

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Колебания и волны

: 12.03.03

, :

: 2, : 4

		4
1	()	4
2		144
3	, .	85
4	, .	36
5	, .	36
6	, .	0
7	, .	72
8	, .	2
9	, .	11
10	, .	59
11	(, ,)	.
12		

(): 12.03.03

958 03.09.2015 ., : 07.10.2015 .

: 1, ,

(): 12.03.03

, _____ 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

,

:

.

:

. . . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; *в части следующих результатов обучения:*

4. ,

Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов; *в части следующих результатов обучения:*

1.

2.

2.1

--	--

.1. 4 ,	
1.о собственных колебаниях в линейных и нелинейных осцилляторах;	; ;
2.о фазовых траекториях и фазовом портрете колебаний;	; ;
.2. 1	
3.о вынужденных колебаниях в осцилляторах;	; ;
4.об электронной теории дисперсии;	; ;
5.о параметрических колебаниях и параметрическом резонансе;	; ;
.1. 4 ,	
6.о собственных и вынужденных колебаниях в связанных осцилляторах;	; ;
7.об автоколебаниях и лазере как оптической колебательной системе;	; ;
8.о собственных и вынужденных колебаниях в распределенных системах и линиях передачи;	; ;
.2. 1	
9.о распространении волновых процессов в сплошной среде и физической природе дисперсии;	; ;
10.об автоволновых процессах в физических средах;	; ;
11.о преобразовании гауссовых пучков и полях в оптических резонаторах;	; ;
.1. 4 ,	

12. о распространении оптических волн в металлических и диэлектрических световодах;	;	;
13. о влиянии нелинейных эффектов на распространение и преобразование световых полей.	;	;

3.

3.1

	,	.		
: 4				
:				
1.	2	2	1, 2	
4.	2	2	6	
:				
2.	4	4	3, 4	
5.	2	2	6	
:				

3.	2	2	5	
:				
6.	2	2	8	
7.	4	4	8	
8.	2	2	8	
:				
9.	2	2	7	
:				
10.	2	2	9	
11.	2	2	11	

12.	2	2	10	
:				
13.	2	2	12	
:				
14.	2	2	10, 11, 12	
:				
15.	2	2	13	
16.	2	2	13	

3.2

	,	.		
: 4				
:				
1.	4	4	1, 2	
:				

2.	.	4	4	3	,
:					
3.	.	4	4	5	;
:					
4.	.	6	6	6	;
5.	.	4	4	8	,
:					
6.	.	6	6	9	;
:					
7.	.	4	4	12	;
:					
8.	.	4	4	13	,

4.

: 4				
1		4, 6, 7	6	6

, 2004. - 323 .: .				
2		10, 11, 12, 13	8	3
: , 2004. - 323 .: .				
3		1, 2, 3, 4	20	0
, 2004. - 323 .: .				
4		3, 4, 6	0	0
: , 2004. - 323 .: .				
5		6, 7, 8, 9	25	2
: , 2004. - 323 .: .				

5.

(. 5.1).

5.1

5.2

1		.1;
Формируемые умения: 34. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности		
Краткое описание применения: Постоянный контакт со студентами во время лекций через обсуждение материала		

2		.1;
Формируемые умения: 34. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности		
Краткое описание применения: Постоянный контакт со студентами во время лабораторной работы через постановку и решение проблемы		

6.

(),

15-

ECTS.

. 6.1.

: 4		
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Контрольные работы:</i>	13	25
<i>РГЗ:</i>	13	25
<i>Экзамен:</i>	0	40

6.2

.1	4.	+	+	+
.2	1.	+	+	+

1

7.

1. Прикладная оптика : [учебное пособие для вузов, обучающихся по направлению подготовки 200200 - Оптическое приборостроение и оптическим специальностям] / [Л. Г. Бебчук и др.] ; под ред. Н. П. Заказнова. - СПб. [и др.], 2007. - 311, [1] с. : ил.

2. Ландсберг, Г. С. Оптика [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - 6-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 848 с. - ISBN 978-5-9221-0314-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=421053> - Загл. с экрана.

3. Дубнищев Ю. Н. Колебания и волны : [учебное пособие для вузов по направлениям подготовки: "Приборостроение", "Оптическое приборостроение" и др.] / Ю. Н. Дубнищев. - СПб. [и др.], 2011. - 383 с. : граф.

4. Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний : учебник / С. П. Стрелков. - СПб. [и др.], 2005. - 437 с.

1. Хаус Х. А. Волны и поля в оптоэлектронике / Х. Хаус ; пер. с англ. под ред. К. Ф. Шипилова. - М., 1988. - 430 с.

2. Ахманов С. А. Физическая оптика : учебник для вузов по направлению и специальности "Физика" / С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - М., 2004. - 654 с. : ил. - На контртит.: Посвящ. 250-летию Моск. ун-та

3. Мандельштам Л. И. Лекции по теории колебаний / Л. И. Мандельштам. - М., 1972. - 470 с. : схемы

4. Пейн Г. Физика колебаний и волн : [учебное пособие] / Г. Пейн ; пер. с англ. А. А. Колоколова ; под ред. Г. В. Скороцкого. - М., 1979. - 389 с. : табл., схемы

5. Магнус К. Колебания : введение в исследование колебательных систем / К. Магнус ; пер. с нем. В. И. Сидорова, В. В. Филатова ; под ред. В. Д. Смирнова ; предисл. А. Ю. Ишлинского. - М., 1982. - 303 с. : ил.
6. Калинин В. И. Введение в радиофизику : учебное пособие для гос. ун-тов / В. И. Калинин и Г. М. Герштейн ; под ред. В. И. Калинина. - М., 1957. - 660 с.
7. Горелик Г. С. Колебания и волны : Введение в акустику, радиофизику и оптику: Учебное пособие для ун-тов / Г. С. Горелик; Под ред. С. М. Рытова. - М., 1959. - 572 с. : ил.
8. Рабинович М. И. Введение в теорию колебаний и волн : [учебное руководство для вузов] / М. И. Рабинович, Д. И. Трубецков. - М., 1992. - 456 с. : ил.
9. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 4. Оптика : Для физ. спец. вузов. - М., 1985. - 751 с.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8.

8.1

1. Дубнищев Ю. Н. Колебания и волны : Учебное пособие / Ю. Н. Дубнищев; Новосиб гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 323 с. : ил.

8.2

- 1 Mozilla Firefox
- 2 Microsoft Office

9.

1	ADS-2221MV	" "

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Колебания и волны приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	34. знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	Автоколебания. Осцилляторный и накопительный типы автоколебательных систем. Баланс энергии и фазовый портрет. Вырожденные автоколебательные системы. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний. Лазер как автоколебательная система. Влияние нелинейных эффектов на распространение световых полей. Взаимодействие света со средой с квадратичной нелинейностью. Эффект оптического детектирования. Параметрическое усиление света. Вынужденные колебания. Колебания в электрически связанных контурах. Резонансные свойства связанных контуров. Энергетические соотношения в условиях резонанса. Электрический фильтр-пробка и его механический аналог. Колебания в длинных линиях. Линии передач без потерь. Линии передачи с потерями. Волновое сопротивление линии. Отражение от конца линии передачи. Резонансные свойства линий передач. Неискажающая линия. Колебания в кристаллических структурах. Дебаевский и борновский спектры. Переход от дискретной системы связанных осцилляторов к сплошной среде. Физическая природа дисперсии в дискретных и сплошных средах. Колебания в распределенных системах и кристаллических структурах. Колебания в распределенных системах. Распределенные колебательные системы с ограничением собственных частот сверху. Распределенные колебательные системы с ограничением собственных частот снизу. Вынужденные колебания в распределенных	Контрольные работы РГЗ	Экзамен, вопросы 1-15

		<p>системах. Понятие о фильтрах Распространение световых волн в диэлектрическом волноводе. Модовая структура. Влияние дисперсии на распространение световых волн. Влияние дисперсии на распространение оптического импульса. Двулучепреломляющие оптические волноводы. Распространение электромагнитных полей в металлических световодах. Структура поля в волноводе. Условие синхронизации фаз. Колебательные моды. Световые волны в линейных средах. Понятие об электронной дисперсии. Оценка дисперсионных свойств плазмы. Световое давление. Свободные колебания в осцилляторах. Затухающие колебания. Гармонические колебания. Энергия колебаний. Добротность. Электромеханическая аналогия. Фазовые траектории и фазовый портрет. Адиабатический инвариант. Понятие о собственных колебаниях нелинейных осцилляторов. Свободные колебания в связанных осцилляторах. Нормальные координаты, степени свободы и моды колебаний. Энергия. Осцилляторы с инерциальной (индуктивной) связью. Осцилляторы, связанные через жесткость (емкость).</p>		
<p>ПК.2/НИ готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>	<p>у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>	<p>Автоволновые процессы. Базовые модели автоволновых систем. Фазировка автоколебаний в однородных системах. Волны, пучки и лучи в оптике. Фазовая и групповая скорости. Параксиальное волновое уравнение. Гауссовы пучки и их преобразования. Оптические резонаторы. Вынужденные колебания. Импеданс колебательной системы. Реактивная и активная компоненты импеданса. Резонанс смещения. Резонанс скорости. Энергия. Добротность. Резонансные явления в последовательном и в параллельном контурах. Параметрические колебания. Энергия параметрических колебаний. Параметрический резонанс. Фазовые траектории параметрических колебаний осциллятора. Понятие о волновых процессах. Волны в сплошной среде. Импеданс</p>	<p>Контрольные работы РГЗ,</p>	<p>Экзамен, вопросы 16-30</p>

		среды. Преобразование волн на границе двух сред. Согласование импедансов. Распространение световых волн в диэлектрическом волноводе. Модовая структура. Влияние дисперсии на распространение световых волн. Влияние дисперсии на распространение оптического импульса. Двухлучепреломляющие оптические волноводы.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.2/НИ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.1, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Колебания и волны», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: из приведенного ниже списка выбирается два вопроса. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Колебания и волны»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) _____ (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает

характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 30 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Колебания и волны»

1. Гармонические колебания. Математический маятник (смещение, скорость, ускорение, энергия). Представление на векторной диаграмме решений дифференциального уравнения, описывающего осциллятор.
2. Параметрическое усиление световых волн.
3. Затухающие колебания. Аperiodический процесс. Критическое затухание. Колебательный процесс. Параметры, описывающие затухающие колебания (логарифмический декремент затухания, постоянная времени затухания, энергия, добротность). Электромеханическая аналогия.
4. Световые поля в нелинейных средах. Взаимодействие света с квадратично нелинейной средой.
5. Фазовая плоскость, фазовые траектории и фазовый портрет. Особые точки (центр, фокус, узел, седло). Адиабатический инвариант.
6. Взаимодействие света с акустическими волнами.
7. Нелинейный осциллятор. Связь возвращающей силы и потенциальной энергии. Фазовый портрет нелинейного осциллятора.
8. Световое давление.
9. Вынужденные колебания. Импеданс осциллятора. Зависимость амплитуды и фазы скорости от частоты внешней силы.
10. Эффект Зеемана.
11. Вынужденные колебания. Зависимость амплитуды и фазы смещения от частоты. Резонанс смещения. Структура смещения.
12. Импеданс среды. Отражение и прохождение волн на границе двух сред. Отражение и прохождение энергии волн на границе двух сред. Согласование импедансов. Связь коэффициента преломления среды с её импедансом.
13. Энергия. Мощность, передаваемая осциллятору внешней силой. Диссипированная мощность. Резонансная кривая. Определение добротности осциллятора через ширину резонансной кривой. Добротность как коэффициент резонансного усиления.
14. Световые волны. Фазовая и групповая скорость.
15. Параметрические колебания в колебательном контуре. Параметрические колебания математического маятника. Параметрический резонанс. Энергия параметрических колебаний. Фазовые траектории параметрических колебаний.
16. Резонансные явления в параллельном контуре.
17. Электромеханическая аналогия. Резонансные явления в последовательном колебательном контуре.
18. Понятие об электронной дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия. Контур

Лоренца. Рассеяние световых волн на атоме (молекуле) как осцилляторе. Рэлеевское рассеяние. Рассеяние Томсона.

19. Свободные колебания в связанных осцилляторах. Осцилляторы, связанные через жёсткость. Нормальные моды колебаний. Энергия. Энергия нормальных мод колебаний. Энергия колебаний в естественных координатах. Обменная энергия.
20. Взаимодействие света с кубически нелинейной средой. Световое эхо.
21. Определение частот нормальных мод колебаний. Система из двух маятников, связанных через жёсткость, имеющих одинаковые массы. Система из двух маятников, связанных через жёсткость, имеющих разные массы. Электромеханическая аналогия.
22. Структура автоколебательной системы. Фазовый портрет. Мягкий и жёсткий режим возбуждения колебаний.
23. Осциллятор, состоящий из двух масс с упругой связью как модель двухатомной молекулы. Система из двух осцилляторов с инерциальной связью как модель трёхатомных молекул. Электромеханическая аналогия.
24. Одномерная модель распределённой системы осцилляторов с известной собственной частотой колебаний. Уравнение Клейна–Гордона. Переход к сплошной среде. Понятие о временной и пространственной дисперсии.
25. Распределённая колебательная система с ограничением собственных частот сверху. Поперечные колебания. Электрический аналог системы.
26. Фазовая и групповая скорость.
27. Распределённая колебательная система с ограничением собственных частот снизу. Понятие о фильтрах. Переход от дискретной распределённой системы к сплошной среде.
28. Эффект Зеемана.
29. Колебания в линейной кристаллической решётке, состоящей из двух сортов атомов. Дебаевская (акустическая) и борновская (оптическая) ветви колебаний.
30. Световое давление.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Колебания и волны», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по Колебания и волны, включает 5 заданий. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если решено меньше 3 задач и отсутствует решение в двух. Оценка составляет **10** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если решены три задачи. Оценка составляет **13** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если решены четыре задачи. Оценка составляет **17** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если решены все задачи. Оценка составляет **25**баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Маятниковые и электронные часы на поверхности Земли показывают одинаковое время. Сравните показания этих часов за сутки в случаях, когда они подняты на высоту 1 км и опущены на глубину 1 км.
2. Упругий мячик движется вертикально под действием силы тяжести, отскакивая от горизонтального стола. Нарисовать график зависимости смещения от времени и фазовый портрет колебаний.
3. Частица массы m находится в одномерном силовом поле, где её потенциальная энергия зависит от координаты x как $U(x) = U_0(1 - \cos ax)$, где U_0 и a – положительные постоянные. Найти период малых колебаний частицы около положения равновесия.
4. Определить положительную мощность вынужденных колебаний, $\langle P \rangle / \langle P \rangle_{\max}$, как функцию добротности осциллятора.
5. Для резонансного обнаружения малых вынуждающих сил используется кристалл сапфира, добротность которого $Q = 10^9$ и частота собственных колебаний $\omega_0 = 10^4$ Гц. Определить время, в течение которого в монокристалле устанавливаются стационарные колебания с момента воздействия вынуждающей силы.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Колебания и волны», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать параметры колебательной системы, приведенной в задании.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны рассчитать параметры и характеристики системы, построить графики зависимостей.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 25 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. К абсолютно упругой стене, наклонённой под углом α к направлению силы тяжести, подвешен математический маятник с длиной нити подвеса l . Определить частоту колебаний маятника, если его начальное отклонение φ_0 в плоскости, ортогональной к стене, больше α . Построить фазовый портрет маятника.
2. К абсолютно упругой стене, наклонённой под углом α к направлению силы тяжести, подвешен математический маятник с длиной нити подвеса l . Определить частоту колебаний маятника, если его начальное отклонение φ_0 в плоскости, ортогональной к стене, больше α . Построить фазовый портрет маятника.
3. В механическом осцилляторе амплитуды скорости движения тела массой m в режиме вынужденных колебаний на частотах ω_1 и ω_2 оказались одинаковыми. Определить резонансную частоту осциллятора и коэффициент жёсткости s пружины.
4. Определить постоянные межатомного взаимодействия для молекулы CO_2 , нормальные моды колебаний приведены в таблице:

1)		$\frac{\omega_1}{2\pi} = 4,16 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$
2)		$\frac{\omega_2}{2\pi} = 7,05 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$
3)		$\frac{\omega_3}{2\pi} = 2 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$

5. Два тела с массами M и m , связанные пружиной с жёсткостью s , находятся на плоскости и могут скользить по ней без трения. На тело с массой M действует сила $F_0 \sin \omega t$, направленная параллельно плоскости. При какой частоте ω тела массой M будут оставаться неподвижным?
6. Определить, насколько резонансная частота отличается от частоты $\nu_0=1$ кГц собственных колебаний системы, характеризуемой коэффициентом затухания $\gamma = 400 \text{ с}^{-1}$.
7. Некоторая резонансная кривая соответствует осциллятору с логарифмическим декрементом $\varepsilon=1,6$. Найти для этой кривой отношение максимальной амплитуды смещения к амплитуде смещения при очень низкой частоте.
8. Материальная точка (шарик) движется между параллельными стенками со скоростью v , направленной перпендикулярно к стенкам. Расстояние L между стенками медленно меняется (с постоянной скоростью V). Найти зависимость скорости шарика от расстояния между стенками.
9. Найти зависимость амплитуды колебаний математического маятника от времени при условии, что его длина медленно меняется со временем: $l = l(t)$.
10. Имеются два оптических резонатора (конфокальный и Фабри–Перо) с одинаковым расстоянием между зеркалами. Найти зависимость отношения добротностей этих резонаторов от коэффициента отражения зеркал при заданной длине волны λ светового поля.
11. На зеркальную поверхность площадью $s = 5 \text{ см}^2$ падает нормально поток излучения $\Phi_e = 0,88 \text{ Вт}$. Определить давление P и силу давления F на эту поверхность.