струкова. - Москва : ИНФРА-М, 2008. - 336 с. (Высшее образование). ISBN 5-16-002494-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/141416 (дата обращения: 13.03.2022). – Режим доступа: по подписке.

3.Павлов, С. В. Общая физика: сборник задач : учебное пособие / С.В. Павлов, Л.А. Скипетрова ; под ред. С.В. Павлова. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 319 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook_5ad4b0fd3ee963.26468696. - ISBN 978-5-16-013262-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1679516 (дата обращения: 13.03.2022). – Режим доступа: по подписке.

8. Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Интернет-ресурсы

- Электронный учебник по физике для высших учебных заведений.атика – Режим доступа: http://www.studmed.ru/elektronnyy-uchebnik-po-fizike-dlya-vysshih-uchebnyh-zavedeniy_25097e711bd.html
- Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики./ В.С. Волькенштейн 11-е изд., перераб., М.: Наука, 1985. - 384с.– Режим доступа: http://za-partoj.ru/d/phys/phys124.htm