

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра общей физики

Авторы-составители: **Бабушкин Игорь Аркадьевич
Глухов Александр Федорович
Кондрашов Александр Николаевич
Рыбкин Константин Анатольевич
Зюзгин Алексей Викторович
Колчанов Николай Викторович**

Рабочая программа дисциплины

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Код УМК 80926

Утверждено
Протокол №9
от «19» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Молекулярная физика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Молекулярная физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
Объем дисциплины (з.е.)	6
Объем дисциплины (ак.час.)	216
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	84
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	42
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	0
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Молекулярная физика. Второй триместр.

Для понимания Молекулярной физики важно прослушать курс лекций, в котором объясняются основные закономерности молекулярно-кинетических явлений. Очень важны лабораторные работы для понимания связи теории и эксперимента.

Молекулярно-кинетическая теория

Базовый раздел.

Идеальный газ. Распределения Больцмана и Максвелла

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Агрегатные состояния вещества. Масса и размеры молекул. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Опытные газовые законы. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газ в атмосфере. Барометрическая формула и следствия из нее. Броуновское движение. Теория Эйнштейна-Смолуховского. Опыты Перрена по определению числа Авогадро. Математические понятия теории вероятностей. Случайные величины. Частотное определение вероятности. Функция плотности вероятности. Условие нормировки плотности вероятности. Распределение молекул в потенциальном поле (распределение Больцмана). Распределение молекул газа по компонентам скоростей. Распределение молекул по скоростям (Максвелла). Характерные скорости молекул в распределении Максвелла (вероятнейшая, средняя арифметическая, средняя квадратичная). Экспериментальное определение скоростей молекул и их распределения по скоростям (опыт Штерна, опыт Ламмерт, опыт Штерна, Истермана, Симпсона).

Первое начало термодинамики. Теплоемкость идеального газа.

Внутренняя энергия термодинамической системы. Работа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.

Теплоемкость идеального газа C_v и C_p . Уравнение Майера. Недостатки классической теории теплоемкости идеального газа.

Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в идеальном газе. Работа и теплота в изопроцессах.

Адиабатический процесс. Применение первого начала термодинамики к адиабатическому процессу в идеальном газе. Уравнение адиабаты, показатель адиабаты, работа расширения газа в адиабатическом процессе.

Тепловой двигатель. Цикл Карно. Теоремы Карно.

Принцип действия идеального теплового двигателя. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Холодильная машина.

Теоремы Карно. Термодинамическая температурная шкала.

Практические температурные шкалы. Реперные точки международной практической температурной шкалы МПТШ-90.

Второе начало термодинамики. Энтропия.

Второе начало термодинамики и его различные формулировки. Энтропия, ее свойства. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа.

Термодинамические функции. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, термодинамический потенциал.

Энтропия и термодинамическая вероятность, формула Больцмана. Флуктуации.

Реальные газы. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние.

Реальные газы. Отступления от законов идеального газа. Изотермы реальных газов. Уравнение

Ван-дер-Ваальса.

Изотермы Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Критическое состояние. Критические параметры.

Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Опыт Джоуля.

Процесс Джоуля-Томсона в реальном газе. Интегральный эффект в процессе Джоуля-Томсона. Температура инверсии.

Жидкости. Поверхностное натяжение, смачивание, краевой угол.

Особенности жидкого состояния. Ближний и дальний порядок. Поверхностная энергия молекул.

Поверхностное натяжение. Коэффициент поверхностного натяжения, его зависимость от внешних условий.

Жидкость на границе с другой жидкостью и твердым телом. Смачивание. Краевой угол.

Дополнительное давление под искривленной поверхностью жидкости, формула Лапласа. Капиллярные явления. Формула Жюрена.

Испарение и кипение жидкости. Фазовые переходы 1 рода.

Тепловое движение молекул в жидкости. Диффузия в жидкостях. Вязкость жидкостей и ее зависимость от температуры.

Испарение и кипение жидкости. Зависимость давления насыщенного пара от температуры.

Фазовая диаграмма жидкость – пар. Зависимость температуры кипения жидкости от внешнего давления.

Сжижение газов

Кристаллические тела. Теплоемкость кристаллов.

Кристаллические и аморфные тела. Монокристаллы, поликристаллы.

Кристаллизация и плавление - фазовые переходы первого рода. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллов.

Теплоемкость кристаллических тел. Закон Дюлонга и Пти. Закон Джоуля - Коппа.

Недостатки классической теории теплоемкости кристаллов.

Квантовая теория теплоемкости кристаллов

Явления переноса

Вязкость, теплопроводность и диффузия относятся к явлениям переноса.

В газах перенос импульса между слоями движущимися с разными скоростями,

перенос тепла при наличии температурных неоднородностей и перенос массы связаны с тепловым движением молекул.

Столкновения молекул газа и длина свободного пробега. Явления переноса: Диффузия, теплопроводность, вязкость

Частота столкновений молекул газа между собой. Средняя длина свободного пробега молекул в газе, ее зависимость от давления и температуры газа. Эффективное сечение молекулы.

Распределение молекул по длине пробега. опыты по определению длины пробега молекул и эффективного сечения молекулы.

Явления переноса в газах. Диффузия. Уравнение диффузии (закон Фика), коэффициент диффузии, его зависимость от параметров газа. Измерение коэффициента диффузии в газах.

Теплопроводность газов. Уравнение теплопроводности (закон Фурье), коэффициент теплопроводности, его зависимость от параметров газа. Измерение коэффициента теплопроводности.

Внутреннее трение в газах. Уравнение силы внутреннего трения, коэффициент вязкости, его зависимость от параметров газа. Измерение коэффициента вязкости газов.

Уравнение нестационарной теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Уравнение нестационарной диффузии. Характерное время прогрева(охлаждения) тел и релаксации концентрационных неоднородностей.

Свойства жидкостей и твердых тел

Жидкие и твердые тела своим существованием обязаны взаимодействию молекул.

Энергия взаимодействия в твердых телах на порядки превышает энергию теплового движения, поэтому мы видим дальний порядок.

В жидкостях тепловая энергия молекулы сравнима с энергией взаимодействия, поэтому реализуется только ближний порядок. Молекула чувствует влияние только от ближайших соседей

Фазовые переходы. Диаграмма состояния.

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.

Фазовые переходы второго рода.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ландау Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика: учебник / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лившиц. — 3-е изд. М.: КДУ, 2011. — 340 с. — ISBN 978-5-98227-767-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт].
<https://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/7866>
2. Савельев, И.В. Курс физики : учебное пособие : в 3 томах / И.В. Савельев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 1 : Механика. Молекулярная физика — 2018. — 356 с. — ISBN 978-5-8114-0685-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL:
<https://e.lanbook.com/book/106894> <https://elis.psu.ru/node/580912>
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. учебное пособие для физических специальностей вузов Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. — 5-е изд., испр. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006, ISBN 5-9221-0601-5. — 544

Дополнительная:

1. Иродов И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие / И. Е. Иродов. — Санкт-Петербург: Лань, 2003, ISBN 5-8114-0319-4. — 416.
2. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике Вып. 4. Кинетики. Теплота. Звук / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. — М.: Мир, 1965. — 261
3. Иродов И. Е. Физика макросистем. Основные законы: учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001, ISBN 5-93208-089-2. — 208.
4. Трофимова Т. И. Основы физики. Молекулярная физика. Термодинамика: учебное пособие / Т. И. Трофимова. — Москва: КНОРУС, 2015, ISBN 978-5-406-04054-6. — 1791. — Предметный указатель: с. 173-177
5. Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения: перевод с английского / ред. Я. А. Смородинский. — Москва: Мир, 1967. — 205.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://tehtab.ru/guide/guidemedias/guideair/dryaircomposition/> молекулярные массы газов

<https://mipt.ru/education/chair/physics/records/thermodynamics/bulygin2.php> Лекции и демонстрации по молекулярной физике и термодинамики (МФТИ)

https://kpfu.ru/portal/docs/F_1779153506/ConspectMolPhizikaLekzii2013.pdf Конспекты лекции по физике для нефизических специальностей

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Молекулярная физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Программное обеспечение:

- ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020);
- офисный пакет приложений "Libre office";
- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов;
- программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель);
- программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome".

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия).

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Групповые (индивидуальные) консультации.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

4. Текущий контроль.

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Самостоятельная работа.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Молекулярная физика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Знает основы теоретического курса молекулярной физики. Умеет использовать данные знания для решения профессиональных задач. Владеет методами решения задач.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <ul style="list-style-type: none"> - не демонстрирует знание основного содержания дисциплины; - не владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей <p align="center">Удовлетворительн</p> <ul style="list-style-type: none"> - демонстрирует не полное знание основного содержания раздела "Молекулярная физика и термодинамика" и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом; - владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей; - допускает существенные ошибки при изложении материала <p align="center">Хорошо</p> <ul style="list-style-type: none"> - ответ по вопросу или заданию аргументированный, демонстрирующий знание основного содержания раздела и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой; - демонстрирует понимание материала, приводит примеры; - владеет основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей. <p align="center">Отлично</p> <ul style="list-style-type: none"> - ответ по вопросу или заданию аргументированный, логически выстроенный, полный, демонстрирующий знание основного содержания раздела

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>"Молекулярная физика и термодинамика" и его элементов в соответствии с прослушанным лекционным курсом и с учебной литературой;</p> <ul style="list-style-type: none">- демонстрирует полное понимание материала, выводы доказательны, приводит примеры;- свободное владение основными понятиями, законами и теорией, необходимыми для объяснения явлений, закономерностей.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Столкновения молекул газа и длина свободного пробега. Явления переноса: Диффузия, теплопроводность, вязкость Письменное контрольное мероприятие	Теоретические основы разделов: идеальный газ. распределения Больцмана и Максвелла, первое начало термодинамики. теплоемкость идеального газа, тепловой двигатель. цикл Карно. теоремы Карно, второе начало термодинамики. энтропия, реальные газы. изотермы Ван-дер-Ваальса. критическое состояние вещества.
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Столкновения молекул газа и длина свободного пробега. Явления переноса: Диффузия, теплопроводность, вязкость Письменное контрольное мероприятие	Идеальный газ. распределения Больцмана и Максвелла, первое начало термодинамики. теплоемкость идеального газа, тепловой двигатель. цикл Карно. теоремы Карно, второе начало термодинамики. энтропия, реальные газы. изотермы Ван-дер-Ваальса. критическое состояние вещества.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Фазовые переходы. Диаграмма состояния. Итоговое контрольное мероприятие	Теоретические основы разделов: жидкости. поверхностное натяжение, смачивание, краевой угол, испарение и кипение жидкости. Фазовые переходы 1 рода, кристаллические тела, теплоемкость кристаллов, столкновения молекул газа и длина свободного пробега. явления переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость, фазовые переходы, диаграмма состояния.
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Фазовые переходы. Диаграмма состояния. Письменное контрольное мероприятие	Жидкости. поверхностное натяжение, смачивание, краевой угол, испарение и кипение жидкости. Фазовые переходы 1 рода, кристаллические тела, теплоемкость кристаллов, столкновения молекул газа и длина свободного пробега. явления переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость, фазовые переходы, диаграмма состояния.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Столкновения молекул газа и длина свободного пробега. Явления переноса: Диффузия, теплопроводность, вязкость

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет объяснить законы из курса	6
Умеет выводить физические уравнения	6
Знает математическую запись основных законов из курса	4
Знает определения физических величин из курса и их математическое выражение и единицы измерения	4

Столкновения молекул газа и длина свободного пробега. Явления переноса: Диффузия, теплопроводность, вязкость

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Задача решена верно все законы написаны	7
Задача решена полностью, однако имеются ошибки в расчетах и т.д.	5
Есть рисунок соответствующий задаче. Основные формулы написаны с существенными ошибками	5
Есть рисунок соответствующий задаче.	3

Фазовые переходы. Диаграмма состояния.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет выводить физические уравнения	12
Умеет объяснить законы из курса	12
Знает определения физических величин из курса и их математическое выражение и единицы измерения	8
Знает математическую запись основных законов из курса	8

Фазовые переходы. Диаграмма состояния.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Задача решена верно все законы написаны	6
Задача решена полностью, однако имеются ошибки в расчетах и т.д.	5
Есть рисунок соответствующий задаче. Основные формулы написаны с существенными ошибками.	5
Есть рисунок соответствующий задаче.	4