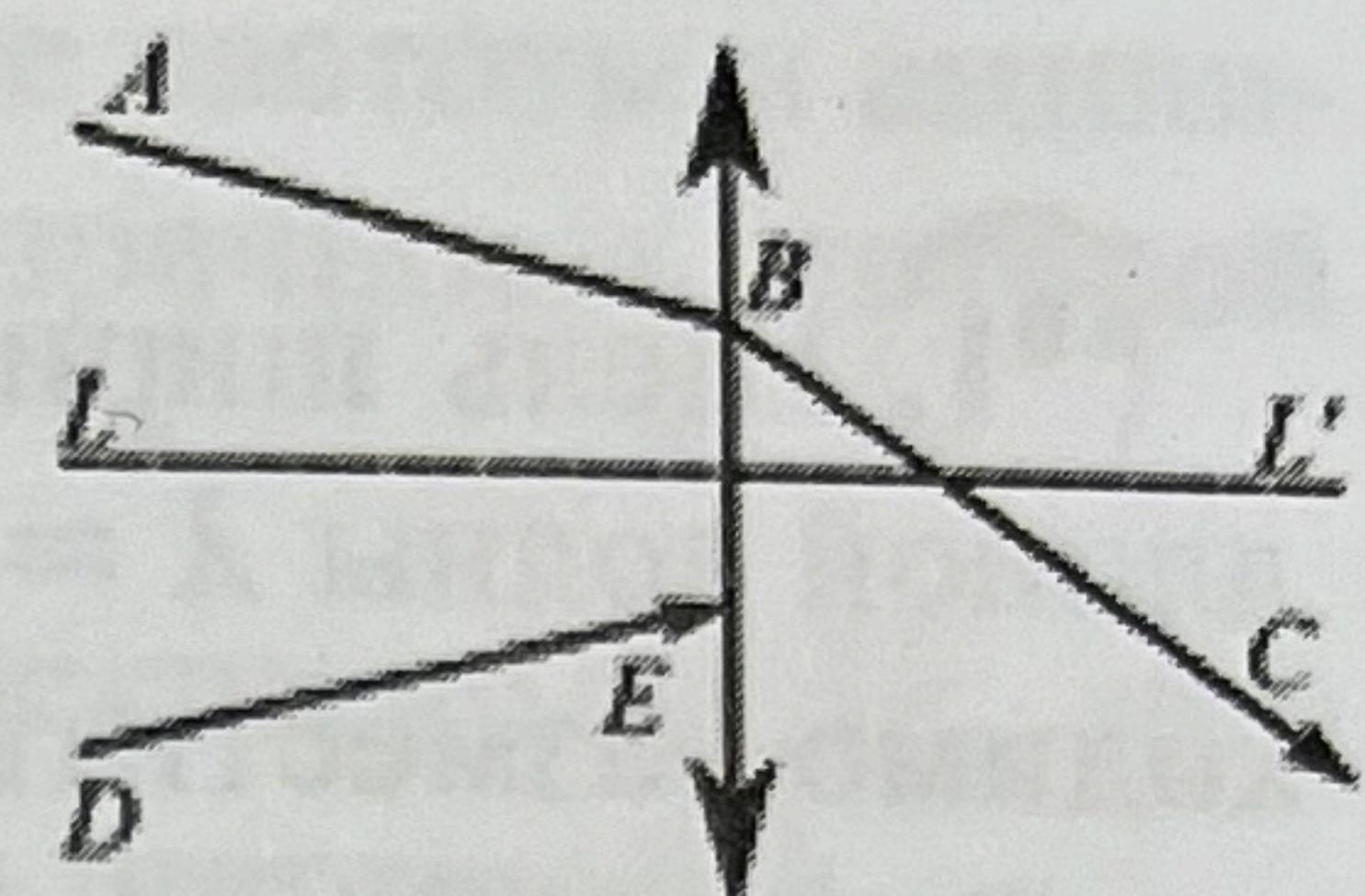


Задачи группы 0

Семинар 1

01. На рис. показаны положение главной оптической оси тонкой линзы LL' и ход проходящего сквозь нее луча ABC . Найдите построением ход произвольного луча DE за линзой.



02. Положительной линзой с фокусным расстоянием F создается изображение объекта на экране. Какому условию должно удовлетворять расстояние от объекта до экрана, чтобы это было возможно?

Семинар 2

01. Выразить интенсивность плоской электромагнитной волны, распространяющейся в немагнитной среде с показателем преломления n , через амплитуду вектора напряженности электрического поля волны E_0 .

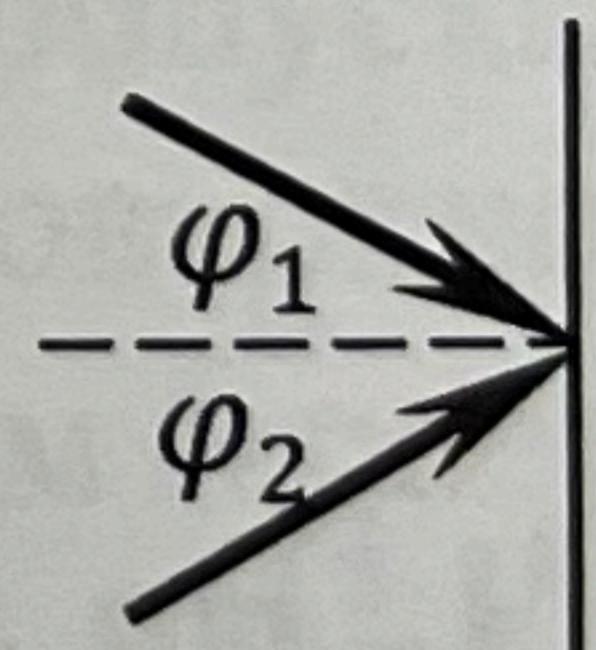
Семинар 3

01. Концентрация электронов в нижних слоях ионосферы равна $N \sim 1,5 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Какие электромагнитные волны будут испытывать отражение при вертикальном радиозондировании ионосферы?

Ответ: $\nu < 10 \text{ МГц}$ ($\lambda > 30 \text{ м}$).

Семинар 4

01. На экран падают две плоские волны с равными амплитудами A под малыми углами $\varphi_{1,2} = \pm 0,01 \text{ рад}$. Длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$, нормаль к экрану и волновые векторы волн лежат в одной плоскости, см на экране. Определите ширину интерференционных полос (см. рис.).



Ответ: 25 мкм.

02. На тонкую пленку с показателем преломления n падает пучок белого света под углом θ к нормали. При какой минимальной толщине b_{\min} и в какой цвет будет окрашена пленка в отраженном свете?

Семинар 5

01. В двухлучевом интерференционном опыте используется источник

света с длиной волны $\lambda = 500$ нм и шириной спектра $\Delta\lambda = 10$ нм. Оцените максимально допустимую разность хода лучей Δ_{\max} и максимальное число интерференционных полос m_{\max} , которые можно наблюдать в этом опыте.

Ответ: $\Delta_{\max} \sim 25$ мкм, $m_{\max} \sim 100$.

№2. Найдите апертуру интерференции в опыте с бипризмой с преломляющим углом α и показателем преломления n , если источник и плоскость наблюдения расположены на одинаковых расстояниях от бипризмы.

Семинар 6

№1. Щель ширины $b = 1$ мм освещается параллельным пучком света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Оцените, на каком расстоянии L от щели необходимо разместить экран, чтобы наблюдать на нём дифракцию Френеля.

Ответ: $L \sim 1$ м.

№2. На ирисовую диафрагму с переменным радиусом отверстия, расположенную на расстоянии L от экрана, падает свет с длиной волны λ . Диафрагму постепенно открывают, начиная с $R \approx 0$. При каком радиусе R интенсивность света в центре экрана впервые обратится в ноль?

Семинар 7

№1. Через маленькое круглое отверстие проходит монохроматический параллельный пучок света и создает на удаленном экране дифракционную картину Фраунгофера. Во сколько раз изменится освещённость в центре экрана, если увеличить диаметр отверстия вдвое?

Ответ: увеличится в 16 раз.

№2. Плоская световая волна дифрагирует на щели с шириной $b = 10\lambda$, где λ — длина волны. Оценить отношение интенсивностей нулевого и первого дифракционных максимумов.

Ответ: $I_1/I_0 \approx 0,05$.

Семинар 8

№1. На дифракционную решетку, имеющую период $d = 10$ мкм, нормально падает свет от желтого дублета натрия ($\lambda_1 = 5890$ Å, $\lambda_2 = 5896$ Å). Оцените угловое расстояние между максимумами $\delta\varphi$ во втором порядке ($m = 2$).

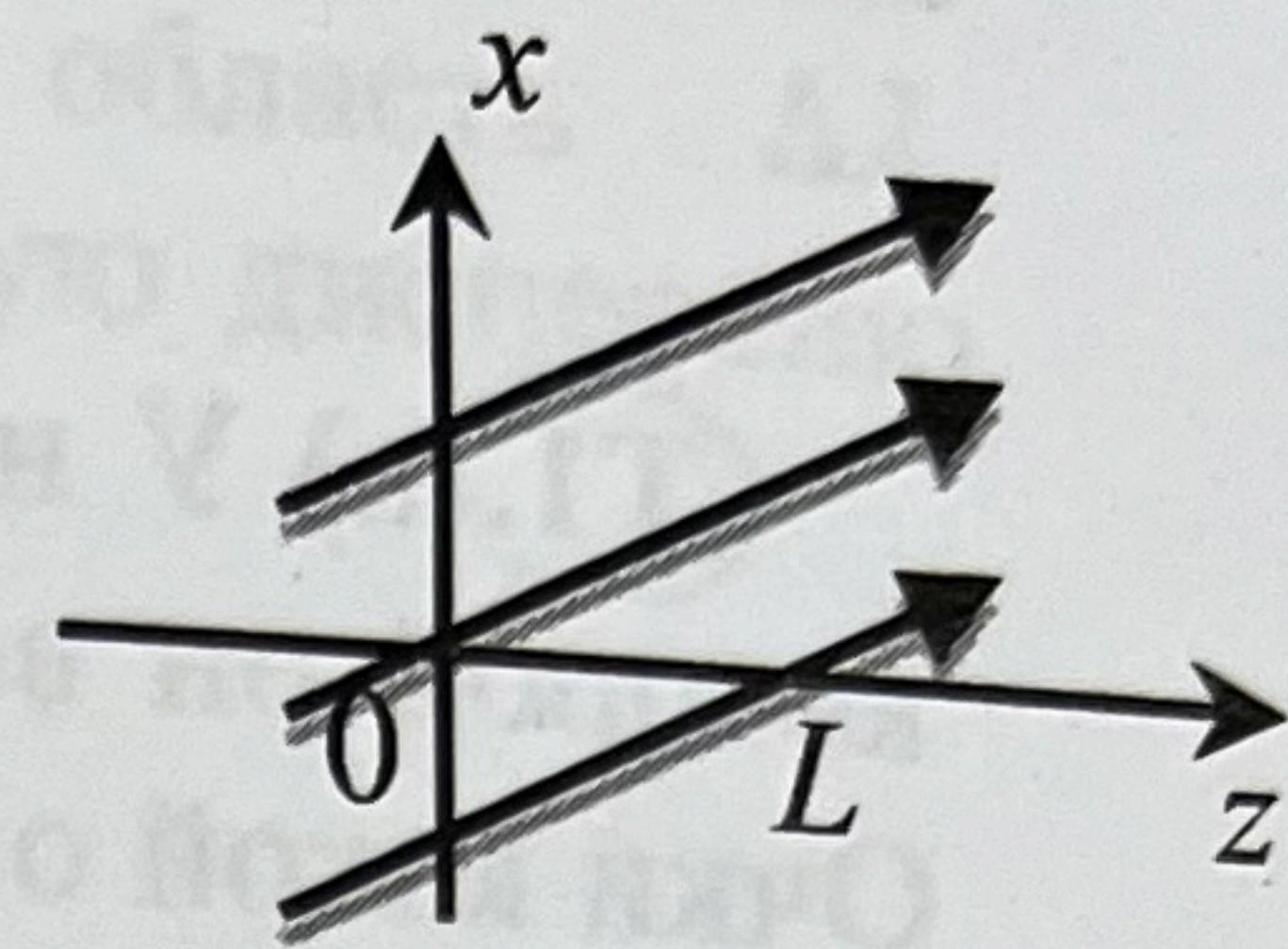
Ответ: $\delta\varphi \approx 1,2 \cdot 10^{-4}$ рад.

№2. Дифракционная решётка с периодом d имеет размер $D = 10^3 d$ в направлении, перпендикулярном штрихам. Ширина прозрачных штрихов решётки равна половине периода. Определите максимальную разрешающую способность решётки в спектрах 1-го и 2-го порядков.

Ответ: $R_1 = 10^3$, $R_2 = 0$.

Семинар 11

01. Плоская волна с длиной волны λ распространяется в плоскости xz под углом α к оси z . Запишите распределение комплексной амплитуды волны и интенсивности в плоскости $z = 0$. Найти разность фаз между колебаниями в точках $z = 0$ и $z = L$, лежащих на оси z (см. рис.).



02. Решётка освещается нормально падающей плоской монохроматической волной с амплитудой A . Укажите пространственные частоты и амплитуды плоских волн за дифракционной решёткой, прозрачность которой $\tau(x) = \cos^2(\Omega x)$.

03. Оцените ширину пространственного спектра плоских волн Δk_x при дифракции плоской монохроматической волны на щели шириной b .

Семинар 12

01. Точечный источник с длиной волны λ расположен в начале координат. Пользуясь параболическим приближением, найти распределение комплексной амплитуды и интенсивности в плоскости $x = L$.

02. Голограмму точечного источника, находящегося на расстоянии L от фотопластинки, записали по схеме Габора на длине волны λ . Где будут находиться мнимое и действительное изображения, если восстановление голограммы производить светом с длиной волны 2λ ?

03. Почему при получении голографических изображений объёмных объектов практический интерес представляют только мнимые изображения? Поясните ответ с помощью схематического рисунка.

Семинар 14

01. Пользуясь формулой Рэлея, оцените коэффициент пропускания света слоем воздуха толщиной 8 км в атмосфере вблизи поверхности Земли, для двух длин волн: $\lambda = 400$ нм (фиолетовый свет) и 650 нм (красный свет). Показатель преломления воздуха принять равным $n - 1 = 2,9 \cdot 10^{-4}$.

Ответ: $T_{400} \approx 0,7$, $T_{700} \approx 0,95$.

02. Лазерный пучок проходит сквозь слабопоглощающую жидкость (интенсивность пучка максимальна на его оси). Каков знак возникающей в жидкости линзы?

03. Молекулы некоторой жидкости имеют разную поляризуюемость по разным осям. Как будут ориентироваться молекулы в поле световой волны: максимальной поляризуюемостью по направлению \vec{E} или перпендикулярно \vec{E} ? Ответ обосновать.

Текстовые задачи

T1. а) У некоторого близорукого человека дальняя граница области, в которой он видит предметы резко, находится на расстоянии L_d от глаза. Очкі какой оптической силы D ему следует носить, чтобы эта граница переместилась в бесконечность? Провести расчет для $L_d = 0,5$ м.

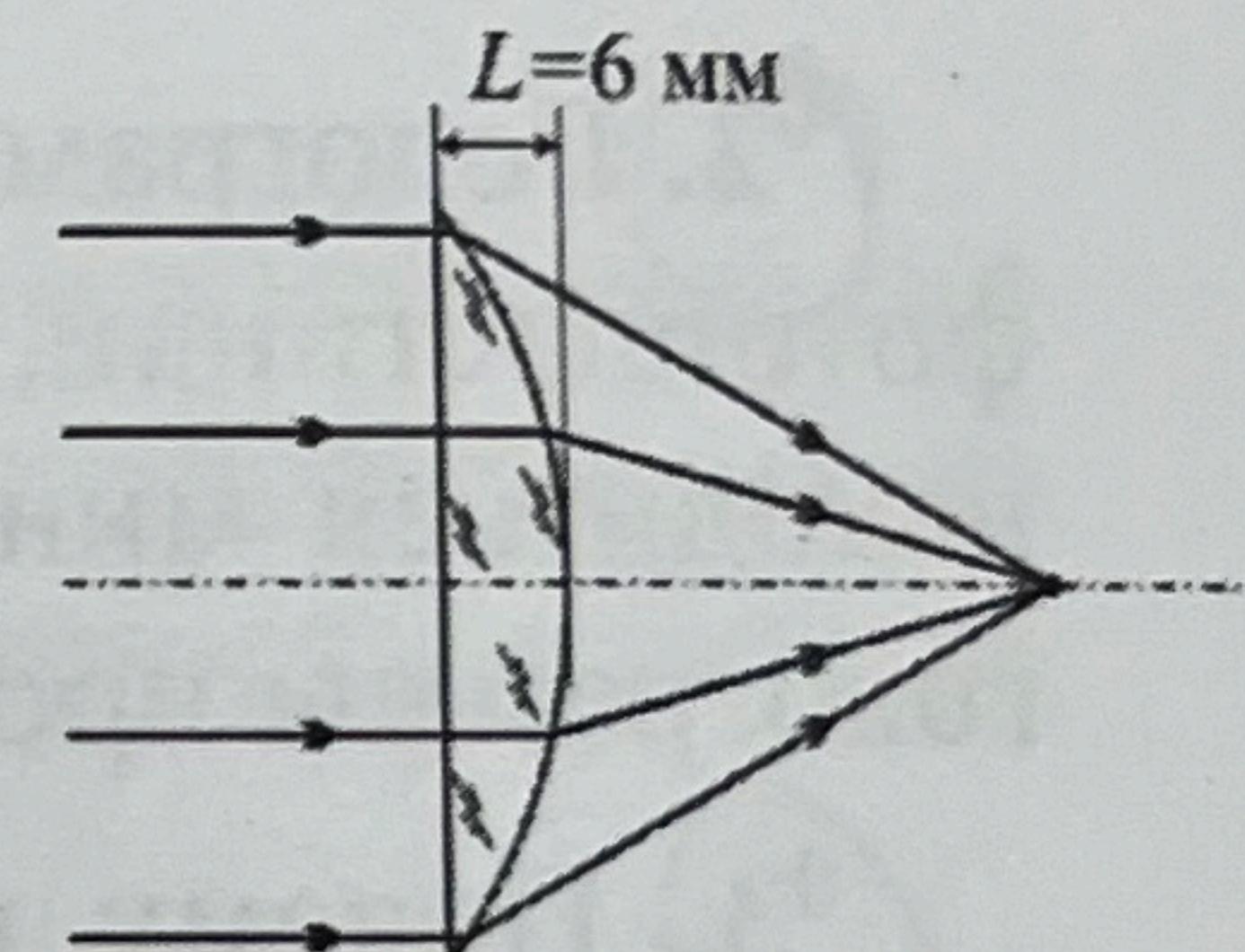
б) У некоторого дальнозоркого человека ближняя граница области, в которой он видит предметы резко, находится на расстоянии L_b от глаза. Очкі какой оптической силы ему следует надеть, чтобы эта граница переместилась в «положение наилучшего зрения» $L_0 = 25$ см. Провести расчет для $L_b = 1$ м.

Ответ: а) $D = -2$ дптр, б) $D = +3$ дптр.

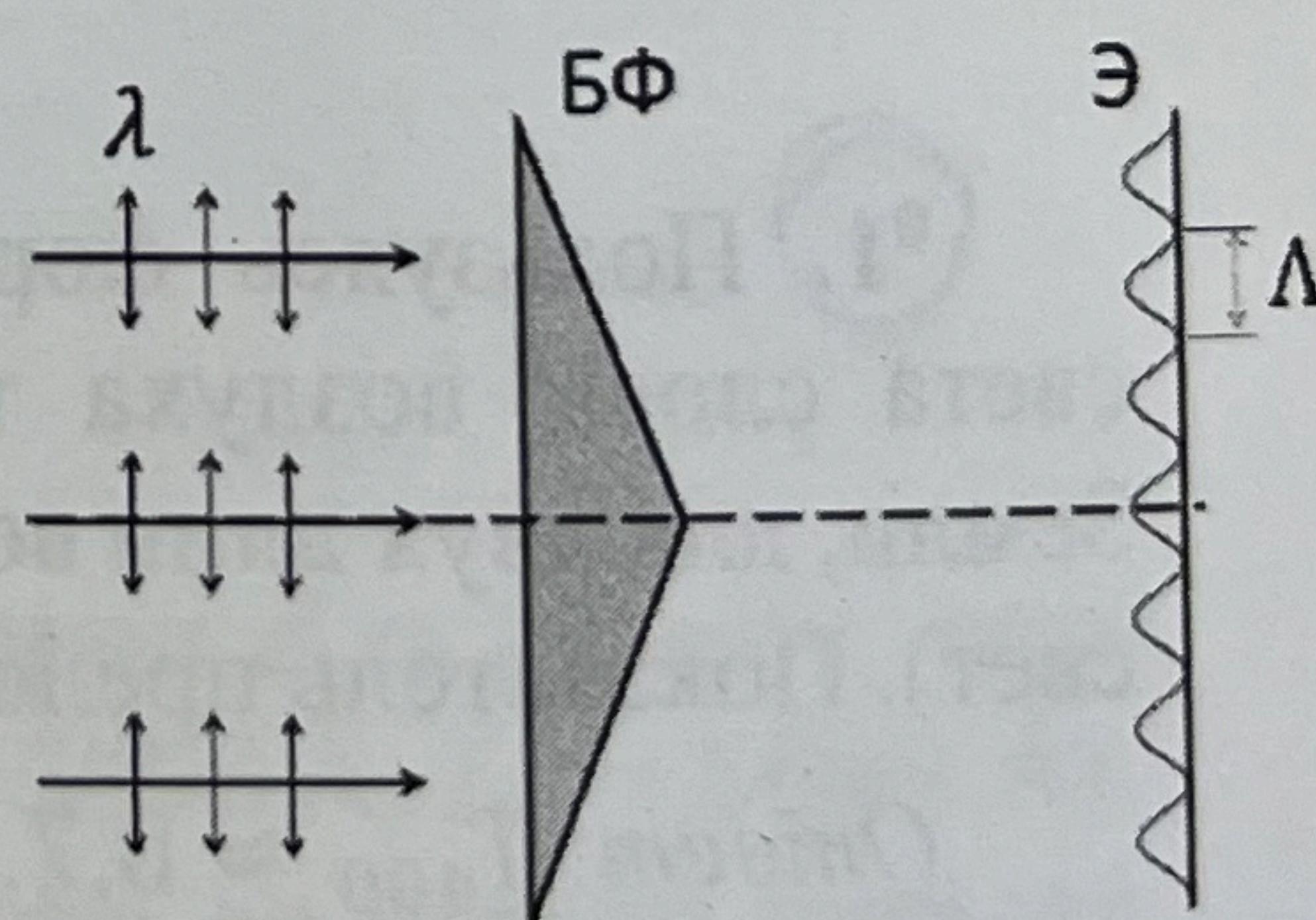
T2. Найти тип идеальной формы поверхности плоско-выпуклой линзы для фокусировки параллельного пучка в точку (сфера, гипербола, парабола или др). Линза расположена плоской поверхностью к плоскому волновому фронту.

T3. (2019) Параллельный пучок излучения длительностью 100 фс и средней длиной волны $\lambda = 500$ нм фокусируется положительной линзой толщиной $L = 6$ мм в центре и близкой к нулю на краях. Пучок заполняет всю линзу. Показатель преломления материала линзы $n = 1,7$, групповая скорость в стекле $v_{\text{grp}} = 0,55c$. Оценить длительность импульса в фокусе линзы.

Ответ: $\tau \approx 2,4$ пс.



T4. (2019) Падающая на бипризму Френеля БФ плоская монохроматическая линейно поляризованная волна создает на плоском экране Э интерференционную картину с шириной полосы Λ . Плоскость падения перпендикулярна плоскости экрана. Поле E волны колеблется параллельно плоскости падения. Длина волны λ . Определите видность V интерференционной картины.



Ответ: $V = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$.

T5. Спектральная линия H_α атомарного водорода ($\lambda = 6563$ Å) имеет тонкую структуру в виде двух «сублиний» в интервале длин волн $\delta\lambda \approx 0,16$ Å. Какой должна быть минимальная база интерферометра Фабри–Перо L с коэффициентом отражения зеркал по интенсивности $\rho = 0,9$, чтобы с его

помощью можно было обнаружить тонкую структуру линии? Определите также для такого интерферометра: дисперсионную область $\Delta\lambda$, направление на ближайший к центру максимум θ_1 и угловую дисперсию $d\theta/d\lambda$ вблизи него. В центре картины – светлое пятно.

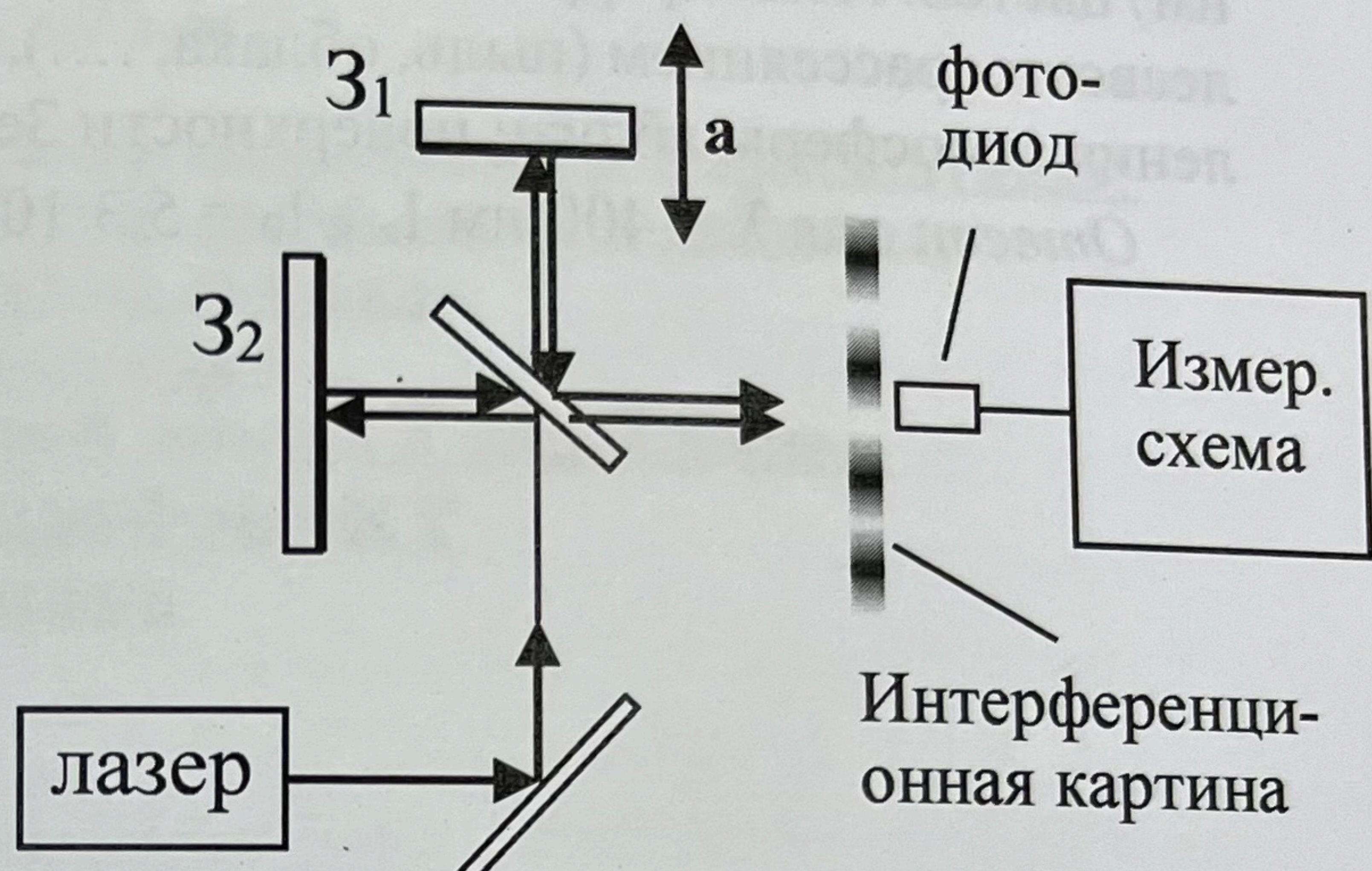
Ответ: $L = 0,4$ мм, $\Delta\lambda = 5$ Å, $\theta_1 = 2,3^\circ$, $D = 4 \cdot 10^{-3}$ Å⁻¹.

T6. Современные фотодиоды обеспечивают огромный диапазон линейности, до 11 порядков по интенсивности света, то есть в этом диапазоне фототок линейно зависит от интенсивности света, падающего на фотодиод. Это позволяет измерять очень малые интенсивности модулированных по амплитуде световых сигналов на фоне гораздо более мощной постоянной засветки.

Излучение хорошо стабилизированного непрерывного лазера с длиной волны 0,6 мкм пропускается через интерферометр Майкельсона, в котором одно из зеркал Z_1 может колебаться с малой амплитудой a . Зеркало Z_2 чуть-чуть наклонено, так что в плоскости фотоприемника получаются достаточно широкие (больше размера фотоприемника) интерференционные полосы. Смещение зеркала Z_1 приводит к смещению интерференционных полос. Оцените минимальное значение a_{\min} амплитуды колебаний, которое можно измерить данной схемой, если измерительное устройство позволяет обнаружить периодические колебания фототока, составляющие величину 10^{-10} от величины тока в максимуме интерференционной картины. В каком месте интерференционной картины (в максимуме, минимуме интенсивности или в другом месте) следует располагать фотодиод для получения максимальной чувствительности?

Ответ: $a_{\min} \approx 10^{-16}$ см.

T7. Кристалл ниобата лития обладает сильной нелинейностью и довольно часто используется для генерации второй гармоники. Показатели преломления для обыкновенной и необыкновенной волны этого кристалла сильно зависят от температуры. Для необыкновенной волны $\frac{dn_e}{dT} = 5,4 \cdot 10^{-6}$ (°C)⁻¹, а для обыкновенной $\frac{dn_o}{dT} = 37,9 \cdot 10^{-6}$ (°C)⁻¹. Оцените, насколько надо изменить температуру кристалла, чтобы интенсивность генерации второй гармоники стала равной нулю. Считайте, что до изменения



температуры было достигнуто условие фазового синхронизма, длина волны накачки равна $\lambda = 1$ мкм, а длина кристалла $l = 1$ см.

Ответ: $\delta T \approx 1.54^\circ\text{C}$.

Т8. Найти пропускание атмосферой солнечного излучения во время восхода. Сделать расчет для красного ($\lambda = 700$ нм) и фиолетового ($\lambda = 400$ нм) цветов. Атмосферу считать изотермической, потери, не связанные с рэлеевским рассеянием (пыль, облака, ...), не учитывать. Показатель преломления атмосферы вблизи поверхности Земли равен $n_0 = 1,0003$.

Ответ: для $\lambda = 400$ нм $I_{\text{кон}}/I_0 = 5,3 \cdot 10^{-6}$, для $\lambda = 700$ нм $I_{\text{кон}}/I_0 = 0,27$.