

# ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ

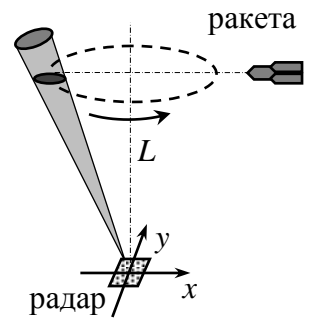
11 июня 2015г.

ФИО	№ группы

**ВАРИАНТ А**

1	2	3	4	5	Σ	оценка

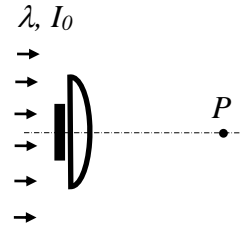
**1А.** Фазированная антенная решётка (радар) представляет собой неподвижную квадратную двумерную решётку излучателей периода  $d$ , излучающую радиоволны длиной  $\lambda = 10$  см (размер решётки  $D = 10$  м). Для управления лучом радара (направлением главного дифракционного максимума) начальные фазы излучающих элементов  $\varphi$  меняются по закону  $\varphi(x, y, t) = \frac{\varphi_0 x}{\lambda} \sin \Omega t + \frac{\varphi_0 y}{\lambda} \cos \Omega t$ , где  $\varphi_0 = \frac{\pi}{10}$ ,  $\Omega = 20\pi$  рад/с. Оцените, с какой минимальной скоростью  $v$  должна двигаться ракета, чтобы, пролетая через центр зоны облучения на расстоянии  $L = 100$  км от радара, иметь шанс остаться незамеченной?



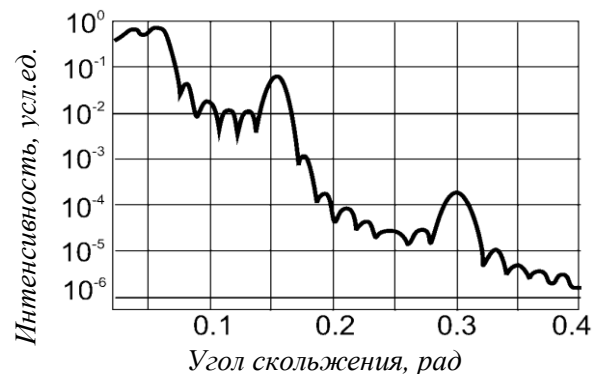
**2А.** При наблюдении колец Ньютона в отражённом свете через микроскоп было обнаружено, что если навести микроскоп точно на верхнюю поверхность плоской стеклянной пластинки, то можно разглядеть  $m_1 = 100$  тёмных колец, а если после этого поднять тубус микроскопа на  $\delta = 1$  мм, то можно разглядеть только  $m_2 = 10$  колец. Оцените ширину спектра  $\Delta\lambda$  и угловой размер  $\theta$  источника излучения, если известно, что средняя длина волны  $\lambda = 400$  нм, а радиус кривизны выпуклой поверхности линзы  $R = 2,5$  см.

*Указание.* Для оценки можно пренебречь преломлением света на изогнутой поверхности линзы и считать, что в микроскоп наблюдается интерференция плоской волны, отражённой от пластинки, и сферической волны, отражённой от выпуклой поверхности линзы.

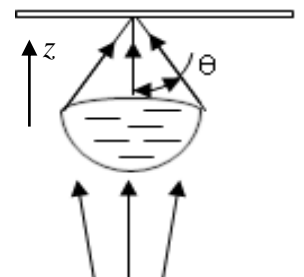
**3А.** Круглый диск диаметра  $d$ , изготовленный из поляроидной плёнки, освещается нормально падающей плоской волной естественного света (длина волны  $\lambda$ , интенсивность света  $I_0$ ). Во сколько раз изменится интенсивность света в точке  $P$ , если вплотную к диску поместить собирающую линзу диаметра  $2d$ , и при этом точка  $P$  окажется в фокусе линзы? Диск закрывает 1,5 зоны Френеля для точки  $P$  и для разрешённого направления вносит фазовую задержку, кратную  $2\pi$ . Толщина линзы на краях равна нулю.



**4А.** В спектрах рентгеновской дифракции на тонких кристаллических плёнках, помимо выраженных брэгговских пиков, наблюдаются слабые осцилляции, связанные с конечной толщиной пленки (осцилляции Киссига). Определите по представленной зависимости интенсивности отраженного рентгеновского излучения от угла скольжения: 1) толщину пленки; 2) расстояние между атомными плоскостями в направлении роста пленки. Длина волны рентгеновского излучения  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ . Учтите, что показатель преломления рентгеновского излучения в веществе близок к единице.



**5А.** В оптических Blu-ray приводах для острой фокусировки излучения полупроводникового лазера на диск используются светосильные асферические линзы, у которых отношение квадратов диаметра и фокусного расстояния  $\sim 1$ . Они обеспечивают почти идеальный сферический фронт сходящейся волны, но имеют малый продольный (вдоль оси  $z$ ) размер фокального пятна. Найти, с какой точностью нужно поддерживать расстояние между линзой и поверхностью диска, чтобы еще не попасть в первый минимум (при продольном смещении) интенсивности световой волны. Числовая апертура  $\sin \theta = 0,85$ , длина волны  $\lambda = 0,405$  мкм, амплитуда световой волны одинакова во всех точках волнового фронта после линзы.



# ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ

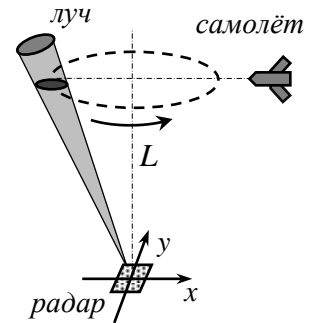
11 июня 2015г.

ФИО	№ группы

**ВАРИАНТ Б**

1	2	3	4	5	Σ	оценка

**1Б.** Фазированная антенная решётка (радар) представляет собой неподвижную квадратную двумерную решётку излучателей периода  $d$ , излучающую радиоволны длиной  $\lambda = 10$  см (размер решётки  $D = 10$  м). Для управления лучом радара (направлением главного дифракционного максимума) начальные фазы излучающих элементов  $\varphi$  меняются по закону  $\varphi(x, y, t) = \frac{\varphi_0 x}{\lambda} \sin \Omega t + \frac{\varphi_0 y}{\lambda} \cos \Omega t$ , где  $\varphi_0 = \frac{\pi}{10}$ ,  $\Omega = 20\pi$  рад/с. Оцените, сколько раз самолёт, пролетающий с постоянной скоростью  $v = 500$  м/с через центр зоны облучения на расстоянии  $L = 100$  км от радара, окажется в области луча радара.

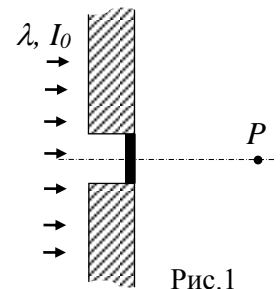


**2Б.** Для наблюдения колец Ньютона в отражённом свете используется источник света с угловым размером  $\theta = 5 \cdot 10^{-2}$  рад, средней длиной волны  $\lambda = 450$  нм и шириной спектра  $\Delta\lambda = 9$  нм. Кольца наблюдают с помощью микроскопа, сфокусированного на верхнюю поверхность стеклянной пластинки, на которой лежит плосковыпуклая линза с радиусом кривизны выпуклой поверхности  $R = 5$  см.

1. Какое максимальное число тёмных колец  $m_{max}$  можно увидеть в данных условиях?
2. Оцените, при каком максимальном смещении  $\delta$  тубуса микроскопа по вертикали количество видимых колец ещё не будет уменьшаться?

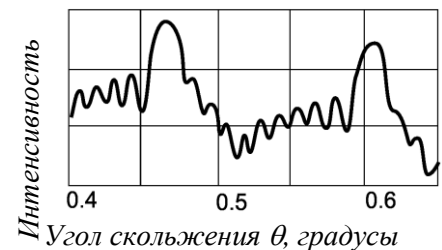
*Указание.* Для оценки можно пренебречь преломлением света на изогнутой поверхности линзы и считать, что в микроскоп наблюдается интерференция плоской волны, отражённой от пластинки, и сферической волны, отражённой от выпуклой поверхности линзы.

**3Б.** Плоскопараллельная прозрачная пластинка толщины  $d$  с показателем преломления  $n$  освещается параллельным, нормально падающим пучком света с длиной волны  $\lambda$  и интенсивностью  $I_0$ . В пластинке просверлено маленькое отверстие в 1,5 зоны Френеля для точки наблюдения  $P$ , лежащей на оси отверстия (см. рис.1).

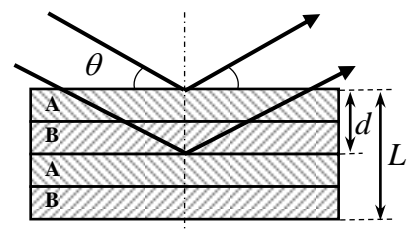


Отверстие перегородено непрозрачным диском. Найти изменение интенсивности в т.  $P$ , если диск заменить линзой, вставленной в отверстие так, что точка  $P$  оказывается в фокусе линзы (толщина линзы на краях равна нулю, см. рис.2). При какой толщине пластинки интенсивность в т.  $P$  максимальна? Найти  $I_{max}$ .

**4Б.** Наблюдается дифракция рентгеновского излучения ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ) на многослойной структуре, составленной из чередующихся слоев материалов А и В. Толщины слоев  $t_A$  и  $t_B$  различны, межплоскостные расстояния в материалах А и В также различны. При этом на зависимости интенсивности отраженного излучения от угла скольжения наблюдаются пики, связанные с искусственной периодичностью структуры и



конечной толщиной всей многослойной пленки. Определить период структуры  $d = t_A + t_B$ , а также толщину многослойной пленки  $L$ . Учтите, что показатель преломления рентгеновского излучения в веществе близок к единице, и в рассматриваемом диапазоне углов скольжения структура дифракционной картины, связанная с отражением от отдельных атомных плоскостей, никак не проявляется.



**5Б.** В экспериментах по лазерному термоядерному синтезу для острой фокусировки лазерного излучения на мишень используются светосильные асферические линзы, у которых отношение квадратов диаметра и фокусного расстояния  $\sim 1$ . Они обеспечивают почти идеальный сферический фронт сходящейся волны, но имеют малый продольный размер фокального пятна. Найти, насколько можно сместить мишень в продольном направлении от фокальной плоскости, чтобы еще не попасть в первый минимум интенсивности световой волны? Диаметр пучка  $D = 6$  см, фокусное расстояние  $F = 10$  см, длина волны  $\lambda = 0,53$  мкм, амплитуда световой волны одинакова во всех точках волнового фронта.