

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический институт

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 5 от «12» января 2022г

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой Балапанов М.Х./ 

Балапанов М.Х. 

**Рабочая программа дисциплины**

**Тепловые свойства твердых тел**


Б1.В.ДВ.05.01 дисциплина по выбору

Направление подготовки

**03.04.02. Физика**

Направленность подготовки

**Цифровые технологии в физике функциональных материалов**

<p>Разработчик (составитель) доцент, к.ф.-м.н (должность, ученая степень, ученое звание)</p>	<p> Ишембетов Р.Х. (подпись, Фамилия И.О.)</p>
--	--

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022г

Составитель: Ишембетов Р.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики,  
протокол № 5 от «12» января 2022г

Заведующий кафедрой



/\_Балапанов М.Х.

### **Список документов и материалов (оглавление)**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

#### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций <sup>1</sup> (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ПК-2 Способен самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	ПК-2-1 Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов ...
		ПК-2-2 Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований; ...
	ПК-3 Способен принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	ПК-3-1 Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство
		ПК-3-2 Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепловые свойства твердых тел»» (Б1.В.ДВ.05.01) относится к вариативной части, формируемая участниками образовательных отношений профессионального цикла Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» (квалификация «Магистр»). Для изучения дисциплины «Тепловые свойства твердых тел» необходимо знание основ разделов курсов общей физики: механики, молекулярной физики, электричество и магнетизма. Студенты должны владеть основными законами и понятиями этих разделов, также им необходимо знание дифференциального и интегрального исчисления, умение решать простейшие дифференциальные уравнения; обладать знаниями в области математического анализа, аналитической геометрии.

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине.**

#### **4.1.Перечень компетенций индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

##### Код и формулировка компетенции

ПК-2Способен самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
		Студент набрал от 0 –до 59 баллов	Студент набрал от 60 – до 100 баллов
ПК-2-1 Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	Не знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов
ПК-2-2 Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	В целом не сформированы умения самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;

Код и формулировка компетенции ПК-3 Способен принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство			
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
		Студент набрал от 0 –до 59 баллов	Студент набрал от 60 – до 100 баллов
ПК-3-1 Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Не сформированы основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	Сформированы фундаментальные основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство
ПК-3-2 Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	В целом не сформированы умения принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Полностью сформированы умения принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;

Критериями оценивания освоения компетенций являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	я Оценочные средства
ПК-2-1 Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	Знает проблемы и перспективы научных исследований в области физики функциональных материалов	. практическая работа, контрольная работа, лабораторная работа, защита реферата
ПК-2-2 Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	Умеет самостоятельно ставить задачи научных исследований в области физики функциональных материалов и решать их с применением современного оборудования и современных методов исследований;	практическая работа, контрольная работа, лабораторная работа, защита реферата

Код и наименование	Результаты обучения	я
--------------------	---------------------	---

индикатора достижения компетенции		Оценочные средства
ПК-3-1 Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Знает основы разработки новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	. практическая работа, контрольная работа, лабораторная работа, защита реферата
ПК-3-2 Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство ;	Умеет принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство	практическая работа, контрольная работа, лабораторная работа, защита реферата

### ***Типовые контрольные задания или иные материалы***

Примерные вопросы для зачета:

1. Одномерные колебания однородной струны
2. Упругие волны в монокристаллах.
3. Колебания одноатомной линейной цепочки
4. Колебания одномерной решетки с базисом
5. Колебания атомов трехмерной решетки.
6. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти.
7. Теория теплоемкости Эйнштейна
8. Теория теплоемкости Дебая
9. Фононы. Вывод формулы для теплоемкости.
10. Теплоемкость металлов.
11. Тепловое расширение твердых тел
12. Теплопроводность твердых тел.
13. Теплопроводность диэлектриков.
14. Теплопроводность металлов
15. Закон Видемана -Франца.
16. Экспериментальные методы определения теплоемкости
17. Экспериментальные методы определения теплопроводности.
18. Экспериментальные методы измерения параметров теплового расширения
19. Современные методы измерения теплоемкости, параметров теплового расширения и теплопроводности.

Темы практических занятий

1. Динамика решетки
2. Тепловые свойства.

#### **Тест**

Фонд содержит стандартизированные задания, позволяющие автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося в рамках промежуточного контроля по модулям 1, 2. Промежуточные тесты содержат около 25 задач.. Тесты размещены в компьютерной базе данных БашГУ

Письменная работа.

Письменная работа применяется как средство рубежного контроля по освоению модуля изучаемой дисциплины и состоит из 7-10 заданий, требующих ответа на теоретический

вопрос или решения задачи. Письменная работа рассчитана на 45 минут. Каждое задание оценивается в 2 балла.

### Критерии оценивания заданий письменной работы

2 балла ставится за полный правильный ответ;

1 балл ставится за неполный ответ или ответ, содержащий принципиальные ошибки;

0 баллов ставится за отсутствие ответа или в корне неверный ответ.

### Примеры заданий письменной работы

#### 1. Динамика решетки

1. Определить величину квазиимпульса фонона соответствующего частоте  $\omega = 0,4\omega_{\max}$ . Усредненное значение скорости звука в кристалле  $\langle v \rangle = 2000$  м/с, характеристическая температура Дебая

$\theta_D = 150$  К. Дисперсией звуковых волн в кристалле пренебречь.

**Ответ:**  $P = 4,14 \cdot 10^{-25}$  Н·с.

2. Определить скорость звука в кристалле поваренной соли, зная, что температура Дебая равна 1670 К и  $a = 1,04$  Å.

**Ответ:**  $v = 7,24 \cdot 10^3$  м/с.

3. Определить максимальную энергию фононов, распространяющихся вдоль цепочки атомов с периодом решетки  $a = 2,84$  Å со скоростью звука в кристалле 3000 м/с.

**Ответ:**  $E$

$\max = 3,5 \cdot 10^{-21}$  Дж.

4. Вычислить минимальную длину волны Дебая в титане, если его характеристическая температура 278 К, а скорость распространения звука 6000 м/с.

**Ответ:**  $\lambda_{\min} = 10,35$  Å.

5. Длина волны фонона, соответствующего частоте  $\omega = 0,01\omega_{\max}$ , равна 52 нм. Пренебрегая дисперсией звуковых волн, определить характеристическую температуру Дебая, если усредненное значение скорости звука в кристалле равно 4,8 км/с.

**Ответ:**  $\theta = 443$  К.

6. Найти энергию фонона, соответствующего граничной частоте Дебая, если характеристическая температура Дебая равна 250 К.

**Ответ:**  $E = 3,45 \cdot 10^{-21}$  Дж.

7. Найти отношение средней длины свободного пробега фононов к параметру решетки при комнатной температуре в кристалле хлористого натрия, если коэффициент теплопроводности его при той же температуре равен 71 Вт/м·К, скорость звука 5 км/с, плотность кристалла 2170 кг/м<sup>3</sup>, молярная масса хлора равна 35,46 г/моль, натрия – 29,99 г/моль.

**Ответ:**  $\langle l/a \rangle = 44,8$ .

8. Какова максимальная энергия фононов в кристалле свинца, если его характеристическая температура равна 94 К?

**Ответ:**  $E_{\max} = 8,1 \cdot 10^{-3}$  эВ.

9. Характеристическая температура Дебая для вольфрама равна 310 К, а параметр решетки 3,16 Å. Определить длину волны фононов, соответствующих частоте  $\nu = 0,1\nu_{\max}$ . Вычислить усредненное значение скорости звука в вольфраме, дисперсией волн в кристалле пренебречь.

**Ответ:**  $\lambda = 63,2$  Å;  $v$

#### 2. Тепловые свойства



1. Удельная теплоемкость алюминия при 20 °С равна 896 Дж/(кг·К). Выполняется ли при этой температуре для него закон Дюлонга и Пти?

**Ответ:** не выполняется.

2. Удельные теплоемкости свинца и алюминия при постоянном объеме и температуре 20 °С составляют соответственно 126 и 896 Дж/(кг·К). Молярная масса свинца равна 207,21 г/моль, алюминия – 26,99 г/моль. Вычислить теплоемкости одного моля для каждого из них и сравнить со значениями, полученными по закону Дюлонга и Пти.

**Ответ:**  $(C_V)Al = 24,17$  Дж/моль·град;  $(C_V)Pb = 26,1$  Дж/моль·град.

3. Рассчитать значение теплоемкости твердого тела по теории Эйнштейна.

**Ответ:**

4. Имеется система  $N$  молекул, которые могут находиться в двух различных энергетических состояниях, отличающихся друг от друга значением энергии  $\Delta E$ . Определить теплоемкость такой системы.

**Ответ:**

5. Почему электронная теплоемкость неметаллов практически равна нулю?

6. Показать, что теплоемкость по теории Дебая достигает значения  $3R$  при высоких температурах, когда  $\Theta_D/T \rightarrow 0$ .

7. Показать, что при низких температурах теплоемкость твердого тела по теории Дебая пропорциональна кубу абсолютной температуры.

8. Характеристическая температура золота 170 К. Определить постоянную квазиупругой силы. Молярная масса золота равна 197,2 г/моль.

**Ответ:** 88,7 кг/с<sup>2</sup>.

9. Теплоемкость серебра при 10 К равна 199 Дж/(кмоль К). Определить характеристическую температуру.

**Ответ:**  $\Theta = 213$  К.

10. Найти в общем случае разность теплоемкостей тела при постоянном давлении и постоянном объеме.

**Ответ:**

11. С помощью общих термодинамических соотношений установить связь между коэффициентом объемного расширения, объемной сжимаемостью и термической упругостью твердого тела.

**Ответ:**  $\alpha/\chi = \gamma P$ .

12. Показать, что при низких температурах коэффициенты термического расширения кристаллов стремятся к нулю.

13. Определить изменение внутренней энергии кристалла никеля при нагревании от температуры 0 °С до 200 °С. Масса кристалла составляет 10 г, молярная масса равна 58,69 г/моль.

**Ответ:** 1,70 кДж.

14. Определить теплоту, необходимую для нагревания кристалла NaCl массой  $m = 10$  г на  $\Delta T = 1$  К. Рассмотреть два случая:

1) нагревание происходит от температуры  $T_1 = \Theta_D$ ;

2) нагревание происходит от температуры  $T_2 = 1$  К.

Характеристическую температуру Дебая для NaCl принять равной  $\Theta_D = 320$  К. Молярная масса натрия равна 22,99 г/моль, хлора 35,45 г/моль.

**Ответ:**  $\Theta \Delta 1 = 4,08$  Дж;  $\Theta \Delta 2 = 38$  мкДж.

15. Показать, что если смещение частиц в кристаллической решетке твердого тела подчиняется закону Гука  $F(x) = -\beta x$ , то тепловое расширение отсутствует.

16. Определить энергию и теплоемкость системы, состоящей из  $N = 1025$  классических трехмерных независимых гармонических осцилляторов.

Температура  $T = \Theta_D = 300 \text{ К}$ .

**Ответ:** 124 кДж; 414 Дж/К. 137

17. Определить энергию системы, состоящей из  $N = 1025$  квантовых трехмерных независимых осцилляторов при температуре

$\Theta_E = 300 \text{ К}$ .

**Ответ:** 72,2 кДж.

18. Используя квантовую теорию теплоемкости Эйнштейна, вычислить изменение внутренней энергии одного моля кристалла при нагревании его на  $\Delta T = 2 \text{ К}$  от температуры  $T = 1/2 \Theta_E$ .

**Ответ:** 36 Дж.

19. Определить максимальную частоту собственных колебаний в кристалле золота по теории Дебая. Характеристическая температура

золота  $\Theta_D$

$D = 180 \text{ К}$ .

**Ответ:**  $2,37 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$ .

20. Используя квантовую теорию теплоемкости Дебая, вычислить изменение внутренней энергии одного моля кристалла при нагревании его на  $\Delta T = 2 \text{ К}$  от температуры  $T = 1/2 \Theta_D$ .

**Ответ:** 484,7 Дж.

21. Пользуясь теорией теплоемкости Дебая, определить изменение внутренней энергии одного моля кристалла при нагревании его от нуля до  $T = 0,1 \Theta_D$ . Характеристическую температуру Дебая принять равной 300 К. Считать, что  $T \ll \Theta_D$ .

**Ответ:** 14,54 Дж.

22. Вычислить по теории Дебая нулевую энергию одного моля кристалла меди.

Характеристическая температура  $\Theta_D$  для меди равна 320 К.

**Ответ:**  $2,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .

23. Какова удельная теплоемкость цинка при 100 °С? Молярная масса цинка равна 65,38 г/моль.

**Ответ:**  $0,382 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ .

24. Найти коэффициент объемного расширения  $B$  для анизотропного кристалла, коэффициенты линейного расширения которого по трем взаимно перпендикулярным направлениям составляют  $\alpha_1 = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ ;

$\alpha_2 = 1,10 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ ;  $\alpha_3 = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ .

**Ответ:**  $3,40 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ .

25. Вычислить по теории Эйнштейна нулевую энергию, которой обладает один моль кристалла цинка. Характеристическая температура  $\Theta_E$  для цинка равна 230 К.

**Ответ:**  $2,2 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ .

26. Вычислить среднюю длину свободного пробега фононов в кварце при некоторой температуре, если при той же температуре коэффициент теплопроводности  $\lambda = 13 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , молярная теплоемкость  $C_{\mu} = 44 \text{ кДж/(кмоль}\cdot\text{К)}$  и усредненное значение скорости звука  $v = 5000 \text{ м/с}$ . Плотность кварца  $\rho = 2,65 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф, Физика твердого тела, высшая школа, 2000г.
2. Киттель Введение в физику твердого тела
3. Калин Б.А. Физическое материаловедение т.1. 2007г

### Дополнительная литература:

3. Купрекова Е.И. Физика твердого тела. Сборник заданий: учебное пособие/Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 172 с.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. «Электронная библиотека БашГУ» <https://elib.bashedu.ru>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>
4. Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://elibrary.ru/>
5. Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>
6. Scopus <http://www.scopus.com/>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>);

#### Программное обеспечение:

1. 1. Windows Professional 8 Russian Upgrade OLP NL Academic Edition.
2. 2. Программа для ЭВМ Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition.
3. 3. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).

### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

1. Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	2. Вид занятий	3. Наименование оборудования, программного обеспечения
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Большая физическая аудитория 02</i>	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian.Windows Professional 8 Russian Upgrade.Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.

<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории 318 (физмат корпус)</i>	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
<i>Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)</i>	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УУНиТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Тепловые свойства твердых тел на 2 семестр

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	50,2
лекций	24
практических/ семинарских	24
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	2,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	30,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма контроля:

Контрольная работа, экзамен 2 семестр

•

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всег о	лк	пр	лр	ср			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Модуль I.</b>									
1	Т Одномерные колебания однородной струны Упругие волны в монокристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки еплоемкость. Колебания одномерной решетки с базисом Колебания атомов трехмерной решетки. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна Теория теплоемкости Дебая Фононы. Вывод формулы для теплоемкости. Теплоемкость металлов.	ЛК	12	12		15	Основ.литер. 1.гл.5,6§5.1-5.5 6.1-6.5	Проработка лекций и изучение литературы по теме, подготов. к зачету, оформление лаб. работы	Решение задач Контрольная работа
<b>Модуль2</b>									

2	Тепловое расширение твердых тел Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов Закон Видемана -Франца Экспериментальные методы определения теплоемкости Экспериментальные методы определения теплопроводности. Экспериментальные методы измерения параметров теплового расширения Современные методы измерения теплоемкости, параметров теплового расширения и теплопроводности		12	12		15	Основ.литер. 1.гл.6§6.6- 6.10	Проработка лекций и изучение литературы по теме, подготов. к зачету, оформлениe лаб. работы	Решение задач Контрольная работа тестирование
1			24	245		30,2	8	9	10

