

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 5

### ВАРИАНТ 1.

1. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ( $\lambda_1 = 500$  нм) заменить красным ( $\lambda_2 = 650$  нм)?

2. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ( $\lambda = 147$  пм). Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом  $\theta = 31^\circ 30'$  к поверхности кристалла.

3. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, установленные так, что угол между их плоскостями равняется  $\varphi$ . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8 % падающего на них света. Оказалось, что интенсивность луча, который вышел из анализатора, составляет 9 % интенсивности естественного света, который падает на поляризатор. Определить угол  $\varphi$ .

4. Свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление  $p = 4$  мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 10$  с на площадь  $S = 1$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

5. При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов  $U = 0,8$  В. Определить длину волны  $\lambda$  примененного излучения и предельную длину волны  $\lambda_0$ , при которой еще возможен фотоэффект.

6. Зачерненный шарик остывает от температуры  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 200$  К. На сколько изменилась длина волны  $\lambda$ , которая соответствует максимуму спектральной плотности энергетической светимости?

7. Какой была длина волны  $\lambda$  рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $\theta = 60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной  $\lambda' = 25,4$  пм?

### ВАРИАНТ 2.

1. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом ( $\lambda = 600$  нм). Расстояние между отверстиями  $d = 1$  мм, расстояние от отверстий до экрана  $L = 3$  м. Определить положение третьей светлой полосы.

2. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом  $\varphi = 36^\circ 48'$  к нормали. Определить постоянную  $d$  решетки, выраженную в длинах волн падающего света.

3. Определить угол  $\varphi$  между плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, который проходит через поляризатор и анализатор, уменьшается в 4 раза.

4. Какую мощность  $P$  надо подводить к зачерненному металлическому шару радиусом  $r = 2$  см, чтобы поддерживать его температуру на  $\Delta T = 27$  К выше температуры окружающей среды? Температура окружающей среды  $T = 293$  К. Считать, что тепло теряется только вследствие излучения.

5. Определить длину волны  $\lambda_0$  света, который соответствует красной границе фотоэффекта для лития, натрия, калия и цезия.

6. Определить длину волны  $\lambda$  фотона, масса которого равняется массе покоя: 1) электрона; 2) протона.

7. На поверхность, которая идеально отражает, в течение времени  $t = 3$  мин нормально падает монохроматический свет, энергия которого  $W = 9$  Дж. Площадь поверхности  $S = 5$  см<sup>2</sup>. Определить давление света на поверхность.

### ВАРИАНТ 3.

1. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей размещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, которое сначала было занято пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает перпендикулярно к поверхности пластинки. Показатель преломления пластинки  $n = 1,5$ . Длина волны  $\lambda = 600$  нм. Какова толщина  $h$  пластинки?

2. На щель шириной  $a = 2$  мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 589$  нм). Определить ширину  $A$  изображения щели на экране, удаленном от щели на расстояние  $l = 1$  м. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, размещенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

3. Пучок естественного света, который идет в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения  $i_B$  отраженный свет целиком поляризован?

4. Поверхность тела нагрета до температуры  $T = 1\ 000$  К. Потом одна половина этой поверхности нагревается на  $\Delta T = 100$  К, другая охлаждается на  $\Delta T = 100$  К. Во сколько раз изменится энергетическая светимость  $R_\epsilon$  поверхности тела?

5. Длина волны света, которая соответствует красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Определить минимальную энергию  $\epsilon$  фотона, который вызовет фотоэффект.

6. Давление  $p$  монохроматического света ( $\lambda = 600$  нм) на черную поверхность, расположенную перпендикулярно падающим лучам, равно  $0,1$  мкПа. Определить количество  $N$  фотонов, которые падают за время  $t = 1$  с на поверхность площадью  $S = 1$  см<sup>2</sup>.

7. Рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = 20$  пм испытывает комптоновское рассеяние под углом  $\theta = 90^\circ$ . Определить изменение  $\Delta\lambda$  длины волны рентгеновского излучения при рассеянии, а также энергию и импульс электрона отдачи.

### ВАРИАНТ 4.

1. На тонкий клин в направлении нормали к его поверхности падает монохроматический свет ( $\lambda = 600$  нм). Определить угол  $\alpha$  между поверхностями клина, если расстояние  $b$  между соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно 4 мм.

2. Точечный источник света ( $\lambda = 0,5$  мкм) расположен на расстоянии  $a = 1$  м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметра  $d = 2$  мм. Определить расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля.

3. Угол Брюстера  $i_B$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

4. Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900$  К. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9$  мкм. До какой температуры  $T_2$  охладилось тело?

5. Длина волны света, которая соответствует красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0 = 275$  нм. Определить работу выхода  $A$  электрона из металла, максимальную скорость  $v_{\max}$  электронов, которые вырываются из металла светом с длиной волны  $\lambda = 180$  нм, и максимальную кинетическую энергию  $W_{\max}$  электронов.

6. Монохроматическое излучение с длиной волны  $\lambda = 500$  нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой  $F = 10$  нН. Определить количество  $N_1$  фотонов, которые каждую секунду падают на эту поверхность.

7. Определить энергию  $\varepsilon$ , массу  $m$  и импульс  $p$  фотона, если соответствующая ему длина волны  $\lambda_1 = 1,6$  пм.

## ВАРИАНТ 5.

1. На мыльную пленку падает белый свет под углом  $i = 45^\circ$  к ее поверхности. При какой наименьшей толщине  $h$  пленки отраженные лучи будут иметь желтый цвет ( $\lambda = 600$  нм)? Показатель преломления мыльной воды  $n = 1,33$ .

2. Какой должна быть постоянная  $d$  дифракционной решетки, чтобы в первом порядке были разрешены линии спектра калия  $\lambda_1 = 404,4$  нм и  $\lambda_2 = 404,7$  нм? Ширина решетки  $a = 3$  см.

3. Предельный угол  $i_{\text{пр}}$  полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен  $43^\circ$ . Определить угол Брюстера  $i_B$  для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.

4. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость  $R_e$  возросла в два раза?

5. Параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda = 662$  нм) нормально падает на зачерненную поверхность и производит на нее давление  $p = 0,3$  мкПа. Определить концентрацию  $n$  фотонов в световом пучке.

6. Определить угол  $\theta$  рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии  $\Delta\lambda = 3,63$  пм.

7. Определить массу  $m$  фотона: а) видимого света ( $\lambda_1 = 700$  нм); б) рентгеновских лучей ( $\lambda_1 = 25$  пм); в) гамма-лучей ( $\lambda = 1,6$  пм).

#### ВАРИАНТ 6.

1. Мыльная пленка расположена вертикально и образует клин вследствие стекания жидкости. При наблюдении интерференционных полос в отраженном свете ртутой дуги ( $\lambda = 546,1$  нм) оказалось, что расстояние между пятью полосами  $l = 2$  см. Определить угол  $\alpha$  клина. Свет падает перпендикулярно поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды  $n = 1,33$ .

2. Плоская световая волна ( $\lambda = 0,7$  мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r = 1,4$  мм. На пути лучей, прошедших через отверстие, помещен экран. Определить максимальное расстояние  $b_{\max}$  от центра отверстия до экрана, при котором в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно.

3. Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определенной длины волны  $\alpha = 0,1$  см<sup>-1</sup>. Определить толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света в 2 раза.

4. Определить относительное увеличение  $\Delta R_e/R_e$  энергетической светимости черного тела при увеличении его температуры на 1%.

5. Определить частоту  $\nu$  света, который вырывает из металла электроны, если они целиком задерживаются разностью потенциалов  $U = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла.

6. Фотон с длиной волны  $\lambda = 15$  пм рассеялся на свободном электроне. Длина волны рассеянного фотона  $\lambda' = 16$  пм. Определить угол  $\theta$  рассеяния.

7. С какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия равнялась энергии фотона с длиной волны  $\lambda = 520$  нм?

#### ВАРИАНТ 7.

1. На пути световой волны, которая распространяется в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной  $h = 1$  мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку: 1) нормально; 2) под углом  $i = 30^\circ$ ?

2. Постоянная дифракционной решетки  $d = 2$  мкм. Какую разность длин волн  $\Delta\lambda$  может разрешить эта решетка в области желтых лучей ( $\lambda = 600$  нм) в спектре второго порядка? Ширина решетки  $a = 2,5$  см.

3. Угол  $\varphi$  между плоскостями поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, который выходит из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ ?

4. Температура  $T$  верхних слоев звезды Сириус равна  $10$  кК. Определить поток энергии  $\Phi_e$ , который излучается с поверхности площадью  $S = 1$  км<sup>2</sup> этой звезды.

5. Фотоны с энергией  $\varepsilon = 4,9$  эВ вырывают электроны из металла с работой выхода  $A = 4,5$  эВ. Определить максимальный импульс  $p_{\max}$ , сообщенный поверхности металла при вылете каждого электрона.

6. С какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его импульс равнялся импульсу фотона с длиной волны  $\lambda = 520$  нм?

7. Энергия рентгеновских фотонов  $\varepsilon = 0,6$  МэВ. Определить энергию электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на  $20\%$ .

### ВАРИАНТ 8.

1. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, который падает по нормали к поверхности пластинки. Определить толщину  $h$  воздушного зазора между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается четвертое темное кольцо в отраженном свете.

2. На дифракционную решетку падает нормально пучок света. Красная линия ( $\lambda = 700$  нм) в спектре первого порядка видна под углом дифракции  $\varphi = 30^\circ$ . Определить постоянную  $d$  дифракционной решетки. Какое количество штрихов  $N_0$  нанесено на единицу длины этой решетки?

3. Во сколько раз ослабляется интенсивность естественного света, который проходит через два поляризатора, плоскости которых образуют угол  $\varphi = 30^\circ$ ?

4. В каких областях спектра лежат длины волн, которые соответствуют максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если источником света служит: а) спираль электрической лампочки ( $T = 3\ 000$  К); б) поверхность Солнца ( $T = 6\ 000$  К); в) атомная бомба, в которой в момент взрыва развивается температура  $T \approx 10^7$  К?

5. Определить постоянную Планка  $h$ , если известно, что электроны, которые вырываются из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_1 = 6,6$  В, а те, которые вырываются светом с частотой  $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$  Гц, – разностью потенциалов  $U_2 = 16,5$  В.

6. На плоскую идеально отражающую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,55$  мкм. Поток излучения  $\Phi_e$  составляет  $0,45$  Вт. Определить силу давления, которую испытывает эта поверхность.

7. Какую энергию  $\varepsilon$  должен иметь фотон, чтобы его масса равнялась массе покоя электрона?

## ВАРИАНТ 9.

1. Расстояние  $\Delta r_{1,2}$  между первым и вторым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние  $\Delta r_{9,10}$  между девятым и десятым кольцами.
2. Свет от монохроматического источника ( $\lambda = 600$  нм) падает нормально на диафрагму с диаметром отверстия  $d = 6$  мм. За диафрагмой на расстоянии  $l = 3$  м от нее помещен экран. Какое количество  $k$  зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?
3. Определить показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч полностью поляризован в случае, когда угол преломления составляет  $35^\circ$ .
4. Поток энергии  $\Phi$ , который излучается из окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Определить температуру  $T$ , если площадь отверстия  $S = 6$  см<sup>2</sup>.
5. Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении  $\gamma$ -фотонами с энергией  $\varepsilon = 1,53$  МэВ.
6. При какой температуре  $T$  кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равняется энергии фотона с длиной волны  $\lambda = 589$  нм?
7. Фотон с энергией 100 кэВ вследствие эффекта Комптона рассеялся при столкновении со свободным электроном на угол  $\theta = \pi/2$ . Определить энергию фотона после рассеяния.

## ВАРИАНТ 10.

1. На поверхность стеклянного объектива ( $n_1 = 1,5$ ) нанесена тонкая пленка, показатель преломления которой  $n_2 = 1,2$  (пленка, которая „просветляет“). При какой наименьшей толщине  $d$  этой пленки произойдет максимальное ослабление отраженного света в средней части видимого спектра?
2. Определить наибольший порядок  $m$  спектра для желтой линии натрия ( $\lambda = 589$  нм), если постоянная дифракционной решетки  $d = 2$  мкм.
3. Определить, под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы отраженные от поверхности воды ( $n = 1,33$ ) лучи были полностью поляризованными.
4. Определить температуру  $T$ , при которой энергетическая светимость  $R_e$  абсолютно черного тела равняется 10 кВт/м<sup>2</sup>.
5. Определить задерживающее напряжение  $U$  для электронов, которые вырываются при облучении калия светом с длиной волны  $\lambda = 330$  нм.
6. На зеркальную поверхность площадью  $S = 6$  см<sup>2</sup> падает нормально поток излучения  $\Phi = 0,8$  Вт. Определить давление  $p$  и силу давления  $F$  света на эту поверхность.
7. Определить длину волны  $\lambda$  фотона, импульс которого равняется импульсу электрона, движущемуся со скоростью  $v = 10$  Мм/с.