

Задание  
для  
расчетно-графической работы  
по физике  
«Колебания и волны»  
для студентов 2 курса  
инженерно-технологического факультета

## Оглавление

Часть I. КОЛЕБАНИЯ .....	3
Задание для конспекта №1 .....	3
Задача №1 .....	4
Задача №2 .....	10
Задача №3 .....	12
Часть II. ВОЛНЫ .....	17
Задание для конспекта №2 .....	17
Задача №4 .....	18
Задача №5 .....	19
Задача №6 .....	20

## ВВЕДЕНИЕ

В расчетно-графическую работу по двум модулям «Колебания» и «Волны» входят два конспекта и шесть задач. В первый модуль входит один конспект и три задачи, во второй – также. В помощь студенту для каждого конспекта составлен план. Задачи расчетно-графической работы формируются по темам практических занятий и становятся обязательной частью домашней работы студента.

Обратите внимание, что в задачах и конспектах выделяются требования для базового уровня и повышенного уровня освоения методов решения задач. При этом задача №6 решается только на повышенном уровне, а в задаче №2 не выделяются базовый и повышенный уровень (эту задачу необходимо решить всем).

## Часть I. КОЛЕБАНИЯ

### Задание для конспекта №1

Подготовьте конспект по темам: **Сложение колебаний; сложение двух однонаправленных гармонических колебаний, биения; сложение взаимноперпендикулярных колебаний, фигуры Лиссажу** (литература для конспектирования: Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, позднее 2005 г.. – С. 365 – 370 или другая аналогичная литература).

*Внимание! Ниже приведен план конспекта, при этом вопросы плана можно использовать для самопроверки (при подготовке РГР не вовремя достаточно ответить только на вопросы базового уровня):*

Уровни знаний	Соответствующие вопросы
Базовый уровень знаний (вопросы 1-7, на «удовлетворительно»)	Вводная тема: « <b>Сложение гармонических колебаний</b> »
	1. Что понимают под <b>сложением колебаний</b> ? Какие существуют «предельные» случаи сложения колебаний ( <i>определения, примеры</i> )?
	2. Как математически представить уравнения двух колебаний, которые будут складываться? Как математически представить <b>уравнение результирующего колебания</b> ( <i>запишите уравнения и объясните, какие величины входят в эти уравнения</i> )?
	3. Чему равна <b>разность фаз</b> двух <b>гармонических колебаний</b> ( <i>запишите формулу и объясните, какие величины входят в эту формулу</i> )?
	Тема: « <b>Сложение двух однонаправленных гармонических колебаний</b> »
4. Что такое <b>когерентные колебания</b> , что происходит с их разностью фаз с течением времени?	
5. Чему равна <b>разность фаз</b> двух <b>когерентных гармонических колебаний</b> ( <i>запишите формулу вопроса №3 и преобразуйте ее с учетом того, что частота</i>	

	<p><i>когерентных колебаний одинакова, объясните, какие величины входят в «конечную» формулу)?</i></p> <p>6. Если уравнение результирующего колебания записать в виде <math>\xi = A \cdot \sin(\omega t + \phi_0)</math>, то, как определить для этого уравнения <b>амплитуду результирующего колебания</b> и его <b>начальную фазу</b> (с помощью каких формул находят их, какие величины входят в эти формулы)?</p> <p>7. В чем заключается <b>метод векторных диаграмм</b> (его сущность, графическая иллюстрация, пример применения)?</p>
<p>Программный уровень знаний (в сумме с базовым уровнем знаний включает вопросы 1-12, на «хорошо» или «отлично»)</p>	<p>8. Что такое <b>биение</b>? В каких пределах изменяется <b>амплитуда биений</b>? Что такое <b>циклическая частота биений</b> и <b>период биений</b> (запишите формулы для определения этих величин)? Как графически изобразить биения в случае наложения колебаний с равными амплитудами?</p> <p>9. Как можно представить <b>любое сложное периодическое колебание</b> (запишите формулу, какие величины входят в эту формулу)? Что называют разложением в ряд Фурье? Что понимают под спектром колебаний?</p>
	<p>Тема: «<b>Сложение взаимно перпендикулярных гармонических колебаний</b>»</p>
	<p>10. Как записать <b>уравнения траектории результирующего колебания</b> в случае, когда данные траектории представляют собой эллипс и окружность (запишите уравнения и объясните, какие величины входят в уравнения)?</p> <p>11. Если наблюдается сложение взаимно перпендикулярных колебаний точки М с частотами, кратными наименьшей частоте <math>x = A_1 \cdot \sin(p\omega t + \phi_1)</math> и <math>y = A_2 \cdot \sin(q\omega t + \phi_2)</math> (научитесь записывать эти уравнения), то через какие промежутки времени повторятся значения координат <math>x</math> и <math>y</math> колеблющейся точки? Какой вид может иметь траектория точки М?</p> <p>12. Что такое <b>фигура Лиссажу</b>, какую траекторию характеризует, как графически ее построить, приведите пример фигуры Лиссажу для случая <math>p:q=2:1</math>?</p>

### Задача №1

Груз массой  $m$  осторожно прикрепляют к концу свободно висящей пружины жесткостью  $k$ . Когда груз отпускают, он движется вниз и смещается (всегда!) на расстояние  $2A$  (где  $A$  – это амплитуда), а затем начинает колебаться. Из условия

равновесия груза на пружине можно найти смещение груза.

Период колебаний груза на пружине равен  $T$ . Начальный момент времени выбран такой, что начальная фаза гармонического колебания груза равна  $\varphi_0$ . Часть из указанных величин ( $m, k, T, \varphi_0$ ) имеют числовое значение (оно указано в табл.1.), а часть из этих величин – необходимо найти, то есть должны быть определены все эти величины и другие.

### **Задания базового уровня:**

1. Необходимо *определить* одну из величин  $m, k, T$ , числовое значение которой неизвестно (она отмечена в строке Вашего задания знаком «?»).

2. Кроме этого необходимо *исследовать колебание груза на пружине*, для этого

2.1) *определите амплитуду* колебания (рассматривая момент времени, когда груз на пружине проходит точку равновесия и учитывая то, что **в начальный момент времени** груз свободно отпускают на еще недеформированной пружине, см. условие задачи);

2.2) *определите циклическую частоту* колебания груза;

2.3) *определите частоту* колебания груза на пружине.

2.4) *запишите с числовыми коэффициентами уравнение колебаний груза на пружине  $x(t)$ , уравнения колебаний его скорости  $v(t)$  и ускорения  $a(t)$* , а также уравнение колебания силы  $F(t)$ , действующей на груз;

2.5) *постройте график колебаний груза на пружине* (на графике должна быть представлена зависимость смещения груза на пружине от времени).

3. А также *определите кинематические характеристики* колебания груза в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ , для этого

3.1) *определите смещение груза  $x_1$  и момент времени  $t_1$* , в который смещение груза станет равным  $x_1$  (Внимание! В варианте Вашего задания числовое значение одной из этих величин задано в табл.1, а значение второй не задано, вместо ее значения изображен знак «?», ее значение надо определить двумя способами – аналитически и графически);

3.2) *определите скорость груза  $v_2$  и момент времени  $t_2$* , в который скорость груза станет равной  $v_2$  (Внимание! В варианте Вашего задания числовое значение одной из этих величин задано в табл.1, а значение второй не задано, вместо ее значения изображен знак «?», ее значение надо определить одним способом – аналитически).

### **Задания повышенного уровня:**

4. *Графически определите одну из динамических характеристик* колебания груза на пружине для момента времени  $t_3$ , для этого

4.1) *постройте график изменения с течением времени той энергии груза на пружине* (кинетической  $W_k$  или потенциальной  $W_{п}$ ), которая указана в табл.№1 для Вашей группы и Вашего варианта в столбце под словом «График»;

4.2) *определите по графику кинетическую (или потенциальную энергию)* в момент времени  $t_3$ ;

4.3) для проверки полученного значения энергии

- *определите полную энергию колебаний груза на пружине*,

- *определите* значение той энергии (кинетической  $W_K$  или потенциальной  $W_P$ ), которую Вы не определяли по графику,
- *определите* их разность и сравните полученное значение с результатом, полученным с помощью графика.

Таблица №1 для группы №1

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\varphi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
1	100	?	3,14	$\pi/3$	3	?	?	6	$W_K$	T/6
2	?	0,025	2,94	$-\pi/6$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/12
3	80	?	4,05	$\pi/4$	?	2,8	3	?	$W_K$	T/8
4	?	0,012	6,28	$-\pi/3$	?	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/12
5	120	?	4,78	$\pi/6$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/24
6	?	0,25	2,052	$-\pi/4$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/16
7	240	?	6,36	$\pi/3$	?	6	?	0,8	$W_K$	T/3
8	?	0,5	2,09	$-\pi/6$	?	1	3,5	?	$W_{\Pi}$	T/6
9	160	?	6,28	$\pi/4$	?	2,5	?	2	$W_K$	T/4
10	?	0,125	4,75	$-\pi/3$	?	6	?	1	$W_{\Pi}$	T/18
11	200	?	2,05	$\pi/6$	4	?	?	2,8	$W_K$	T/24
12	?	0,062	3,9	$-\pi/4$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/24
13	124	?	1,062	$\pi/3$	?	0,8	5	?	$W_K$	T/2
14	?	0,15	3,14	$-\pi/6$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/4
15	164	?	6,28	$\pi/4$	?	1,5	?	1,6	$W_K$	T/2
16	?	0,2	2,052	$-\pi/3$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/3
17	150	?	3,9	$\pi/6$	?	2	?	1	$W_K$	T/2
18	?	0,6	4,78	$-\pi/4$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/8

Таблица №1 для группы №1 (продолжение)

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\varphi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
19	?	0,012	3,14	$-\pi/6$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/8
20	120	?	2,94	$\pi/4$	?	2	?	1	$W_K$	T/12
21	?	0,25	4,05	$-\pi/3$	?	2,8	3	?	$W_{\Pi}$	T/24
22	240	?	6,28	$\pi/6$	?	1,5	?	1,6	$W_K$	T/16
23	?	0,5	4,78	$-\pi/4$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/3
24	160	?	2,052	$\pi/3$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/6
25	?	0,125	6,36	$-\pi/6$	?	6	?	0,8	$W_{\Pi}$	T/4
26	200	?	2,09	$\pi/4$	?	1	3,5	?	$W_K$	T/18
27	100	0,062	?	$-\pi/3$	?	2,5	?	2	$W_{\Pi}$	T/24

Резервные задачи

10	124	?	4,75	$\pi/6$	?	6	?	1	$W_K$	T/24
11	?	0,15	2,05	$-\pi/4$	4	?	?	2,8	$W_{\Pi}$	T/2
12	164	?	3,9	$\pi/3$	?	2	?	1	$W_K$	T/4
13	?	0,2	1,062	$-\pi/6$	?	0,8	5	?	$W_{\Pi}$	T/2
14	150	?	3,14	$\pi/4$	3	?	?	6	$W_K$	T/3
15	?	0,6	6,28	$-\pi/3$	?	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/2
16	100	?	2,052	$\pi/6$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/8
17	?	0,025	3,9	$-\pi/4$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/6
18	80	?	4,78	$\pi/3$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/12

Таблица №1 для группы №2

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\Phi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
1	?	0,025	3,14	$-\pi/3$	3	?	?	6	$W_K$	T/8
2	80	?	2,94	$\pi/6$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/12
3	?	0,012	4,05	$-\pi/4$	?	2,8	3	?	$W_K$	T/24
4	120	?	6,28	$\pi/3$	?	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/16
5	?	0,25	4,78	$-\pi/6$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/3
6	240	?	2,052	$\pi/4$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/6
7	?	0,5	6,36	$-\pi/3$	?	6	?	0,8	$W_K$	T/4
8	160	?	2,09	$\pi/6$	?	1	3,5	?	$W_{\Pi}$	T/18
9	90	0,125	?	$-\pi/4$	?	2,5	?	2	$W_K$	T/24
10	200	?	4,75	$\pi/3$	?	6	?	1	$W_{\Pi}$	T/24
11	?	0,062	2,05	$-\pi/6$	4	?	?	2,8	$W_K$	T/2
12	124	?	3,9	$\pi/4$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/4
13	?	0,15	1,062	$-\pi/3$	?	0,8	5	?	$W_K$	T/2
14	164	?	3,14	$\pi/6$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/3
15	?	0,2	?	$-\pi/4$	?	1,5	?	1,6	$W_K$	T/2
16	150	?	2,052	$\pi/3$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/8
17	?	0,6	3,9	$-\pi/6$	?	2	?	1	$W_K$	T/6
18	100	?	4,78	$\pi/4$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/12

Таблица №1 для группы №2 (продолжение)

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\Phi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
19	80	?	3,14	$\pi/6$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/12
20	?	0,025	2,94	$-\pi/4$	?	2	?	1	$W_K$	T/24
21	120	?	4,05	$\pi/3$	?	2,8	3	?	$W_{\Pi}$	T/16
22	?	0,012	6,28	$-\pi/6$	?	1,5	?	1,6	$W_K$	T/3
23	240	?	4,78	$\pi/4$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/6
24	?	0,25	2,052	$-\pi/3$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/4
25	160	?	6,36	$\pi/6$	?	6	?	0,8	$W_{\Pi}$	T/18
26	?	0,5	2,09	$-\pi/4$	?	1	3,5	?	$W_K$	T/24
27	200	?	6,28	$\pi/3$	?	2,5	?	2	$W_{\Pi}$	T/24

## Резервные задачи

10	?	0,125	4,75	$-\pi/6$	?	6	?	1	$W_K$	T/2
11	124	?	2,05	$\pi/4$	4	?	?	2,8	$W_{\Pi}$	T/4
12	?	0,062	3,9	$-\pi/3$	?	2	?	1	$W_K$	T/2
13	164	?	1,062	$\pi/6$	?	0,8	5	?	$W_{\Pi}$	T/3
14	?	0,15	3,14	$-\pi/4$	3	?	?	6	$W_K$	T/2
15	150	?	3.14	$\pi/3$	?	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/8
16	?	0,2	2,052	$-\pi/6$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/6
17	100	?	3,9	$\pi/4$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/12
18	?	0,6	4,78	$-\pi/3$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/8

Таблица №1 для группы №3

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\Phi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
1	?	0,012	3,14	$-\pi/4$	3	?	?	6	$W_K$	T/24
2	80	?	2,94	$\pi/3$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/16
3	?	0,25	4,05	$-\pi/6$	?	2,8	3	?	$W_K$	T/3
4	120	?	?	$\pi/4$	?	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/6
5	?	0,5	4,78	$-\pi/3$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/4
6	240	?	2,052	$\pi/6$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/18
7	?	0,125	6,36	$-\pi/4$	?	6	?	0,8	$W_K$	T/24
8	160	?	2,09	$\pi/3$	?	1	3,5	?	$W_{\Pi}$	T/24
9	?	0,062	?	$-\pi/6$	?	2,5	?	2	$W_K$	T/2
10	200	?	4,75	$\pi/4$	?	6	?	1	$W_{\Pi}$	T/4
11	?	0,15	2,05	$-\pi/3$	4	?	?	2,8	$W_K$	T/2
12	124	?	3,9	$\pi/6$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/3
13	?	0,2	1,062	$-\pi/4$	?	0,8	5	?	$W_K$	T/2
14	164	?	3,14	$\pi/3$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/8
15	?	0,6	?	$-\pi/6$	1,2	1,5	?	1,6	$W_K$	T/6
16	150	?	2,052	$\pi/4$	0,1	?	?	2.	$W_{\Pi}$	T/12
17	?	0,025	3,9	$-\pi/3$	?	2	?	1	$W_K$	T/8
18	100	?	4,78	$\pi/6$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/12

Таблица №1 для группы №3 (продолжение)

Вариант	m, г	k, Н/м	T, с	$\Phi_0$	$x_1$ , см	$t_1$ , с	$V_2$ , см/с	$t_2$ , с	«График»	$t_3$
1	240	?	3,14	$\pi/4$	3	?	?	6	$W_{\Pi}$	T/16
2	?	0,025	2,94	$-\pi/3$	?	2	?	1	$W_K$	T/3
3	160	?	4,05	$\pi/6$	?	2,8	3	?	$W_{\Pi}$	T/6
4	?	0,012	?	$-\pi/4$	1,2	1,5	?	1,6	$W_K$	T/4
5	200	?	4,78	$\pi/3$	?	4	?	0,4	$W_{\Pi}$	T/18
6	?	0,25	2,052	$-\pi/6$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/24
7	124	?	6,36	$\pi/4$	?	6	?	0,8	$W_{\Pi}$	T/24
8	?	0,5	2,09	$-\pi/3$	?	1	3,5	?	$W_K$	T/2
9	164	?	3.14	$\pi/6$	2	2,5	?	2	$W_{\Pi}$	T/4
10	?	0,125	4,75	$-\pi/4$	?	6	?	1	$W_K$	T/2
11	150	?	2,05	$\pi/3$	4	?	?	2,8	$W_{\Pi}$	T/3
12	?	0,062	3,9	$-\pi/6$	?	2	?	1	$W_K$	T/2
13	100	?	1,062	$\pi/4$	?	0,8	5	?	$W_{\Pi}$	T/8
14	?	0,15	3,14	$-\pi/3$	3	?	?	6	$W_K$	T/6
15	80	?	6.28	$\pi/6$	1,2	1,5	?	1,6	$W_{\Pi}$	T/12
16	?	0,2	2,052	$-\pi/4$	0,1	?	?	2.	$W_K$	T/8
17	120	?	3,9	$\pi/3$	?	2	?	1	$W_{\Pi}$	T/12
18	?	0,08	4,78	$-\pi/6$	?	4	?	0,4	$W_K$	T/24

## Задача №2

**(Внимание! Задача №2 является продолжением задачи №1, то есть все, полученные в первой задаче данные можно использовать в этой задаче)**

Колебания груза на пружине (см. первое задание выше) начинают затухать. Наблюдать их затухание начинают в тот момент, когда амплитуда колебаний становится равной  $A_1$  (см. вариант Вашего задания в табл.2), примем для исследования затухания колебаний этот момент времени за начальный. Обозначим через  $\beta$  – коэффициент затухания,  $\delta$  – логарифмический декремент затухания груза,  $T$  – «условный» период колебаний груза,  $\tau$  – время релаксации,  $t_n$  – время, за которое амплитуда колебаний уменьшится в  $n$  раз (за это время должно произойти  $N$  «полных» колебаний груза). **Определите** неизвестные из величин  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $T$ ,  $\tau$ ,  $t_n$ ,  $n$ ,  $N$ , отмеченные в таблице №2 знаком вопроса «?» (см. табл. №2 для Вашей группы и Вашего варианта).

Таблица №2 для группы №1

№	$A_1$	$\beta, c^{-1}$	$\delta$	$T, c$	$\tau, c$	$t_n, c$	$n$	$N$
1	$A_0/1,1$	0,75	?	?	?	?	10	?
2	$A_0/1,2$	?	?	?	5	?	8	?
3	$A_0/1,3$	0,3	?	?	?	?	5	?
4	$A_0/1,4$	?	?	?	6	?	4	?
5	$A_0/1,5$	0,25	?	?	?	?	6	?
6	$A_0/1,6$	?	?	?	10	?	12	?
7	$A_0/1,5$	0,6	?	?	?	?	10	?
8	$A_0/1,2$	?	?	?	30	?	8	?
9	$A_0/1,4$	0,55	?	?	?	?	14	?
10	$A_0/1,0$	?	?	?	25	?	5	?
11	$A_0/1,2$	0,34	?	?	?	?	4	?
12	$A_0/1,3$	?	?	?	20	?	6	?
13	$A_0/1,4$	0,5	?	?	?	?	7	?
14	$A_0/1,5$	?	?	?	12	?	9	?
15	$A_0/1,6$	0,64	?	?	?	?	12	?
16	$A_0/1,1$	?	?	?	8	?	10	?
17	$A_0/1,3$	0,84	?	?	?	?	3	?
18	$A_0/1,0$	?	?	?	24	?	8	?

Таблица №2 для группы №1 (продолжение)

№	$A_1$	$\beta, c^{-1}$	$\delta$	$T, c$	$\tau, c$	$t_n, c$	$n$	$N$
19	$A_0/1,1$	?	?	?	10	?	10	?
20	$A_0/1,2$	0,2	?	?	?	?	8	?
21	$A_0/1,3$	?	?	?	16	?	5	?
22	$A_0/1,4$	0,15	?	?	?	?	4	?
23	$A_0/1,5$	?	?	?	5	?	6	?
24	$A_0/1,6$	0,08	?	?	?	?	12	?
25	$A_0/1,5$	?	?	?	8	?	10	?
26	$A_0/1,2$	0,9	?	?	?	?	8	?
27	$A_0/1,4$	?	?	?	6	?	14	?

Резервные задачи

10	$A_0/1,0$	0,42	?	?	?	?	5	?
11	$A_0/1,2$	?	?	?	4	?	4	?
12	$A_0/1,3$	0,28	?	?	?	?	6	?
13	$A_0/1,4$	?	?	?	18	?	7	?
14	$A_0/1,5$	0,24	?	?	?	?	9	?

15	A <sub>0</sub> /1,6	?	?	?	36	?	12	?
16	A <sub>0</sub> /1,1	0,72	?	?	?	?	10	?
17	A <sub>0</sub> /1,3	?	?	?	25	?	3	?
18	A <sub>0</sub> /1,0	0,36	?	?	?	?	8	?

Таблица №2 для группы №2

№	A <sub>1</sub>	β, с <sup>-1</sup>	δ	T, с	τ, с	t <sub>н</sub> , с	n	N
1	A <sub>0</sub> /1,1	0,82	?	?	?	?	8	?
2	A <sub>0</sub> /1,2	?	?	?	18	?	5	?
3	A <sub>0</sub> /1,3	0,34	?	?	?	?	3	?
4	A <sub>0</sub> /1,4	?	?	?	16	?	6	?
5	A <sub>0</sub> /1,5	0,5	?	?	?	?	4	?
6	A <sub>0</sub> /1,6	?	?	?	14	?	10	?
7	A <sub>0</sub> /1,5	0,51	?	?	?	?	9	?
8	A <sub>0</sub> /1,2	?	?	?	24	?	12	?
9	A <sub>0</sub> /1,4	0,38	?	?	?	?	20	?
10	A <sub>0</sub> /1,0	?	?	?	34	?	6	?
11	A <sub>0</sub> /1,2	0,4	?	?	?	?	8	?
12	A <sub>0</sub> /1,3	?	?	?	18	?	12	?
13	A <sub>0</sub> /1,4	0,6	?	?	?	?	6	?
14	A <sub>0</sub> /1,5	?	?	?	4	?	8	?
15	A <sub>0</sub> /1,6	0,52	?	?	?	?	3	?
16	A <sub>0</sub> /1,1	?	?	?	10	?	4	?
17	A <sub>0</sub> /1,3	0,26	?	?	?	?	5	?
18	A <sub>0</sub> /1,0	?	?	?	30	?	6	?

Таблица №2 для группы №2 (продолжение)

№	A <sub>1</sub>	β, с <sup>-1</sup>	δ	T, с	τ, с	t <sub>н</sub> , с	n	N
19	A <sub>0</sub> /1,1	?	?	?	20	?	4	?
20	A <sub>0</sub> /1,2	0,8	?	?	?	?	22	?
21	A <sub>0</sub> /1,3	?	?	?	18	?	24	?
22	A <sub>0</sub> /1,4	0,6	?	?	?	?	25	?
23	A <sub>0</sub> /1,5	?	?	?	8	?	12	?
24	A <sub>0</sub> /1,6	0,4	?	?	?	?	10	?
25	A <sub>0</sub> /1,5	?	?	?	9	?	3	?
26	A <sub>0</sub> /1,2	0,08	?	?	?	?	6	?
27	A <sub>0</sub> /1,4	?	?	?	24	?	4	?

Резервные задачи

10	A <sub>0</sub> /1,0	0,55	?	?	?	?	7	?
11	A <sub>0</sub> /1,2	?	?	?	15	?	5	?
12	A <sub>0</sub> /1,3	0,34	?	?	?	?	14	?
13	A <sub>0</sub> /1,4	?	?	?	10	?	4	?
14	A <sub>0</sub> /1,5	0,5	?	?	?	?	10	?
15	A <sub>0</sub> /1,6	?	?	?	20	?	3	?
16	A <sub>0</sub> /1,1	0,44	?	?	?	?	8	?
17	A <sub>0</sub> /1,3	?	?	?	30	?	6	?
18	A <sub>0</sub> /1,0	0,28	?	?	?	?	3	?

Таблица №2 для группы №3

№	A <sub>1</sub>	β, с <sup>-1</sup>	δ	T, с	τ, с	t <sub>н</sub> , с	n	N
1	A <sub>0</sub> /1,1	0,6	?	?	?	?	3	?
2	A <sub>0</sub> /1,2	?	?	?	14	?	10	?
3	A <sub>0</sub> /1,3	0,24	?	?	?	?	6	?
4	A <sub>0</sub> /1,4	?	?	?	20	?	5	?
5	A <sub>0</sub> /1,5	0,3	?	?	?	?	14	?
6	A <sub>0</sub> /1,6	?	?	?	22	?	4	?
7	A <sub>0</sub> /1,5	0,5	?	?	?	?	8	?
8	A <sub>0</sub> /1,2	?	?	?	15	?	5	?
9	A <sub>0</sub> /1,4	0,12	?	?	?	?	3	?

10	$A_0/1,0$	?	?	?	25	?	6	?
11	$A_0/1,2$	0,09	?	?	?	?	12	?
12	$A_0/1,3$	?	?	?	18	?	4	?
13	$A_0/1,4$	0,12	?	?	?	?	8	?
14	$A_0/1,5$	?	?	?	12	?	9	?
15	$A_0/1,6$	0,06	?	?	?	?	5	?
16	$A_0/1,1$	?	?	?	7	?	14	?
17	$A_0/1,3$	0,15	?	?	?	?	6	?
18	$A_0/1,0$	?	?	?	10	?	7	?

Таблица №2 для группы №3 (продолжение)

№	$A_1$	$\beta, c^{-1}$	$\delta$	$T, c$	$\tau, c$	$t_n, c$	$n$	$N$
1	$A_0/1,1$	?	?	?	24	?	4	?
2	$A_0/1,2$	0,14	?	?	?	?	3	?
3	$A_0/1,3$	?	?	?	4	?	14	?
4	$A_0/1,4$	0,08	?	?	?	?	5	?
5	$A_0/1,5$	?	?	?	20	?	7	?
6	$A_0/1,6$	0,20	?	?	?	?	8	?
7	$A_0/1,5$	?	?	?	2	?	20	?
8	$A_0/1,2$	0,8	?	?	?	?	16	?
9	$A_0/1,4$	?	?	?	12	?	10	?
10	$A_0/1,0$	0,15	?	?	?	?	3	?
11	$A_0/1,2$	?	?	?	8	?	5	?
12	$A_0/1,3$	0,14	?	?	?	?	4	?
13	$A_0/1,4$	?	?	?	9	?	6	?
14	$A_0/1,5$	0,12	?	?	?	?	3	?
15	$A_0/1,6$	?	?	?	21	?	7	?
16	$A_0/1,1$	0,81	?	?	?	?	9	?
17	$A_0/1,3$	?	?	?	12	?	8	?
18	$A_0/1,0$	0,40	?	?	?	?	5	?

### Задача №3

#### (продолжение задач №1 и №2)

Через время, равное половине времени «условного» периода (продолжение практических заданий №1 и №2), на груз начала действовать внешняя периодическая сила, изменение которой происходит по уравнению  $F(t)$ , в результате действия этой силы установились вынужденные колебания груза, уравнение которых имеет вид –  $x(t)$  (в табл.3 представлено одно из этих уравнений для каждого варианта, следовательно второе необходимо записать самостоятельно, в случае затруднения см. решение задачи №12.64 в задачнике под редакцией Волькенштейна В.С. и рекомендуемый для вузов учебник).

Исследуем вынужденные колебания.

#### **Задания базового уровня:**

- 1) *записать* с числовыми коэффициентами то **уравнение колебаний**, которое отмечено знаком вопроса в таблице №3 (см. ниже) для Вашей группы и Вашего варианта (это одно из уравнений  $F(t)$  или  $x(t)$ );
- 2) *определить резонансную частоту* колебаний груза на пружине и соответствующую этой частоте **амплитуду**;

#### **Задания повышенного уровня:**

- 3) *определить амплитуду* колебаний груза на пружине, в случае, когда частота внешнего воздействия будет равна **половине значения резонансной частоты**,

4) *изобразить* полученные значения двух амплитуд и частот на графике зависимости амплитуды от частоты внешнего воздействия;

Таблица №3 для группы 1

№	$F(t), H$	$x(t), см$
1	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(5,5\pi t)$	?
2	?	$x(t) = 20 \cdot \cos(10\pi t - \frac{3\pi}{4})$
3	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(4\pi t)$	?
4	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(3\pi t - \frac{2\pi}{3})$
5	$F(t) = 0,35 \cdot \cos(5\pi t)$	?
6	?	$x(t) = 12 \cdot \cos(5\pi t + \frac{2\pi}{3})$
7	$F(t) = 0,25 \cdot \cos(3,5\pi t)$	?
8	?	$x(t) = 15 \cdot \cos(4\pi t + \frac{3\pi}{4})$
9	$F(t) = 0,15 \cdot \cos(8\pi t)$	?
10	?	$x(t) = 18 \cdot \cos(4\pi t - \frac{2\pi}{3})$
11	$F(t) = 0,10 \cdot \cos(4,5\pi t)$	?
12	?	$x(t) = 6 \cdot \cos(\pi t + \frac{5\pi}{3})$
13	$F(t) = 0,30 \cdot \cos(3\pi t)$	?
14	?	$x(t) = 8 \cdot \cos(6\pi t - \frac{\pi}{6})$
15	$F(t) = 0,20 \cdot \cos(5,5\pi t)$	?
16	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(\pi t + \frac{\pi}{3})$
17	$F(t) = 0,08 \cdot \cos(2\pi t)$	?
18	?	$x(t) = 2 \cdot \cos(2\pi t - \frac{\pi}{4})$

Таблица №3 для группы 1 (продолжение)

№	$F(t), H$	$x(t), см$
19	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(4\pi t)$	?
20	?	$x(t) = 20 \cdot \cos(20\pi t - \frac{3\pi}{4})$
21	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(5\pi t)$	?
22	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(10\pi t - \frac{2\pi}{3})$
23	$F(t) = 0,35 \cdot \cos(3,5\pi t)$	?
24	?	$x(t) = 12 \cdot \cos(12\pi t + \frac{2\pi}{3})$
25	$F(t) = 0,25 \cdot \cos(2,5\pi t)$	?

26	?	$x(t) = 15 \cdot \cos(1,5\pi t + \frac{3\pi}{4})$
27	$F(t) = 0,15 \cdot \cos(15\pi t)$	?

Резервные задачи

10	?	$x(t) = 18 \cdot \cos(1,8\pi t - \frac{2\pi}{3})$
11	$F(t) = 0,10 \cdot \cos(\pi t)$	?
12	?	$x(t) = 6 \cdot \cos(6\pi t + \frac{5\pi}{3})$
13	$F(t) = 0,30 \cdot \cos(3\pi t)$	?
14	?	$x(t) = 8 \cdot \cos(8\pi t - \frac{\pi}{6})$
15	$F(t) = 0,20 \cdot \cos(2\pi t)$	?
16	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(0,1\pi t + \frac{\pi}{3})$
17	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(4\pi t)$	?
18	?	$x(t) = 2 \cdot \cos(0,2\pi t - \frac{\pi}{4})$

Таблица №3 для группы 2

№	$F(t), H$	$x(t), см$
1	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(5,5\pi t)$	?
2	?	$x(t) = 20 \cdot \cos(10\pi t - \frac{3\pi}{4})$
3	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(4\pi t)$	?
4	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(3\pi t - \frac{2\pi}{3})$
5	$F(t) = 0,35 \cdot \cos(5\pi t)$	?
6	?	$x(t) = 12 \cdot \cos(5\pi t + \frac{2\pi}{3})$
7	$F(t) = 0,25 \cdot \cos(3,5\pi t)$	?
8	?	$x(t) = 15 \cdot \cos(4\pi t + \frac{3\pi}{4})$
9	$F(t) = 0,15 \cdot \cos(8\pi t)$	?
10	?	$x(t) = 18 \cdot \cos(4\pi t - \frac{2\pi}{3})$
11	$F(t) = 0,10 \cdot \cos(4,5\pi t)$	?
12	?	$x(t) = 6 \cdot \cos(\pi t + \frac{5\pi}{3})$
13	$F(t) = 0,30 \cdot \cos(3\pi t)$	?
14	?	$x(t) = 8 \cdot \cos(6\pi t - \frac{\pi}{6})$
15	$F(t) = 0,20 \cdot \cos(5,5\pi t)$	?
16	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(\pi t + \frac{\pi}{3})$

17	$F(t) = 0,08 \cdot \cos(2\pi t)$	?
18	?	$x(t) = 2 \cdot \cos(2\pi t - \frac{\pi}{4})$

Таблица №3 для группы 2 (продолжение)

№	$F(t), H$	$x(t), см$
19	$F(t) = 0,24 \cdot \cos(6\pi t)$	?
20	?	$x(t) = 14 \cdot \cos(14\pi t - \frac{3\pi}{4})$
21	$F(t) = 0,42 \cdot \cos(4\pi t)$	?
22	?	$x(t) = 8 \cdot \cos(12\pi t - \frac{2\pi}{3})$
23	$F(t) = 0,6 \cdot \cos(2,6\pi t)$	?
24	?	$x(t) = 22 \cdot \cos(10\pi t + \frac{2\pi}{3})$
25	$F(t) = 0,3 \cdot \cos(0,3\pi t)$	?
26	?	$x(t) = 16 \cdot \cos(5\pi t + \frac{3\pi}{4})$
27	$F(t) = 0,05 \cdot \cos(\pi t)$	?

Резервные задачи

10	?	$x(t) = 20 \cdot \cos(2\pi t - \frac{2\pi}{3})$
11	$F(t) = 0,12 \cdot \cos(12\pi t + \frac{\pi}{4})$	?
12	?	$x(t) = 24 \cdot \cos(4\pi t + \frac{5\pi}{3})$
13	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(5\pi t)$	?
14	?	$x(t) = 14 \cos(1,5\pi t - \frac{\pi}{6})$
15	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(2\pi t)$	?
16	?	$x(t) = 12 \cdot \cos(8\pi t + \frac{\pi}{3})$
17	$F(t) = 0,8 \cdot \cos(8\pi t)$	?
18	?	$x(t) = 24 \cdot \cos(4\pi t - \frac{\pi}{4})$

Таблица №3 для группы 3

№	$F(t), H$	$x(t), см$
1	?	$x(t) = 10 \cdot \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$
2	$F(t) = 0,2 \cdot \cos(2,5\pi t)$	?
3	?	$x(t) = 5 \cdot \cos(1,5\pi t - \frac{\pi}{3})$
4	$F(t) = 0,25 \cdot \cos(2\pi t)$	?
5	?	$x(t) = 6 \cdot \cos(2,5\pi t + \frac{\pi}{3})$

6	$F(t) = 0,12 \cdot \cos(2,5\pi t)$	?
7	?	$x(t) = 7,5 \cdot \cos(2\pi t + \frac{\pi}{4})$
8	$F(t) = 0,6 \cdot \cos(1,8\pi t)$	?
9	?	$x(t) = 9 \cdot \cos(2\pi t - \frac{\pi}{3})$
10	$F(t) = 0,75 \cdot \cos(4\pi t)$	?
11	?	$x(t) = 3 \cdot \cos(0,5\pi t + \frac{\pi}{3})$
12	$F(t) = 0,05 \cdot \cos(2,2\pi t)$	?
13	?	$x(t) = 4 \cdot \cos(3\pi t - \frac{3\pi}{4})$
14	$F(t) = 0,15 \cdot \cos(\pi t)$	?
15	?	$x(t) = 5 \cdot \cos(0,4\pi t + \frac{2\pi}{3})$
16	$F(t) = 0,10 \cdot \cos(2,4\pi t)$	?
17	?	$x(t) = 0,8 \cdot \cos(\pi t - \frac{3\pi}{4})$
18	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(\pi t)$	?

Таблица №3 для группы 3 (продолжение)

№	$F(t), H$	$x(t), см$
19	$F(t) = 0,16 \cdot \cos(7\pi t)$	?
20	?	$x(t) = 42 \cdot \cos(30\pi t + \frac{\pi}{4})$
21	$F(t) = 0,2 \cdot \cos(10\pi t)$	?
22	?	$x(t) = 25 \cdot \cos(15\pi t + \frac{\pi}{3})$
23	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(12\pi t)$	?
24	?	$x(t) = 32 \cdot \cos(25\pi t - \frac{\pi}{3})$
25	$F(t) = 0,4 \cdot \cos(14\pi t)$	?
26	?	$x(t) = 40 \cdot \cos(38\pi t + \frac{\pi}{4})$
27	$F(t) = 0,15 \cdot \cos(15\pi t)$	?
	?	$x(t) = 16 \cdot \cos(20\pi t + \frac{\pi}{3})$
	$F(t) = 0,22 \cdot \cos(30\pi t)$	?
	?	$x(t) = 12 \cdot \cos(16\pi t - \frac{\pi}{3})$
	$F(t) = 0,5 \cdot \cos(18\pi t)$	?
	?	$x(t) = 24 \cdot \cos(44\pi t + \frac{\pi}{6})$
	$F(t) = 0,62 \cdot \cos(6\pi t)$	?

	?	$x(t) = 36 \cdot \cos(20\pi - \frac{3\pi}{4})$
	$F(t) = 0,7 \cdot \cos(40\pi)$	?
	?	$x(t) = 22 \cdot \cos(20\pi + \frac{\pi}{6})$

## Часть II. ВОЛНЫ

### Задание для конспекта №2

Подготовьте конспект по темам: **Взаимодействие света с веществом, поглощение света, рассеяние света** (литература: Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2000. – С.453 – 459 или другая аналогичная литература).

*Внимание! Ниже приведен план конспекта, при этом вопросы плана можно использовать для самопроверки (при подготовке РГР не вовремя достаточно ответить только на вопросы базового уровня):*

Уровни знаний	Соответствующие вопросы
	<b>Тема «Поглощение света»</b>
Базовый уровень знаний (вопросы 1-3, на «удовлетворительно»)	1. Что такое <b>поглощение света</b> ? Каков «механизм» поглощения света веществом? Какие явления может вызвать поглощение света? 2. <b>Интенсивность волны, натуральный показатель поглощения среды</b> (запишите определения величин). 3. <b>Закон Бугера-Ламберта</b> (его математическая запись, какие величины входят в закон, словесная формулировка).
Программный уровень знаний (в сумме с базовым уровнем знаний вопросы 1-6, на «хорошо» или «отлично»)	4. <b>Уравнение плоской линейно поляризованной монохроматической волны</b> света, распространяющейся в поглощающей среде (математическая запись в тригонометрической и комплексной формах, какие величины входят в уравнение, что оно позволяет определить). 5. С каким явлением связана <b>зависимость натурального показателя поглощения диэлектрика</b> от длины волны? 6. Что такое <b>спектр поглощения</b> ? Какими бывают спектры поглощения веществ в разных агрегатных состояниях, чем это объясняется?
	<b>Тема «Рассеяние света»</b>
Базовый уровень знаний (вопросы 7-8, на «удовлетворительно»)	7. Что такое <b>рассеяние света</b> ? В какой среде оно происходит? Почему его называют несобственным свечением вещества? 8. <b>Закон Рэлея</b> (чему обратно пропорциональна

	интенсивность света, какие величины входят в закон, словесная формулировка).
Программный уровень знаний (в сумме с базовым уровнем знаний вопросы 7-11, на «хорошо» или «отлично»)	<p>9. <b>Рассеяние света</b> в оптически <b>однородной</b> среде («механизм» рассеяния света).</p> <p>10. <b>Рассеяние света</b> в оптически <b>неоднородной</b> среде («механизм» рассеяния света). В чем заключается эффект Ми. Чем объясняется белый цвет облаков?</p> <p>11. <b>Молекулярное рассеяние света</b> («механизм» молекулярного рассеяния света). Чем объясняется голубой цвет неба днем и красно-желтый цвет неба на закате или восходе?</p>

### Задача №4

Плосковыпуклая линза радиусом кривизны  $R$  выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке, показатели преломления линзы и пластинки одинаковы и обозначены  $n_1$ . Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено веществом с показателем преломления  $n_2$ . При освещении линзы монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda$ , падающим нормально,  $k$  - тое светлое кольцо в отраженном свете имело радиус  $r_k$ . Обозначим радиус  $m$  - го светлого кольца через  $r_m$ .

#### Задания базового уровня:

- 1) *изобразите* схематично физическую ситуацию, описанную в задаче;
- 2) *укажите*, каким является центральное пятно в отраженном свете, светлым или темным, и объясните почему;
- 3) *определите* значения длины волны  $\lambda$ ;

#### Задания повышенного уровня:

- 4) *определите* неизвестную величину (отмеченную в таблице №4 для Вашего варианта знаком вопроса «?»);
- 5) *определите*, каким будет радиус  $l$ -го темного кольца (см.табл.5 последний столбец).

Таблица №4 для всех групп

Вариант	$R$ , м	$n_1$	$n_2$	$\lambda$ , м	$k$	$r_k$ , мм	$m$	$r_m$ , мм	$l$
1	8	1,41	1,39	?	1	3,4	3	?	1
2	10	1,42	1,40	?	4	2,8	?	2,0	2
3	9	1,44	1,42	?	3	4,2	6	?	3
4	12	1,46	1,44	?	2	1,4	?	1,0	4
5	11	1,48	1,46	?	3	1,7	1	?	5
6	10	1,50	1,45	?	5	4,2	?	3,0	6
7	8	1,54	1,50	?	1	2,8	2	?	7
8	11	1,58	1,55	?	2	1,7	?	1,0	8
9	12	1,62	1,60	?	4	1,4	8	?	9

10	9	1,64	1,62	?	2	1,0	?	1,4	10
11	8	1,45	1,40	?	10	5,6	5	?	11
12	10	1,50	1,45	?	4	2,0	?	2,8	12
13	12	1,60	1,55	?	3	3,4	1	?	13
14	8	1,65	1,60	?	8	1,7	?	1,0	14
15	10	1,44	1,40	?	6	4,2	3	?	15
16	12	1,50	1,48	?	4	5,6	?	4,0	16
17	11	1,52	1,50	?	1	5,1	3	?	17
18	8	1,56	1,52	?	5	1,0	?	1,4	18
19	12	1,58	1,54	?	2	2,8	4	?	19
20	10	1,62	1,58	?	6	8,4	?	6,0	20

### Задача №5

На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света длиной волны  $\lambda$ . Ширина щели в  $z$  раз больше длины волны. На экране, находящемся на расстоянии  $1\text{ м}$  от щели, наблюдаем дифракционную картину. Исследуем дифракционную картину.

#### Задания базового уровня:

- 1) *определить, под каким углом* будет наблюдаться минимум или максимум интенсивности света  $m$ -го порядка (см. табл.6 для Вашей группы и Вашего варианта);
- 2) *определить, какого порядка* максимум будет наблюдаться последним;

#### Задания повышенного уровня:

- 3) *определить, какова ширина* центрального пятна на экране;
- 4) *определить, какими будут линейное расстояние* между дифракционными максимумами или минимумами интенсивности света  $m$ -го порядка и  $k$ -го порядка (см. табл.5 для Вашей группы и Вашего варианта).

Таблица №5 для группы 1  
(синий цвет  $\lambda=...$ )

Вариант	$z$	Наблюдаем	$m$	$k$
1	5	Минимумы	1	$m+1$
2	5	Минимумы	2	$m+1$
3	5	Минимумы	3	$m+1$
4	5	Минимумы	4	$m+1$
5	5	Максимумы	1	$m+1$
6	5	Максимумы	2	$m+1$
7	5	Максимумы	3	$m+1$
8	6	Максимумы	4	$m+1$
9	6	Минимумы	1	$m+1$
10	6	Минимумы	3	$m+1$
11	7	Минимумы	5	$m+1$
12	9	Минимумы	7	$m+1$
13	6	Максимумы	1	$m+1$
14	6	Максимумы	3	$m+1$
15	7	Максимумы	5	$m+1$
16	9	Максимумы	7	$m+1$

Таблица №5 для группы 2  
(красный цвет  $\lambda=...$ )

Вариант	$z$	Наблюдаем	$m$	$k$
19	7	Максимумы	1	$m+2$
20	7	Максимумы	2	$m+2$
21	7	Максимумы	3	$m+2$
22	7	Максимумы	4	$m+2$
23	7	Минимумы	1	$m+2$
24	7	Минимумы	2	$m+2$
25	7	Минимумы	3	$m+2$
26	7	Минимумы	4	$m+2$
27	8	Максимумы	1	$m+2$
28	8	Максимумы	3	$m+2$
29	8	Максимумы	5	$m+2$
30	9	Максимумы	7	$m+2$
31	8	Минимумы	1	$m+2$
32	8	Минимумы	3	$m+2$
33	8	Минимумы	5	$m+2$
34	9	Минимумы	7	$m+2$

17	8	Минимумы	6	$m + 1$
18	9	Минимумы	7	$m + 1$

35	9	Максимумы	6	$m + 2$
36	10	Максимумы	7	$m + 2$

Таблица №5 для группы №3  
(желтый цвет  $\lambda = \dots$ )

Вариант	z	Наблюдаем	m	к
1	9	Минимумы	1	$m + 5$
2	9	Минимумы	2	$m + 5$
3	9	Минимумы	3	$m + 5$
4	10	Минимумы	4	$m + 5$
5	9	Максимумы	1	$m + 5$
6	9	Максимумы	2	$m + 5$
7	9	Максимумы	3	$m + 5$
8	10	Максимумы	4	$m + 5$
9	10	Минимумы	1	$m + 5$
10	10	Минимумы	3	$m + 5$
11	10	Минимумы	2	$m + 5$
12	10	Минимумы	4	$m + 5$
13	8	Максимумы	1	$m + 5$
14	9	Максимумы	3	$m + 5$
15	8	Максимумы	2	$m + 5$
16	10	Максимумы	4	$m + 5$
17	9	Минимумы	3	$m + 5$
18	8	Минимумы	2	$m + 5$

Таблица №5 для группы №4  
(зеленый цвет  $\lambda = \dots$ )

Вариант	z	Наблюдаем	m	к
19	7	Максимумы	1	$m + 6$
20	9	Максимумы	2	$m + 6$
21	10	Максимумы	3	$m + 6$
22	9	Максимумы	2	$m + 6$
23	8	Минимумы	1	$m + 6$
24	9	Минимумы	2	$m + 6$
25	10	Минимумы	3	$m + 6$
26	9	Минимумы	2	$m + 6$
27	8	Максимумы	1	$m + 6$
28	11	Максимумы	3	$m + 6$
29	10	Максимумы	2	$m + 6$
30	10	Максимумы	3	$m + 6$
31	10	Минимумы	1	$m + 6$
32	10	Минимумы	3	$m + 6$
33	10	Минимумы	2	$m + 6$
34	11	Минимумы	4	$m + 6$
35	11	Максимумы	2	$m + 6$
36	9	Максимумы	1	$m + 6$

Таблица №5 для группы 5  
(голубой цвет  $\lambda = \dots$ )

Вариант	z	Наблюдаем	m	к
1	9	Минимумы	1	$m + 7$
2	10	Минимумы	2	$m + 7$
3	11	Минимумы	3	$m + 7$
4	11	Минимумы	2	$m + 7$
5	9	Максимумы	1	$m + 7$
6	10	Максимумы	2	$m + 7$
7	11	Максимумы	3	$m + 7$
8	11	Максимумы	2	$m + 7$
9	10	Минимумы	1	$m + 7$
10	12	Минимумы	3	$m + 7$
11	13	Минимумы	4	$m + 7$
12	12	Минимумы	2	$m + 7$
13	12	Максимумы	1	$m + 7$
14	12	Максимумы	3	$m + 7$
15	12	Максимумы	2	$m + 7$
16	12	Максимумы	4	$m + 7$
17	12	Минимумы	3	$m + 7$
18	12	Минимумы	1	$m + 7$

Таблица №5 для группы 6  
(оранжевый цвет  $\lambda = \dots$ )

Вариант	z	Наблюдаем	m	к
1	10	Максимумы	1	$m + 8$
2	11	Максимумы	2	$m + 8$
3	13	Максимумы	3	$m + 8$
4	12	Максимумы	2	$m + 8$
5	10	Минимумы	1	$m + 8$
6	11	Минимумы	2	$m + 8$
7	13	Минимумы	3	$m + 8$
8	13	Минимумы	4	$m + 8$
9	11	Максимумы	1	$m + 8$
10	12	Максимумы	3	$m + 8$
11	12	Максимумы	2	$m + 8$
12	12	Максимумы	1	$m + 8$
13	11	Минимумы	1	$m + 8$
14	14	Минимумы	3	$m + 8$
15	12	Минимумы	2	$m + 8$
16	12	Минимумы	1	$m + 8$
17	13	Максимумы	2	$m + 8$
18	13	Максимумы	3	$m + 8$

### Задача №6 (для повышенного уровня)

Поляризованный свет проходит через  $N$  поляризаторов, у которых плоскость поляризации каждого составляет соответственно угол  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$  по отношению к плоскости поляризации предыдущего поляризатора. Интенсивность света,

прошедшего до первого поляризатора, равна  $I_0$ , интенсивность света, прошедшего все поляризаторы, равна  $I_N$ . *Определите* неизвестную величину (отмеченную в таблице №4 для Вашей группы и Вашего варианта знаком вопроса «?») и *изобразите* схематично ситуацию, описанную в задаче.

Таблица №6 для группы 1

Вариант	$I_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	...	$\alpha_N$ , град	$I_N$ , Вт/м <sup>2</sup>	N	$I_N / I_0$
1	0,7	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	6	?
2	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				2	4	1/8
3	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				3	3	?
4	1,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	0
5	1,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	?	2
6	6,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	3	?
7	4,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				1,5	?	?
8	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				8	5	1/6
9	10	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				2	?	?
10	2,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	1/7
11	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				1,1	3	?
12	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	4	1/5
13	1,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	5	?
14	3,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,5	3	?
15	2,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				?	?	1/4
16	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,5	4	1/4
17	0,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	3	?
18	2,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,7	7	?

Таблица №6 для группы 1 (продолжение)

Вариант	$I_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	...	$\alpha_N$ , град	$I_N$ , Вт/м <sup>2</sup>	N	$I_N / I_0$
19	2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	6	?
20	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				2	4	1/8
21	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				3	3	?
22	2,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	0
23	2,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	?	2
24	2,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	3	?
25	2,9	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				1,5	?	?
26	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				8	5	1/6
27	2,8	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				2	?	?
28	2,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	1/7
29	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				1,1	3	?
30	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	4	1/5
31	2,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	5	?
32	2,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	3	?
33	2,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				?	?	1/4
34	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,5	4	1/4
35	2,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	3	?
36	2,8	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,7	7	?

Таблица №6 для группы 2

Вариант	$I_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	...	$\alpha_N$ , град	$I_N$ , Вт/м <sup>2</sup>	N	$I_N / I_0$
1	5,7	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	6	?
2	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				2	4	1/8
3	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				3	3	?
4	5,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	0
5	5,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	?	2
6	5,9	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	3	?
7	5,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				1,5	?	?
8	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				8	5	1/6
9	5,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				2	?	?
10	5,8	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	1/7
11	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				1,1	3	?
12	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	4	1/5
13	5,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	5	?
14	5,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,5	3	?
15	5,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				?	?	1/4
16	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,5	4	1/4
17	0,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	3	?
18	5,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,7	7	?

Таблица №6 для группы 2 (продолжение)

Вариант	$I_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	...	$\alpha_N$ , град	$I_N$ , Вт/м <sup>2</sup>	N	$I_N / I_0$
19	6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	6	?
20	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				2	4	1/8
21	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				3	3	?
22	6,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	0
23	6,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	?	2
24	6,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	3	?
25	6,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				1,5	?	?
26	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				4	5	1/6
27	6,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				2	?	?
28	6,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	1/7
29	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				1,1	3	?
30	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,2	4	1/5
31	6,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	5	?
32	6,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				1,5	3	?
33	6,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				?	?	1/4
34	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,5	4	1/4
35	6,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=60^0$				?	3	?
36	6,3	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				0,7	7	?

Таблица №6 для группы 3

Вариант	$I_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_1$ , град	$\alpha_2$ , град	...	$\alpha_N$ , град	$I_N$ , Вт/м <sup>2</sup>	N	$I_N / I_0$
1	7	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=30^0$				?	6	?
2	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				2	4	1/8
3	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N=45^0$				3	3	?
4	7,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots =\alpha_N - ?$				?	4	0

5	7,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$	?	?	2
6	7,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	1,2	3	?
7	7,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=30^0$	1,5	?	?
8	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	4	5	1/6
9	7,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=45^0$	2	?	?
10	7,1	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	?	4	1/7
11	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$	1,1	3	?
12	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	1,2	4	1/5
13	7,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=30^0$	?	5	?
14	7,3	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	1,5	3	?
15	7,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=45^0$	?	?	1/4
16	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	0,5	4	1/4
17	7,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$	?	3	?
18	7,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$	0,7	7	?

Таблица №6 для группы 3 (продолжение)

Вариант	$I_0, \text{Вт/м}^2$	$\alpha_1, \text{град}$	$\alpha_2, \text{град}$	...	$\alpha_N, \text{град}$	$I_N, \text{Вт/м}^2$	N	$I_N / I_0$
19	8,7	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=30^0$				?	6	?
20	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				2	4	1/8
21	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=45^0$				3	3	?
22	8,2	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				?	4	0
23	8,5	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$				?	?	2
24	8,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				1,2	3	?
25	8,9	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=30^0$				1,5	?	?
26	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				8	5	1/6
27	8,0	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=45^0$				2	?	?
28	8,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				?	4	1/7
29	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$				1,1	3	?
30	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				1,2	4	1/5
31	8,6	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=30^0$				?	5	?
32	8,9	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				1,5	3	?
33	8,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=45^0$				?	?	1/4
34	?	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				0,5	4	1/4
35	0,8	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N=60^0$				?	3	?
36	8,4	$\alpha_1=\alpha_2= \dots=\alpha_N- ?$				0,7	7	?