

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

Демонстрационный вариант

задания заключительного (очного) этапа

по направлению Фотоника

Категория участия: «Магистратура/специалитет»
(для поступающих в аспирантуру/ординатуру)

Задачи тестовой части

Задание 1

В современные оптические микроскопы можно увидеть:

- a) мономерные звенья полимерной цепи
- b) колонию бактерий
- c) клетки растения
- d) молекулу воды
- e) ничего из вышеперечисленного

Задание 2

Электронные эмиссионные спектры атомов имеют вид

- a) линейчатый



- b) полосатый



- c) непрерывный



Задача 3 Поляризация

Плоский пучок естественного света падает на поверхность воды под углом Брюстера. При этом 0,04 светового потока отражается. Найти интенсивность преломленного луча в % от интенсивности падающего света.

Задача 3 Модернизация ПНВ

Заказчик просит при модернизации увеличить дальность действия ПНВ при использовании прежнего ЭОП и сохранении углового поля. Как Вы поступите?

Выбрать правильный ответ:

1. заменим окуляр на окуляр с меньшим фокусным расстоянием
2. заменим объектив на объектив с большим фокусным расстоянием
3. заменим объектив на объектив с меньшим фокусным расстоянием
4. заменим объектив на объектив с бОльшим относительным отверстием

Задача 5 Параболическое зеркало

Параболическое зеркало имеет диаметр 200 мм. В результате измерений получено, что стрелка прогиба составила 5 мм. Чему равно диафрагменное число этого зеркала?

Задача 6 Двухзеркальный объектив Двухзеркальный объектив типа Кассегрена имеет следующие конструктивные параметры:

№	R	d
1	– 300	-90
2	– 150	

Апертурной диафрагмой является оправа второго зеркала. Найти диаметр этой оправы, если относительное отверстие объектива $D/f' = 1:5$. Ответ привести в мм.

Задача 7 Лазер с полуконфокальным резонатором

В лазере на углекислом газе (CO_2 -лазере), работающем на длине волны 10,6 мкм, используется полуконфокальный резонатор длиной 2 м. Вычислите диаметр пятна на зеркалах резонатора (в мм). В ответе приведите максимальное значение из двух.

Задача 8 Микроскоп

Микроскоп укомплектован объективом 20 x 0,4 и окуляром, имеющим видимое увеличение $\Gamma_{\text{ок}} = 12,5$ крат. Определите линейный предел разрешения микроскопа. Ответ приведите в мкм. При расчетах принять длину волны $\lambda = 0,546$ мкм.

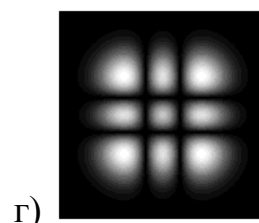
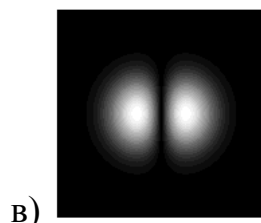
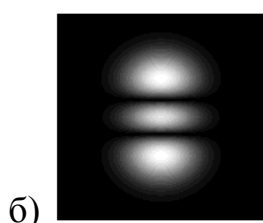
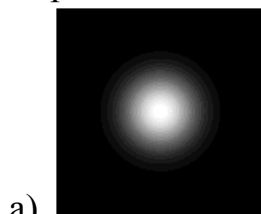
Задача 9 Фазовый транспарант

Плоская волна линейной поляризации освещает оптическую схему, состоящую из двух последовательных элементов: фазовый транспарант и линза с фокусным расстоянием 50 см. Фазовый транспарант изготовлен следующим образом: на нем вытравлены квадраты в шахматном порядке, а другие квадратные участки оставлены нетронутыми. Толщина вытравленного слоя такова, что два луча приобретают разность фаз в π , если один из них проходит через травленный участок, а другой – через нетравленный. Схематично вид транспаранта показан на рисунке. Сторона квадрата составляет 3 см. Свет, который не попал на транспарант, поглощается, и на линзу не попадает.

Известно, что при фокусировке плоской волны линзой в фокусе формируется дифракционное пятно. Вопрос, какая картинка в наибольшей степени соответствует изображению плоской волны в фокусе линзы, если плоская волна пройдет через описанный транспарант.

π	0	π
0	π	0
π	0	π

Варианты ответа:



Задача 10 Область отпечатков пальцев

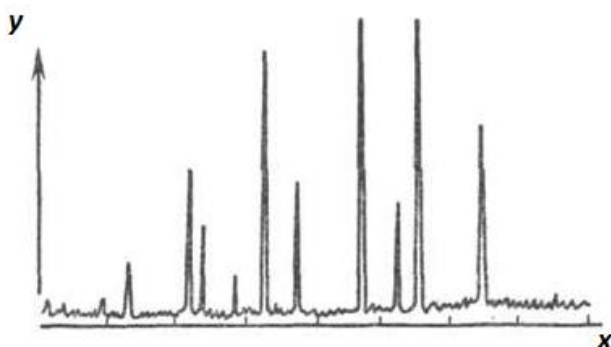
В ИК-спектрах органических соединений можно выделить три основные области, перечисленные ниже. Какую из областей называют «областью отпечатков пальцев»?

- а) 4000-2500 см⁻¹.
- б) 2500-1500 см⁻¹.
- с) 1500-500 см⁻¹.

Задача 11 Рентгенофазный анализ

Дифракционные методы исследования и, в первую очередь, рентгенофазный анализ, являются основным источником сведений о структуре вещества на атомном уровне. Такие методы позволяют выявить малейшие изменения в состоянии атомной решетки кристалла, не улавливаемые другими методами.

Результаты рентгенофазного анализа некоторого образца представлены на рисунке. Какие значения могут быть отложены по координатным осям?



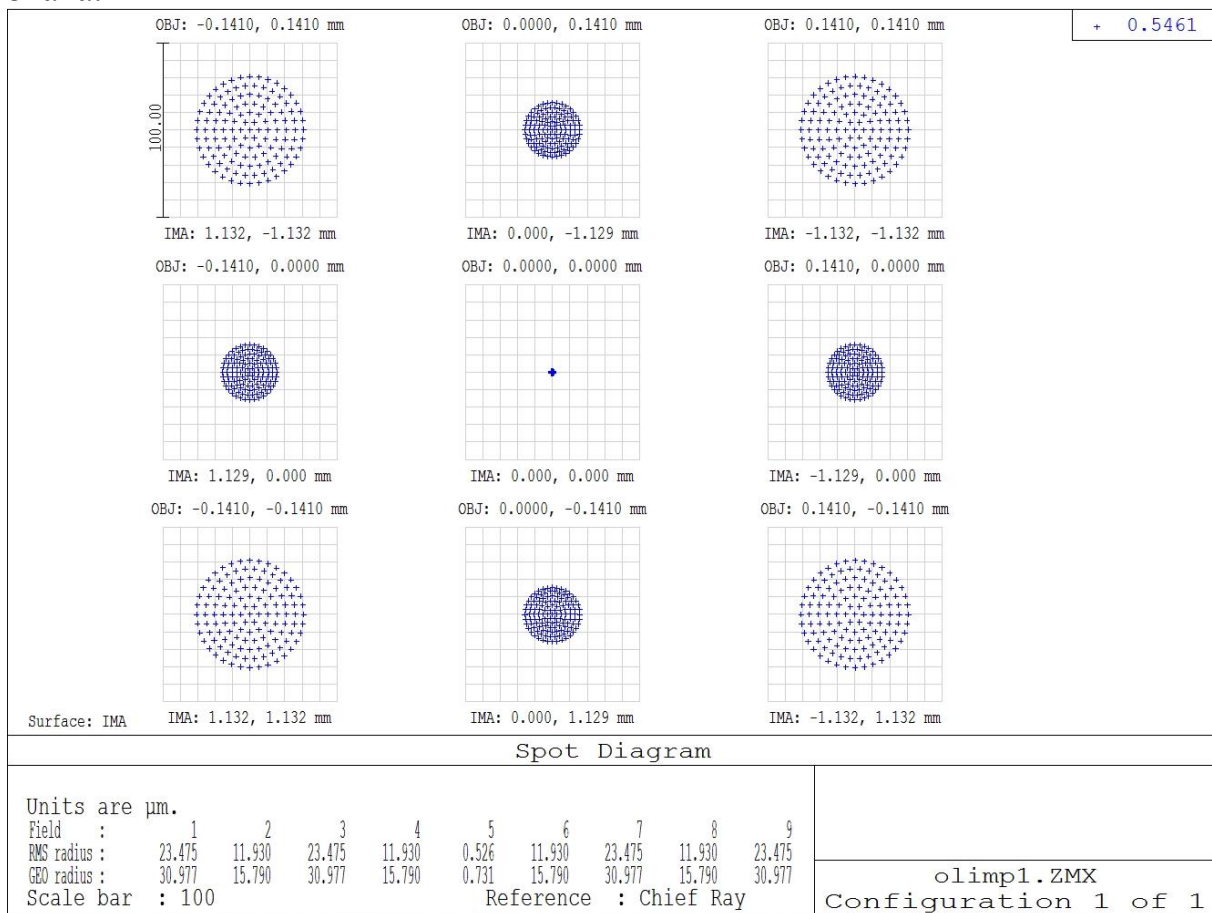
- a) x - угол дифракции, y – интенсивность
- b) x - скорость сканирования, y – длина волны
- c) x - длина волны, y – оптическая плотность
- d) x - изотопная масса, y – относительная интенсивность

Задача 12 Увеличение телескопической системы

Лазер мощностью Φ_e с углом расходимости 2ω создаёт энергетическую освещённость E_e на объекте, расположенном на расстоянии L от лазера. **Каким увеличением (по модулю)** должна обладать телескопическая система, устанавливаемая после лазера, чтобы увеличить энергетическую освещённость объекта в 16 раз? Энергетическими потерями в системе пренебречь. В ответе приведите два знака после запятой.

Задача 13 Пятна рассеяния

На рисунке приведены пятна рассеяния 9 точек поля, созданные оптической системой с характеристиками: линейное увеличение $\beta = -8$, числовая апертура в пространстве предметов $NA = 0.3$, линейное поле в пространстве предметов $2y = 0.4$ мм, угол главного луча с осью в пространстве изображений для $y = 0,2$ мм составляет 5° . Центр рисунка соответствует центру изображения, размеры пятен рассеяния можно увидеть на рисунке. Оцените величину астигматического отрезка z'_m для края поля ($y = 0,2$ мм). Ответ приведите в мм, без учета знака.

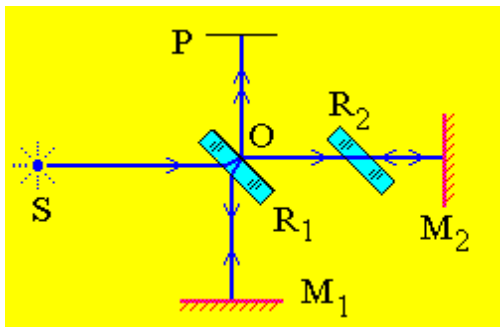


Задача 14 Дифракционные решетки

Молодой ученый собирает в лаборатории установку – дисперсионный спектральный прибор. В его распоряжении имеется дифракционная решетка размерами (Ш x В) 30 x 20 мм, с плотностью штрихов 120 штрихов/мм, штрихи на обе решетки нанесены вертикально. При использовании в приборе будет засвечиваться вся площадь решеток. Рассчитайте разрешающую способность решетки.

Задача 15 Интерферометр Майкельсона

Одним из возможных применений интерферометра Майкельсона – классического двухлучевого интерферометра – является измерение показателя преломления среды. Для определения показателя преломления водорода в оба пучка света интерферометра поместили кюветы длиной 10 см каждая. Из одной выкачали воздух, а вторую заполнили водородом, что привело к смещению картины на 47,5 полос. Чему равен показатель преломления водорода? Длина волны света 590 нм. Ответ введите с точностью не менее 5 знаков после запятой.

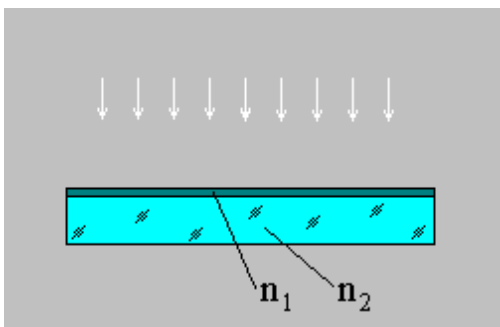


Задача 16 Контрастность интерференционной картины

В результате интерференции двух полностью когерентных световых пучков на экране наблюдается интерференционная картина. Найти контрастность этой картины, если интенсивность одного пучка в три раза больше интенсивности другого.

Задача 17 Просветляющее покрытие

На стеклянную поверхность ($n_2 = 1,64$) необходимо нанести просветляющее покрытие. Зная, что коэффициент отражения зависит только от относительного показателя преломления и угла падения, рассчитайте показатель преломления для вещества пленки (n_1).



Задача 18 Прочность кристалла

Всякий предмет имеет предел прочности и рвется при некотором значении медленно нарастающей нагрузки. Оценить прочность идеального кристалла на разрыв. Параметр решетки принять равным 0.3 нм. Ответ привести в ГПа.

Задача 19 Рассеяние в средах

Сопоставьте теории рассеяния света с авторами

- рассеяние в газах и жидкостях, сопровождающееся заметным изменением частоты
- размеры рассеивателя сравнимы с длиной волны падающего излучения
- неупругое рассеяние света на колебаниях кристаллической решетки
- размер рассеивателя менее $\lambda/15$

Авторы:

эффект Рамана, рассеяние Ми, рассеяние Мандельштама-Бриллюэна, рассеяние Рэлея

Задача 20 Полосы равной толщины

В *отраженном* монохроматическом свете наблюдаются полосы равной толщины в зазоре сложной формы между двумя стеклами. Определите соотношение между толщинами зазора в точках А и В, если при уменьшении длины волны света полосы начинают "стягиваться" в точку А.

1. Толщина зазора в обеих точках одинакова.
2. Ответ зависит от длины волны излучения.
3. Толщина зазора в точке В больше.
4. Толщина зазора в точке А больше.
5. Для ответа не хватает данных.



Примеры творческих заданий

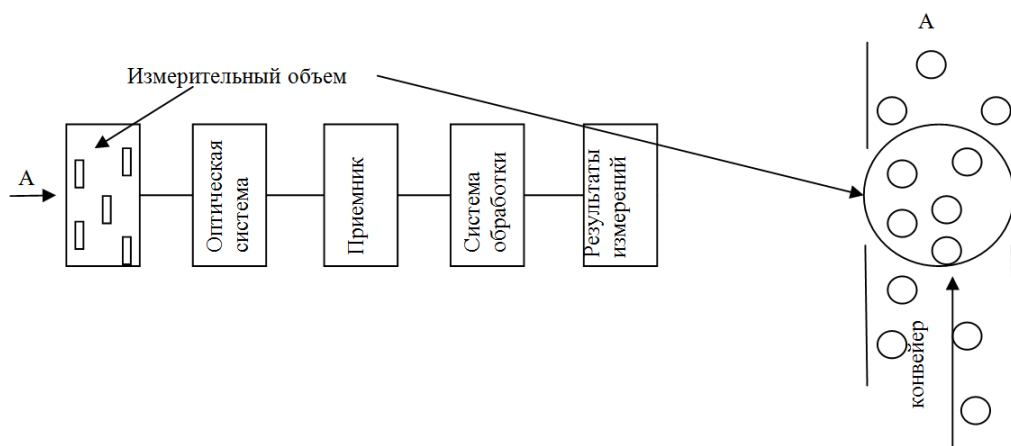
На выбор для решения предлагается 1 из 3 задач

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

Задача 1. Оптическая схема для размерного контроля изделий крупносерийного производства (Автор – Т.Н. Хацевич)

Одним из современных направлений оплотехники является создание оптико-электронных приборов (датчиков, комплексов) для систем автоматизированного контроля различных параметров и характеристик производимой продукции.

Творческое задание направлено на разработку оптической схемы для размерного контроля изделий крупносерийного производства.



Контролируемые детали, установленные на конвейере, поступают в измерительный объем (см. рисунок), имеющий форму цилиндра, ось которого совпадает с оптической осью системы, при этом диаметр цилиндра 200 мм, толщина по оси 16 мм. Габаритные размеры контролируемых деталей $\varnothing 20 \times 5$ мм. Измерению подвергаются линейные размеры в плоскости, перпендикулярной оптической оси. Расстояние между оптической системой и измерительным объемом должно составлять не менее 50 мм и не более 200 мм. Для проведения измерений конвейер останавливается на время $t_{\text{из}}$.

Необходимо разработать оптическую систему, которая:

- обеспечивает возможность контроля линейных размеров всех деталей, оказавшихся в измерительном объеме. Проекции деталей на плоскость, перпендикулярную оптической оси системы, не накладываются друг на друга;
- принципиально исключает погрешность измерения, обусловленную произвольным размещением контролируемых деталей в измерительном объеме;

- обеспечивает глубину резкости, соответствующую размеру измерительного объема вдоль оптической оси, не более 0,01 мм;
- обеспечивает заднюю числовую апертуру объектива не более 0,1.

В качестве приемника предварительно выбран матричный приемник 12 Мп, шаг пикселей 2,5 мкм.

Задание:

- 1) Предложите принцип построения оптической схемы, укажите количество компонентов, положения апертурной и полевой диафрагм, входного и выходного зрачков, приведите ход лучей в оптической схеме (в тонких компонентах). Обоснуйте, что предложенная схема принципиально исключает погрешность измерения, обусловленную произвольным размещением контролируемой детали в измерительном объеме.
- 2) Предложите такие значения параметров и характеристик схемы (увеличение, фокусные расстояния компонентов, диаметры диафрагм, расстояния между компонентами и др.), которые обеспечивают выполнение условий задачи. Подтвердите это расчетами. Проверьте согласованность оптической схемы и приемника, который указан в качестве предварительно выбранного, или уточните требования к приемнику.
- 3) Сформулируйте технически реализуемые требования к системе обработки изображений с целью минимизации погрешности измерений и оцените погрешность измерения линейных размеров, которую может обеспечить предложенная вами схема.

Критерии оценки:

Принципиально указано на необходимость использования телецентрического хода главных лучей. Приведена схема, в которой задний фокус первого компонента и передний фокус второго компонента совмещены, в этой же точке размещен центр апертурной диафрагмы. До 10 баллов

Приведены значения параметров схемы - До 10 баллов

Сделана только попытка решения - от 1 до 3 баллов

Задача 2. Лазерный резонатор (автор – Лазарев В.А.)

Резонатор лазера с поперечной ламповой накачкой состоит из выходного (плоского) зеркала и «глухого» вогнутого сферического (радиус кривизны $R = 400$ см) зеркала, установленных на расстоянии $d = 100$ см.

- 1) Определите параметры устойчивости заданного резонатора и установите, является ли он устойчивым.
- 2) Найдите радиус w пучка излучения на выходном зеркале и угол его расходимости при генерации основной поперечной моды ($\lambda = 1$ мкм).
- 3) У Вас есть три активных элемента, отличающихся лишь диаметром: 2, 3 и 4 мм. Определите, какой из этих элементов Вам лучше использовать? Элемент устанавливается около сферического зеркала.
- 4) Для переноса перетяжки пучка на расстояние 100 мм от выходного зеркала используется одиночная линза. Определите её фокусное расстояние.
- 5). Перетяжка пучка с помощью линзы (см. п. 4) перенесена на подложку, которая представляет собой плоскопараллельную кварцевую пластину с просветляющим покрытием. Определите необходимую минимальную «лучевую стойкость» (предельную интенсивность излучения, которую выдерживает соответствующий элемент или покрытие) для такого покрытия, если мощность выходного излучения лазера составляет 1 Вт.

Критерии оценки:

Определены параметры устойчивости +2 балла

Рассчитан радиус пучка и расходимость + 2 балла

Выбран активный элемент, даны необходимые пояснения +3 балла

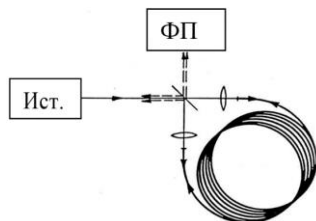
Определено фокусное расстояние линзы + 4 балла

Выведена формула связи полной мощности и интенсивности на оси в гауссовом пучке +4 балла

Определена необходимая лучевая стойкость + 5 баллов

Задача 3. Волоконно-оптический гироскоп (Автор – Е.А.Ефремова)

В приборах навигации широко применяются оптические технологии, в частности лазерные гироскопы, которые обладают очень высокой чувствительностью, но отличаются высокой стоимостью и достаточно большими габаритами. Для большинства приложений используется менее чувствительные, но дешевые волоконно-оптические гироскопы (ВОГ).



Действие всех оптических гироскопов основано на эффекте Саньяка, который состоит в том, что для встречных волн, распространяющихся в противоположных направлениях, в замкнутом контуре появляется сдвиг фаз, если этот замкнутый контур вращается с некоторой угловой частотой ω , а именно:

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda}, \text{ где } \Delta L \text{ – оптическая разность хода между встречными волнами.}$$

- 1) Выведите формулы (пренебрегая релятивистскими эффектами) зависимости разности фаз от площади S , ограниченной одним витком оптоволокну, и круговой частоты вращения ВОГ Ω .
- 2) Оцените минимально допустимые размеры такого волоконного гироскопа (радиус его кольца), если используется одномодовое волокно с показателем преломления $n=1.5$ и диаметром $d=1\text{мм}$.
- 3) Определите необходимую длину волокна при минимально возможном радиусе, если чувствительность ВОГ к скорости вращения, выраженная в единицах $\Delta\varphi_c/\Omega_\mu$, равна 1мкрад (то есть при $\Omega = \Omega_\mu$, см. примечание).
- 4) Определить минимальную необходимую энергию источника для обеспечения чувствительности, определённой в п.3, то есть считать, что чувствительность приемника ограничена фотонным дробовым шумом.
- 5)

Примечание: чувствительность ВОГ к скорости вращения, выраженная в единицах $\Delta\varphi_c/\Omega$, имеет размерность времени, измеряется в секундах и иногда выражается в специфических единицах Ω_μ . При скорости вращения, равной Ω_μ , разность фаз встречных волн равна 1 мкрад, что хорошо соответствует оценке шумового предела или нестабильности сдвига нуля ВОГ, лежащих обычно в диапазоне от 0,1 до 10 мкрад)

Критерии оценки:

- 1) Получены формулы зависимости разности фаз + 8 баллов.
- 2) Выполнена оценка минимально допустимых размеров волоконного гироскопа + 2 балла.
- 3) Определена необходимая длина волокна при минимально возможном радиусе + 3 балла
- 4) Определена минимальная необходимая энергия источника + 7 баллов.