



Утвърдил:

Декан

Дата

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Факултет:

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Магистърска програма: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Специалност Ф, ИФ, ЯТЯЕ редовно обучение

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина:

Н	0	5	8
---	---	---	---

Молекулна физика

(код и наименование)

Преподавател: доц. Веселин Дончев

Асистент: ас. Атанас Цонев

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	45
	Семинарни упражнения	30
	Практически упражнения (хоспетиране)	45
Обща аудиторна заетост		120
Извънаудиторна заетост	Реферат	
	Доклад/Презентация	20
	Научно есе	
	Курсов учебен проект	
	Учебна екскурзия	
	Самостоятелна работа в библиотека или с ресурси	70
	Самостоятелна работа (решаване на задачи)	70
Самоподготовка за тестове свързани с лекциите	35	
Обща извънаудиторна заетост		195
ОБЩА ЗАЕТОСТ		315
Кредити аудиторна заетост		4
Кредити извънаудиторна заетост		6.5
ОБЩО ЕКСТ		10.5

№	Формиране на оценката по дисциплината ¹	% от оценката
1.	Workshops {информационно търсене и колективно обсъждане на доклади и реферати)	
2.	Участие в тематични дискусии в часовете	
3.	Демонстрационни занятия	
4.	Посещения на обекти	
5.	Курсов учебен проект	
6.	Тестова проверка	
7.	Решаване на казуси	
8.	Текуща самостоятелна работа	
9.	Оценка от контролни работи по семинарни упражнения	25
10.	Оценка от практическите занятия	25
11.		
12.	Изпит	50
	Забележка: До изпит се допускат студенти с оформена оценка от практическите упражнения (предадени и защитени протоколи) и средна оценка от контролните на семинарите по-голяма, или равна на Среден (3).	

Анотация на учебната дисциплина:

Лекционният курс представлява последователно съвременно изложение на основните понятия, величини, закони, принципи и експериментални факти на молекулната физика и класическата термодинамика, при което се използва изучавания в първи курс математически апарат. С помощта на двата взаимно допълващи се подхода (термодинамичният и молекулно-кинетичният) се изучава най-простата термодинамична система – идеален газ. Разглеждат се и реални газове (уравнение на Ван-дер-Ваалс, вътрешна енергия, ефект на Джаул-Томсън), както и основни въпроси на статистическата физика (разпределенията на Болцман и на Максвел). Обяснява се принципът на действие на някои топлинни двигатели. Представя се статистическата интерпретация на втория принцип на термодинамиката. Обсъждат се границите на приложимост на класическата теория на топлинните капацитети и се дава представа за необходимостта от квантово-механично разглеждане.

Изучените термодинамични принципи и основните положения на молекулно-кинетичната теория се прилагат при разглеждане на строежа и свойствата на течности, при фазови преходи от първи род и при преносни явления в газове – дифузия, вътрешно триене и топлопроводност. Основните термодинамични закономерности и процеси се онагледяват с подходящи демонстрации, което помага за изясняване на физическата им същност.

Семинарните упражнения включват решаване на задачи от основните раздели на лекционния курс. Във всеки раздел както на семинарните упражнения, така и при самостоятелната работа на студентите, се решават задачи от различни типове и с различно ниво на трудност.

¹ В зависимост от спецификата на учебната дисциплина и изискванията на преподавателя е възможно да се добавят необходимите форми, или да се премахнат ненужните.

По време на занятията в лабораторния практикум по Молекулна физика студентите продължават изграждането на експериментални навици и умения, свързани със специфичните изисквания на този раздел от физиката. Те допълват придобитите на лекции знания за основни явления и закони от молекулната физика и усвояват експериментални методи за определяне на основни величини в молекулната физика и термодинамиката.

Предварителни изисквания:

Познаване и владеење на изучения в училище задължителна подготовка учебен материал по физика и математика, както и знанията и уменията, усвоени от курсовете по математичните дисциплини във Физическия факултет.

Очаквани резултати:

След прослушването на този курс студентът трябва да придобие базисни знания в областта на термодинамиката и молекулно-кинетичната теория; да може да обяснява термодинамични и молекулно-кинетични процеси и явления; успешно да прилага теорията в решаването на задачи от теоретичен и експериментален характер.

Учебно съдържание

№	Тема:	Хорариум
1	Първи принцип на термодинамиката. Термодинамика на идеален газ. Термодинамична система. Количество вещество. Равновесно състояние. Основни термодинамични параметри. Измерване на температурата. Термодинамични процеси. Вътрешна енергия на термодинамична система. Нулев и първи принцип на термодинамиката. Идеален газ. Опитно установени закони при идеалните газове. Извод на уравнението на състоянието на идеален газ. Работа на идеален газ при разширение. Вътрешна енергия на идеален газ. Моларен топлинен капацитет. Изопроееси. Адиабатен процес. Политропни процеси при идеален газ. Зависимост на моларния топлинен капацитет на идеален газ от показателя на политропата. Работа на идеален газ при изотермен, адиабатен и политропен процес.	8 (8)
2	Основи на молекулно-кинетичната теория на газовете. Основни положения на молекулно-кинетичната теория. Молекулно-кинетичен модел за налягането на идеален газ и извод на Клаузиус на основното уравнение на молекулно-кинетичната теория. Молекулно-кинетичен смисъл на абсолютната температура. Вътрешна енергия и моларни топлинни капацитети на газове и твърди тела. Трудности на класическата теория и	12 (7)

	<p>представа за квантовата теория на топлинните капацитети. Среден брой на ударите за единица време и средна дължина на свободния пробег за молекулите на газ – кинетичен модел на пресмятане. Закон на Болцман за разпределение на молекулите в газ в поле на консервативни сили. Закон за разпределение на молекулите на газ по една компонента на скоростта. Закон на Максвел за разпределение на молекулите по големината на скоростта. Най-вероятна, средна аритметична и средна квадратична скорост. Експериментално определяне скоростите на молекулите в газ. Реални газове - сили на взаимодействие между молекулите. Уравнение на Ван дер Ваалс за състоянието на реален газ. Вътрешна енергия и първи принцип на термодинамиката за Вандерваалсов газ. Ефект на Джаул-Томпсън.</p>	
3	<p>Циклични термодинамични процеси. Втори принцип на термодинамиката. Ентропия. Равновесни и неравновесни, обратими и необратими термодинамични процеси. Превръщане на топлина в механична работа – циклични процеси. Коефициент на полезно действие на топлинен двигател. Втори принцип на термодинамиката – формулировка на Келвин и на Клаузиус. Идеален цикъл на Карно. КПД на идеална топлинна машина на Карно. Теорема на Карно. Идея за въвеждане на термодинамична температура. Топлинен двигател на Ото и на Дизел. Принципно устройство на хладилник и на климатик. Приведена топлина. Равенство и неравенство на Клаузиус за цикъл на Карно и обобщаването им за произволен кръгов процес. Ентропия. Поведение на ентропията в изолирана и в отворена система. Термодинамична вероятност. Закон на Болцман. Статистическа интерпретация на втория принцип на термодинамиката. Флуктуации.</p>	8 (6)
4.	<p>Преносни процеси в газове. Феноменологичен закон и молекулно-кинетичен модел на дифузия, вътрешно триене и топлопроводност при газове. Дифузионен коефициент, коефициент на вътрешно триене и коефициент на топлопроводност. Връзка между трите. Преносни явления в газове при ниски налягания.</p>	4 (3)
5.	<p>Строеж и свойства на течности. Сходства и различия в свойствата на течностите в сравнение с газовете и твърдите тела. Структура на течностите. Идея за молекулно-кинетично описание на течното състояние. Представа за течни кристали. Вътрешно кохезионно налягане и повърхностно напрежение. Повърхностна енергия на течността. Формула на Лаплас. Мокрене и немокрене. Капилярни явления. Равновесие на капка върху несмесваща се с нея течност. Осмоза и осмотично налягане. Молекулно-кинетичен модел на осмозата и извод на закона на Вант Хоф.</p>	5 (3)
6.	<p>Фазови преходи от първи род. Понятие за фаза. Полиморфизъм. Фазово равновесие и фазови</p>	8 (3)

	<p> преходи от първи и от втори род. Изпарение на течности. Наситени пари. Критична температура. Влажност на въздуха. Зависимост на налягането на наситените пари от кривината на свободната повърхност на течността. Кипене. Уравнение на Клапейрон-Клаузиус. Крива на парното налягане в зависимост от температурата. Втечняване на газове. Критично състояние. Сравнение на изотермите на Ван дер Ваалс с експерименталните изотерми. Метастабилни състояния. Определяне на критичните параметри. Приведено уравнение на Ван дер Ваалс. Получаване на ниски температури. Топене и сублимация на кристални твърди тела. Зависимост на температурата на топене от налягането. Диаграма на фазовите състояния на едно вещество. Тройни точки. Основни свойства на водата и леда. Разтвори и фазови преходи в тях. </p>	
--	--	--

Практически занятия

№	Тема:	Хорариум
1	Уводно упражнение – Запознаване с правилника за реда и работата в лабораторията и правилата за техниката на безопасност в лабораторията. Основни дефиниции, формули и закони.	3
2	Измерване на температура с термодвойка.	3
3	Определяне на специфична топлина на фазов преход на течен азот.	3
4.	Определяне на специфична топлина на изпарение на течност и специфична топлина на топене на лед.	3
5.	Топлинно разширение на течности.	3
6.	Определяне на специфичен топлинен капацитет на метали с калориметър.	3
7.	Определяне на специфичен топлинен капацитет по метода на охлаждането.	3
8.	Определяне на отношението C_p/C_v на газове по метода на Клемент и Дезорм.	3
9.	Определяне на относителна плътност на пари по метода на Виктор Майер.	3
10.	Определяне на дължината на средния свободния пробег на молекулите на въздух.	3
11.	Коефициент на повърхностно напрежение.	3
12.	Определяне на коефициента на топлопроводност на твърди тела /изолатори/.	3
13.	Закон на Поазьой.	3
14.	Експериментална проверка на законите за идеален газ	3
15.	Колоквиум	3

Конспект за изпит

№	Въпрос
1	Термодинамична система. Количество вещество. Моларна маса. Видове термодинамични системи. Равновесно състояние. Основни термодинамични параметри. Термодинамични процеси.
2	Нулев принцип на термодинамиката. Вътрешна енергия на термодинамична система. Опити на Джаул - механичен еквивалент на топлината. Първи принцип на термодинамиката.
3	Газообразно състояние на веществото. Идеален газ. Опитно установени закони при идеалните газове. Извод на уравнението за състоянието на идеален газ.
4	Работа на идеален газ при разширение. Закон на Джаул за вътрешната енергия на идеален газ. Топлинен капацитет. Изохорен процес. Изобарен процес- понятие за енталпия, уравнение на Роберт Майер.. Изотермен процес- пресмятане работата на идеален газ
5	Адиабатен процес. Извод на закона на Поасон при идеален газ. Сравнение на изотермен и адиабатен процес. Работа на идеален газ при адиабатен процес.
6	Политропни процеси при идеален газ. Уравнение на политропен процес. Зависимост на моларния топлинен капацитет на идеален газ от показателя на политропата. Работа на идеален газ при политропен процес
7	Основни положения на молекулно-кинетичната теория. Молекулно-кинетичен модел за налягането на идеален газ. Основно уравнение на молекулно-кинетичната теория - извод на Клаузиус.
8	Молекулно-кинетичен смисъл на абсолютната температура. Теорема за равномерно разпределение на енергията на хаотичното движение по степените на свобода. Вътрешна енергия на идеален газ. Моларни топлинни капацитети на газовете-сравнение с експерименталните резултати и трудности на класическата теория. ”Замразяване” на степени на свобода при ниски температури.
9	Вътрешна енергия на кристални твърди тела - модел на независимите хармонични осцилатори. Моларни топлинни капацитети на кристали - сравнение с експерименталните резултати и трудности на класическата теория. Понятие за температура на Дебай.
10	Среден брой на ударите за единица време и средна дължина на свободния пробег за молекулите на газ- молекулно-кинетичен модел за пресмятане. Константа на Съзерленд. Разсейване на молекулен поток в газ. Експериментално определяне на средния свободен пробег.
11	Закон на Болцман за разпределение на молекулите на газ в поле на консервативни сили. Температурна зависимост на концентрацията на молекулите при нулева височина. Обяснение на „кислородния глад” на голяма височина
12	Дефиниране на функция на разпределение. Закон за разпределение на молекулите на газ по една компонента на скоростта. Закон на Максвел за

	разпределение на молекулите по големината на скоростта
13	Най-вероятна, средна аритметична и средна квадратична скорост. Опит на Щерн за определяна скоростите на молекулите. Механичен селектор на скоростите
14	Сили на взаимодействие между молекулите на реалните газове. Уравнение на Ван дер Ваалс за състоянието на реален газ.
15	Вътрешна енергия и първи принцип на термодинамиката за Вандерваалсов газ.
16	Ефект на Джаул-Томсън. Инверсна температура.
17	Равновесни и неравновесни, обратими и необратими термодинамични процеси. Превръщане на топлина в механична работа - циклични процеси. Коефициент на полезно действие на топлинен двигател. Цикли на топлинни машини.
18	Втори принцип на термодинамиката-формулировка на Келвин. Принципно действие на хладилна машина. Формулировка на Клаузиус на втори принцип на термодинамиката. Самостоятелни и несамостоятелни процеси
19	Идеален цикъл на Карно. КПД на идеална топлинна машина на Карно. Първа теорема на Карно. Идея за въвеждане на абсолютна термодинамична температура.
20	Втора теорема на Карно. Приведена топлина. Равенство и неравенство на Клаузиус за цикъл на Карно и обобщаването им за произволен кръгов процес – математическа формулировка на втория принцип на термодинамиката. Ентропия.
21	Топлинен двигател на Ото и на Дизел.
22	Теорема на Нернст. Поведение на ентропията в изолирана и в отворена система. Ентропийна формулировка на втория принцип на термодинамиката.
23	Макроскопично и микроскопично състояние на една термодинамична система. Термодинамична вероятност на едно макросъстояние. Връзка между ентропия и термодинамична вероятност- закон на Болцман. Статистическа интерпретация на втория принцип на термодинамиката. Флуктуации. Хипотеза за топлинната смърт на Вселената
24	Феноменологичен закон на Фик и молекулно-кинетичен модел на дифузия при газове. Дифузионен коефициент.
25	Вътрешно триене при газове - експериментално наблюдаване, феноменологичен закон на Нютон и молекулно-кинетичен модел. Коефициент на вътрешно триене.
26	Топлопроводност при газове - феноменологичен закон на Фурие и молекулно кинетичен модел. Връзка между коефициента на топлопроводност, коефициента на вътрешно триене и специфичния топлинен капацитет на газа при постоянен обем. Топлопроводност и вътрешно триене в газове при ниски налягания.
27	Сходства и различия в свойствата на течностите в сравнение с газовете и твърдите тела. Структура на течностите. Идея за молекулно-кинетично описание на течното състояние. Специфичен топлинен капацитет на водата
28	Вътрешно кохезионно налягане и повърхностно напрежение. Повърхностна

	енергия на течността. Формула на Лаплас.
29	Мокрене и немокрене. Капилярни явления. Равновесие на капка върху несмесваща се с нея течност.
30	Осмоза и осмотично налягане. Молекулно кинетичен модел на осмозата – закон на Вант Хоф. Прояви и приложение на осмозата
31	Фаза. Полиморфизъм. Фазово равновесие. Фазови преходи от първи род. Топлина на фазов преход. Понятие за фазови преходи от втори род
32	Изпарение на течности. Наситени пари. Критична температура. Влажност на въздуха. Зависимост на налягането на наситените пари от кривината на свободната повърхност на течността. Кипене. Прегрята течност.
33	Уравнение на Клапейрон-Клаузиус. Крива на парното налягане в зависимост от температурата.
34	Втечняване на газове. Критична температура и критично състояние. Сравнение на изотермите на Ван дер Ваалс с експерименталните изотерми. Метастабилни състояния.
35	Определяне на критичните параметри. Приведено уравнение на Ван дер Ваалс. Получаване на ниски температури.
36	Топене и сублимация на кристални твърди тела. Зависимост на температурата на топене от налягането. Аномално поведение на леда и водата. Диаграма на фазовите състояния на едно вещество. Тройни точки
37	Разтвори и фазови преходи в тях.

Библиография

Основна:

1. Весела Дечева, *Молекулна физика-лекции и задачи*, изд."Парадигма“, София, 2010.
2. Н.Мартинов, *Записки по обща физика - I част*, изд.СУ "Св.Климент. Охридски", София, 1986, 1992.
3. С. Borgnakke and R.E. Sonntag. *Fundamentals of Thermodynamics*, 7th Ed., Wiley, 2009

Допълнителна:

1. И.В.Савельев, *Курс общей физики I том*, изд. Наука, Москва, 1977.
2. Д.В.Сивухин, *Общий курс физики II том*, изд. Наука, Москва, 1979.
3. А.Н.Матвеев, *Молекулярная физика*, изд. Высшая школа, Москва, 1981.
4. Р.Файнман, Р.Лейтон, М.Сентс, Файнманови лекции по физика - I и II том, изд. Народна просвета, София, 1970.
5. А. К. Кикоин, И.К.Кикоин, *Молекулярная физика*, изд.Наука, Москва 1976.
6. Р.В.Телеснин, *Молекулярная физика*, изд. Высшая школа, Москва, 1973.

Дата: 15.01.2021г.

Съставил:

доц. Д-р Веселин Дончев

