

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
кафедры оптики и спектроскопии

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

26.09.2024 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ,
сформированный в рамках выполнения ключевых показателей оценки
эффективности мер государственной поддержки преподавателей ФД

по учебной дисциплине
Б1.О.20 Оптика

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03. Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: Фотоника и оптоинформатика

3. Квалификация выпускника: Высшее образование (бакалавр)

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Гревцева Ирина Геннадьевна, кандидат физ.-мат. наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 7 от 19.09.2024 г.

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 3

Освоение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Категория компетенций	Код	Формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения соответствующей дисциплины
Инженерный анализ и проектирование	ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1 Применяет знания математики в инженерной практике при моделировании	Знать: физические основы, фундаментальные понятия и законы оптики. Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. Уметь: применять математические методы при решении задач по оптике
Научные исследования	ОПК-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики измерений в системах и устройствах фотоники и оптоинформатики	ОПК-3.1 Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	Знать: основы постановки экспериментов, позволяющих изучать оптические явления Уметь: использовать учебное оборудование для исследования различных оптических процессов
			ОПК-3.2 Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные	Знать: методы обработки экспериментальных результатов, методы оценки погрешностей проведенных измерений

			данные для получения обоснованных выводов	Уметь: анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов оптики
--	--	--	---	---

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

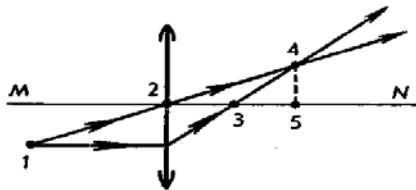
1) тестовые задания (выбор правильного (-ых) ответа (-ов) из предложенного перечня; задания на соответствие):

1.1. Определите оптическую силу собирающей линзы, фокусное расстояние которой равно 50 см.

- а) 5 дптр
 б) 0.5 дптр
 в) 2 дптр
 г) 0.02 дптр

Ответ: в

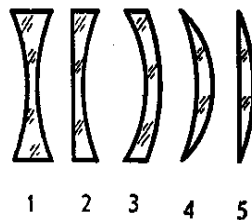
1.2 На рисунке представлен ход лучей света через собирающую линзу. MN-главная оптическая ось линзы. Какая из точек, отмеченных на рисунке, является главным фокусом линзы?



- а) 1
 б) 2
 в) 3
 г) 4

Ответ: в

1.3. На рисунке изображены стеклянные линзы. Какие из них рассеивающие?



- а) 1,2,3,4, и 5. б) только 1,2,3 и 4. в) только 1,2,3. г) только 1,2.

Ответ: в

1.4. Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным равен 80°?

- а) 80° б) 30° в) 40° г) 160°

Ответ: в

1.5. Какой угол: падения или преломления будет больше в случае перехода луча из более плотной среды в менее плотную? (стекло→воздух)

- а) угол падения б) угол преломления в) они равные

Ответ: б

1.6. На белом листе бумаги написано красным фломастером «удовлетворительно» и зелёным фломастером – «хорошо». Через какое стекло надо смотреть, чтобы увидеть оценку «удовлетворительно»?

- а. Через красное стекло

- б. При любом стекле надпись будет видна черным цветом
- в. Через два стекла вместе
- г. Через зеленое стекло

Ответ: г

1.7. Какое физическое явление объясняет радужную окраску чешуи рыбы?

- а. Дифракция света
- б. Интерференция света
- в. Дисперсия света
- г. Поляризация света

Ответ: б

1.8. Как в волновой оптике называется скалярная физическая величина, численно равная энергии, переносимой световой волной за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны?

- а. Напряженность
- б. Интенсивность
- в. Светосумма
- г. Мощность

Ответ: б

1.9. Ученый, критерий которого положен в основу разрешения двух близлежащих спектральных линий с равными интенсивностями и симметричными контурами.

- а. И. Ньютон
- б. Ж. Френель
- в. Д. Рэлей
- г. Х. Гюйгенс

Ответ: в

1.10. Тело, способное поглощать все падающее на него излучение произвольной длины волны при любой температуре.

- а. прозрачное тело
- б. абсолютно черное тело
- в. зеркало
- г. серое тело

Ответ: б

1.11. Луч света из воздуха проникает в стекло с показателем преломления n .

При этом частота света:

- а. увеличилась в n раз
- б. уменьшилась в n раз
- в. уменьшилась в $(n-1)$ раз
- г. не изменилась

Ответ: г

1.12. Интерференцией света называется явление ...

- а. сложения двух когерентных волн, при котором происходит перераспределение энергии в пространстве, т.е. в одних местах происходит усиление, а в других – ослабление света.

б. отклонения лучей света при взаимодействии с преградой от законов геометрической оптики, в частности, прямолинейности распространения света.

в. разложения белого света в спектр на призме.

г. полного внутреннего отражения света от оптически менее плотной среды.

Ответ: а

1.13. Дифракцией света называется явление ...

а. сложения двух когерентных волн, при котором происходит перераспределение энергии в пространстве, т.е. в одних местах происходит усиление, а в других – ослабление света.

б. отклонения лучей света при взаимодействии с преградой от законов геометрической оптики, в частности, прямолинейности распространения света.

в. разложения белого света в спектр на призме.

г. полного внутреннего отражения света от оптически менее плотной среды.

Ответ: б

1.14. В световодах (оптоволокне) используется явление

а. Интерференция

б. Дифракция

в. Поляризация

г. Полного внутреннего отражения света.

Ответ: г

1.15. В чем заключается принцип Ферма?

а. каждая точка волнового фронта является источником вторичных волн

б. свет распространяясь переходит от более плотной среды в мене плотную среду

в. свет распространяется от точки к точке по пути, требующему минимального времени

г. свет преломляется сильнее в более плотной среде

Ответ: в

1.16. Угол между зеркалом и падающим лучом равен 56 градусов, чему равен угол отражения?

а. 56

б. 34

в. 90

г. 24

Ответ: б

1.17. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 30° . Чему равен угол между отраженным лучом и зеркалом? (Ответ дать в градусах.)

а. 75

б. 15

в. 60

г. 120

Ответ: а

1.18. Какая поверхность называется зеркальной?

а. Размеры неровностей которой соизмеримы или меньше длины световой волны

б. Размеры неровностей которой больше длины световой волны

в. Та, у которой критический угол более 60°

г. Та, у которой критический угол менее 60°

Ответ: а

1.19. Какую природу имеет свет, согласно современным представлениям?

а. Корпускулярно-волновую

б. Волновую

в. Корпускулярную

г. Иную

Ответ: а

1.20. Свет, в котором направление колебаний светового вектора каким-то образом упорядочили, называется...

а. поляризованным;

б. естественным;

в. прямолинейным;

г. когерентным.

Ответ: а

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания):

2.1. За какое время от начала движения точка, колеблющаяся по закону $x=7\sin(0.5\pi t)$ (м), проходит путь от положения равновесия до максимального смещения?

Решение:

Точка, колеблющаяся по гармоническому закону $x=7\sin(0.5\pi t)$ (м), окажется в положении максимального (амплитудного) смещения, когда: $\sin(0.5\pi t)=1$. Данное

уравнение имеет бесконечное множество корней. Решать его строго математически не нужно, нас интересует только самый первый положительный корень. Синус равен единице, когда его аргумент равен $\pi/2$, тогда $0.5\pi t = \pi/2$, а $t=1$ (с)

Ответ: 1 с.

2.2. Поезд проходит мимо станции со скоростью $u=40$ м/с. Частота ν_0 тона гудка электровоза равна 300 Гц. Определить кажущуюся частоту ν тона для человека, стоящего на платформе, в двух случаях: 1) поезд приближается; 2) поезд удаляется. Скорость звука равна 332 м/с.

Решение:

По формуле Доплера частота тона гудка при приближении равна: $\nu = \frac{v}{v-u} \nu_0 = 332$ Гц, где v – скорость звука, u – скорость поезда. При удалении поезда от станции частота тона гудка равна: $\nu = \frac{v}{v+u} \nu_0 = 268$ Гц.

Ответ: 332 Гц и 268 Гц.

2.3. Предмет находится на расстоянии 0.48 м от вогнутого зеркала. Зеркало дает действительное изображение предмета с уменьшением $k=4$. Найти радиус кривизны зеркала.

Решение:

Из формулы для линейного увеличения $k=f/d=1/4$ и формулы вогнутого сферического зеркала $2/R=1/d+1/f$ получим, что $R=2*d/5=0.192$ (м).

Ответ: 0.192 (м).

2.4. Два когерентных источника, расстояние между которыми $d=0.24$ мм удалены от экрана на $L=2.5$ м. При интерференции света на экране наблюдаются чередующиеся темные и светлые полосы, причем на расстоянии в $\Delta x = 5$ см уместятся $N = 10,5$ полос. Чему равна длина волны падающего на экран света?

Решение:

Ширина одной полосы $h=\lambda L/d$, где λ длина волны падающего света. Выразим из этого уравнения длину волны: $\lambda=hd/L$. Подставим значение и получим $\lambda=451$ нм

Ответ: 451 нм.

2.5. В опыте Юнга на пути одного из лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda=6*10^{-9}$ м поместили перпендикулярно лучу тонкую стеклянную пластину с показателем преломления $n=1.5$. При этом центральная

светлая полоса сместилась в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Какова толщина стеклянной пластины h ?

Решение:

В результате внесения стеклянной пластинки разность хода между интерферирующими лучами изменится на величину $\Delta = nh - h = h(n-1)$.

С другой стороны, в результате внесения пластинки произошло смещение на k полос. Следовательно, добавочная разность хода, введенная пластинкой, равна $k\lambda$. Таким образом, $h(n-1) = k\lambda$, откуда $h = k\lambda / (n-1) = 6 \cdot 10^{-6}$ (м).

Ответ: $h = 6 \cdot 10^{-6}$ (м).

2.6. Пучок естественного света, идущий в воде ($n_1 = 1.33$), отражается от грани алмаза ($n_2 = 2.42$), погруженного в воду. При каком угле падения ϵ_B отраженный свет полностью поляризован?

Решение:

Отраженный пучок света полностью поляризован в случае, если свет падает под углом Брюстера ϵ_B , при этом закон Брюстера выполняется $\operatorname{tg} \epsilon_B = n_2 / n_1$, тогда $\epsilon_B = \operatorname{arctg} n_2 / n_1 = 61^\circ 12'$.

Ответ: $61^\circ 12'$

2.7. Анализатор в $k=2$ раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.

Решение:

$$\text{Из закона Малюса } I = I_0 \cos^2 \alpha \text{ найдем } \alpha = \arccos \sqrt{\frac{1}{2}} = 45^\circ$$

Ответ: 45°

2.8. Свет, в котором направление колебаний светового вектора упорядочено каким-либо образом, называют ...

Ответ: поляризованным

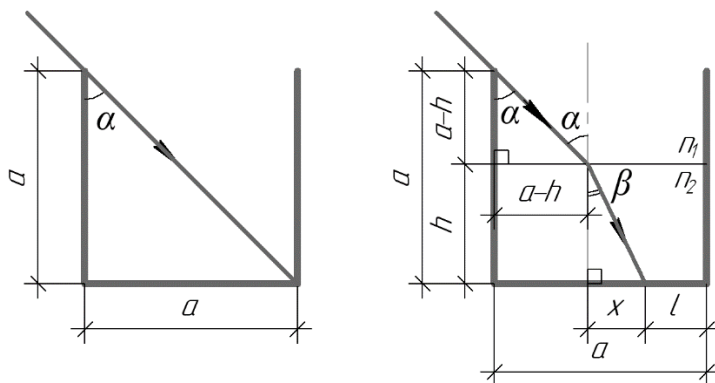
2.9. Эффект возникновения двойного лучепреломления в оптически изотропных веществах, например жидкостях и газах, под воздействием однородного электрического поля, называют:

Ответ: эффект Керра

3) расчетные задачи (ответ содержит решение поставленной задачи):

3.1. Кубический сосуд с непрозрачными стенками расположен так, что глаз наблюдателя не видит его дна, но полностью видит заднюю стенку сосуда. Сколько воды ($n = 1.33$) нужно налить в сосуд, чтобы наблюдатель смог увидеть предмет на дне сосуда, находящийся на расстоянии $b = 10$ см от задней стенки? Ребро сосуда 40 см.

Ответ:



Так как сосуд имеет форму куба, то синус угла α можно найти следующим образом:

$$\sin\alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + a^2}};$$

$$\sin\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}. \quad (1)$$

Теперь займемся правым рисунком. Из равенства (1) следует, что угол α равен 45° . Значит в прямоугольном треугольнике, образованном лучом, стенкой сосуда и поверхностью воды, оба катета равны $(a-h)$ (смотрите рисунок справа).

Для ситуации на рисунке справа запишем закон преломления света:

$$n_1 \cdot \sin\alpha = n_2 \cdot \sin\beta \quad (2).$$

Здесь α и β – угол падения и угол преломления соответственно, n_1 и n_2 – показатели преломления сред. Показатель преломления воздуха n_1 равен 1, показатель преломления воды n_2 равен 1.33. Для того чтобы найти синус угла β , найдем противолежащий катет x в соответствующем прямоугольном треугольнике:

$$x = a - l - (a - h),$$

$$x = h - l.$$

Сделаем важную оговорку: так как x не может быть меньше нуля, то $h > l$, это пригодится нам в дальнейшем решении. Тогда синус угла β найдем по формуле (гипотенузу в том же прямоугольном треугольнике найдем по теореме Пифагора):

$$\sin\beta = \frac{h-l}{\sqrt{(h-l)^2 + h^2}} \quad (3)$$

Подставим в уравнение (2) выражения (1) и (3):

$$\frac{\sqrt{2}n_1}{2} = \frac{n_2(h-l)}{\sqrt{(h-l)^2+h^2}} \quad (4)$$

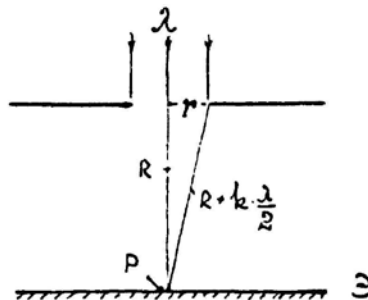
Из выражения (4) выразим $h = \frac{2n_2^2 - 2n_1^2 + 2n_1\sqrt{2n_2^2 - n_1^2}}{2(2n_2^2 - 2n_1^2)} l$.

Тогда, искомый объем воды найдем по формуле: $V = a^2 h = 43 \text{ л}$

3.2. На непрозрачную пластину с круглым отверстием (дифракция Френеля) радиуса $r=1$ мм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с $\lambda=750$ нм. На пути лучей, проходящих через отверстие, помещен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. При каком минимальном расстоянии между пластиной и экраном, превышающем 20 см, в центре экрана будет наблюдаться темное пятно?

Ответ:

Расстояние R , при котором в центре дифракционной картины будет наблюдаться темное пятно, определяется числом зон Френеля, укладывающихся в отверстие: если число зон k – четное, то в центре – темное пятно. Если в отверстие укладывается k зон Френеля, то расстояние от центра экрана O до края отверстия на $k\lambda/2$ больше, чем расстояние между центром экрана и центром отверстия – R .



Теорема Пифагора дает $(R + k\lambda/2)^2 = r^2 + R^2$ или $R^2 + Rk\lambda + k^2 * \frac{\lambda^2}{4} = r^2 + R^2$.

Выражение $k^2 * \frac{\lambda^2}{4} \ll Rk\lambda$ и им можно пренебречь, поэтому

$$r^2 = Rk\lambda \text{ и } R = \frac{r^2}{k\lambda} = \frac{4}{3k} \quad (1).$$

Так как значение k должно быть четным, то значения R_k , при которых в центре экрана будет темное пятно соответственно равны: $R_2 = \frac{4}{3*2} = 0.667 \text{ м}$; $R_4 = \frac{4}{3*4} = 0.338 \text{ м}$; $R_6 = \frac{4}{3*6} = 0.222 \text{ м}$; $R_8 = \frac{4}{3*8} = 0.167 \text{ м}$. Последнее расстояние R_8 меньше 20 см и поэтому не удовлетворяет условию задачи. При $k > 8, 10 \dots$ оно будет еще

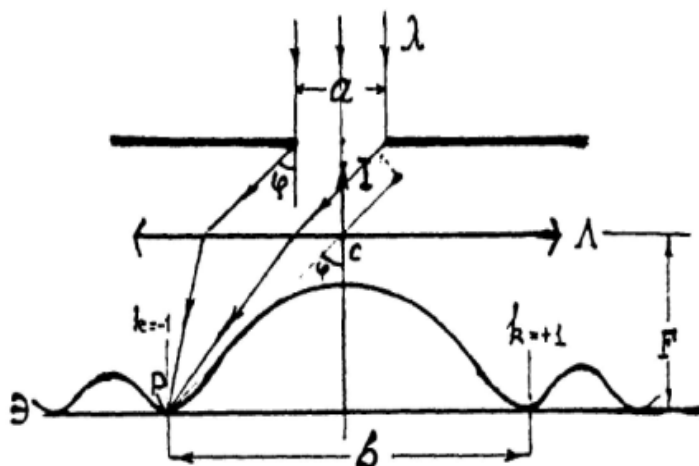
меньше. Следовательно, искомым минимальным расстоянием будет значение

$$R_6 = \frac{4}{3 \cdot 6} = 0.222 \text{ м}$$

Ответ: 0.222 м.

3.3 На прямоугольную щель нормально к ее плоскости падает параллельный пучок монохроматического света (дифракция Фраунгофера); расположенная за щелью линза с фокусным расстоянием $F=2.0$ м проецирует на экран дифракционную картину в виде чередующихся светлых и темных полос. Ширина центральной светлой полосы $b=5$ см. Как надо изменить ширину щели, чтобы центральная светлая полоса заняла весь экран (при любой ширине)?

Ответ:



Центральная светлая полоса на экране заключена между двумя минимумами первого порядка. Ее ширина b зависит от угла ϕ , соответствующего минимуму первого порядка. Угол ϕ связан с шириной a формулой $a \cdot \sin \phi = k\lambda$ (1), где $k=1$. И так как при изменении ширины щели от a_1 до a_2 , λ и k остаются постоянными, то из (1) следует: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2}$ (2), ϕ_1 и ϕ_2 – углы соответствующие первым дифракционным минимумам, которые соответствуют размерам щели a_1 и a_2 . Так как угол ϕ_1 весьма мал (из условия задачи), то $\sin \phi_1 = \tan \phi_1 = b/2F$. Для того, чтобы центральная полоса занимала весь экран ϕ_2 должен стремиться к 90° , так что $\sin \phi_2 = 1$. Следовательно, с учетом сказанного, из (2) находим: $a_2 = a_1 \frac{b}{2F} = \frac{a_1}{80}$.

Таким образом, ширину щели следует уменьшить в 80 раз.

3.4. На металлическую пластинку падает монохроматический свет с $\lambda=0.325$ мкм. Фотоэлектроны задерживаются при напряжении электрического поля $U=2$ В. Определить работу выхода.

Решение:

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1), \text{ где } h=6.26 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с} - \text{ постоянная Планка, } c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с} -$$

скорость света, $m=9.1 \cdot 10^{-31}$ кг - масса электрона и $e=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Вылетая из металла, электроны попадают в электрическое поле, направленное таким образом, чтобы тормозить частицы. Параметры этого поля (напряжение) таковы, что электрон затормаживается до остановки. Единственный способ изменить полную механическую энергию системы — это совершить работу. Соответствующая работа — это работа электрического поля, а изменение энергии численно равно начальной кинетической энергии (т.к. конечная кинетическая энергия равна 0), тогда: $\frac{mv^2}{2} = eU$ (2). Подставим (2) в (1) и выразим искомую работу выхода: $A = h \frac{c}{\lambda} - eU = 2.9 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Ответ: $2.9 \cdot 10^{-19}$ Дж.

3.5. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, электрический вектор которой задан соотношением: $\vec{E} = \vec{e}_y E_0 \cos(\omega t - kx)$, где \vec{e}_y – орт оси Oy, $E_0 = 1.4$ В/м, $k = 1.0 \cdot 10^7$ м⁻¹. Найти длину волны заданной электромагнитной волны, записать выражение для вектора \vec{H} .

Решение:

Из соотношения для волнового числа k найдем длину волны: $\lambda = \frac{2\pi}{k} = 6.28 \cdot 10^{-7}$ м.

Поскольку в электромагнитной волне векторы $\vec{E}, \vec{H}, \vec{k}$ образуют правую тройку векторов, то направление вектора \vec{H} определяется векторным произведением $[\vec{k} \times \vec{E}]$, где \vec{k} – волновой вектор. Тогда, если колебания вектора \vec{E} происходят вдоль оси Oy, то вектор \vec{H} колеблется синфазно вектору \vec{E} вдоль оси Oz. Тогда для вектора \vec{H} можно записать: $\vec{H} = \vec{e}_z H_0 \cos(\omega t - kx)$. Для определения амплитуды H_0 запишем: $H_0 = E_0 \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} = 0.14 \cdot \sqrt{\frac{8.85 \cdot 10^{-12}}{1.257 \cdot 10^{-6}}} \approx 0.37 \cdot 10^{-3}$ А/м.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) задания с коротким ответом:

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

- 5 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 2 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обос-

нование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;

- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).