

Федеральное агентство по образованию  
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет-УПИ»

**КВАНТОВАЯ ОПТИКА**  
Индивидуальное задание по физике

Екатеринбург 2006

УДК 53 (075.8)

Составитель Е.С.Левин

Научный редактор доцент, канд. физ.-мат. наук А.А.Сабирзянов

**КВАНТОВАЯ ОПТИКА:** Индивидуальное задание по физике для студентов всех форм обучения всех специальностей / Е.С.Левин. Издание переработанное и дополненное.

Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 41 с.

Приведены варианты индивидуальных заданий по теме «Квантовая оптика»

Подготовлено кафедрой физики.

© ГОУ ВПО «Уральский государственный  
технический университет – УПИ», 2006

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Индивидуальное задание по физике

**1.1.** Перечислите номера правильных утверждений.

- 1 Тепловое излучение - это излучение, испускаемое нагретыми телами.
- 2 Тепловое излучение - это единственный вид излучения, которое может находиться в равновесии с излучающим телом.
- 4 Чем меньше коэффициент поглощения тела, тем больше энергии оно излучает в данных условиях.
- 8 Чем больше коэффициент поглощения тела, тем меньше энергии оно излучает.

**1.2.** Исследование спектра излучения Солнца показало, что максимум спектральной плотности энергетической светимости соответствует длине волны  $\lambda_m = 5 \cdot 10^{-7}$  м. Принимая Солнце за абсолютно черное тело, определить его энергетическую светимость  $R_s$  и поток энергии  $\Phi$ , излучаемый Солнцем, если радиус Солнца  $r = 7 \cdot 10^8$  м.

**1.3.** Укажите номера верных утверждений.

- 1 Внешний фотоэффект - это вырывание электронов из вещества под действием света.
- 2 Если падающий на поверхность металла свет достаточно интенсивный, то всегда происходит вырывание электронов наружу.
- 4 Сила фототока насыщения пропорциональна интенсивности падающего на фотокатод монохроматического излучения.
- 8 Сила фототока насыщения пропорциональна световому потоку, падающему на поверхность металла.

**1.4.** Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра ультрафиолетовыми лучами с длиной волны  $\lambda = 0,155$  мкм.

1.5. Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1] Эффект Комптона - это изменение длины волны фотона при его рассеянии на квазисвободном электроном.

2] Эффект Комптона - это результат упругих столкновений фотонов со слабо связанными электронами рассеивающего вещества.

4] Изменение длины волны  $\Delta\lambda$  при комптоновском рассеянии не зависит от природы и рассеивающего вещества и первоначальной длины волны  $\lambda_0$  излучения.

8] Изменение длины волны  $\Delta\lambda$  при комптоновском рассеянии зависит от угла рассеяния  $\varphi$ .

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Индивидуальное задание по физике

### 2.1. Перечислите номера правильных утверждений

- 1 Интегральный поток излучения  $\Phi$  - это энергия всех электромагнитных волн, протекающих через рассматриваемую поверхность за единицу времени.
- 2 Дифференциальный поток излучения  $d\Phi$  - это энергия электромагнитного излучения с длинами волн от  $\lambda$  до  $\lambda + d\lambda$ , протекающих за единицу времени через рассматриваемую поверхность.
- 4 Энергетическая светимость тела  $R_\lambda$  - энергия всех электромагнитных волн, излучаемых при данной температуре  $T$  единицей поверхности тела за единицу времени.
- 8 Дифференциальная энергетическая светимость тела  $dR_\lambda$  - это энергия электромагнитных волн с длинами волн от  $\lambda$  до  $\lambda + d\lambda$ , излучаемых при данной температуре  $T$  единицей поверхности тела за единицу времени.

### 2.2. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, $\lambda_m = 0,58$ мкм.

Определить энергетическую светимость  $R_\lambda$  поверхности тела и максимальную спектральную плотность энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$ .

### 2.3. Укажите номера верных утверждений.

- 1 Для каждого металла наблюдается внешний фотоэффект при его облучении интенсивным видимым светом.
- 2 Не для каждого металла существует красная граница фотоэффекта.
- 4 Фотоэффект возможен при  $h\nu > A$
- 8 Энергия выбитых фотоэлектронов не зависит от интенсивности излучения.

### 2.4. Определить красную границу $\lambda_{кр}$ фотоэффекта для цезия, если при облучении его фиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda = 400$ нм максимальная скорость фотоэлектронов $V_{\max} = 6,5 \cdot 10^5$ м/с.

**2.5.** Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1 В рассеянном подл углом  $\varphi$  излучения есть первоначальная  $\lambda_0$  и новое  $\lambda'$  длина волны, смещенная в сторону более длинных волн.

2 Рассеянная волна  $\lambda'$  имеет большую частоту, чем падающая.

4 При увеличении угла рассеяния  $\varphi$  интенсивность первоначальной длины волны  $\lambda_0$  убывает, а рассеянной длины волны  $\lambda'$  возрастает.

8 Комптоновский эффект наиболее ярко проявляется при рассеянии инфракрасного излучения.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Индивидуальное задание по физике

### 3.1. Перечислите номера верных утверждений.

- 1 Тепловое излучение - это оптическое излучение, возникающее за счет энергии теплового движения частиц излучающего тела.
- 2 Спектральная плотность энергетической светимости  $r_{\lambda, T}$  - энергетическая светимость тела, отнесенная к единичному интервалу длин волн, включающему данную длину волны.
- 4 Максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости  $(r)_{\lambda, T_{\max}}$  тела пропорционально пятой степени абсолютной температуры.
- 8 Для любого тела энергетическая светимость  $R$ , пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

### 3.2. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка плавильной печи, $\Phi = 34$ Вт. Определить температуру печи, если площадь отверстия $S = 6$ см<sup>2</sup>.

### 3.3. Укажите номера верных утверждений.

- 1 Сила фототока насыщения пропорциональна световому потоку (интенсивности излучения).
- 2 Энергия выбитых фотоэлектронов не зависит от интенсивности излучения.
- 4 Энергия выбитых фотоэлектронов зависит от энергии фотонов, падающих на поверхность металла.
- 8 Фотоэффект возможен, если длина волны падающего излучения больше  $\lambda_{\text{кр}}$ .

### 3.4. Будет ли иметь место фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовые лучи с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ м?

**3.5.** Перечислить номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1 Эффект Комптона - это изменение длины волны при рассеянии излучения на квазисвободном электроне.

2 Максимальное изменение длины волны рассеянного излучения наблюдается при угле рассеяния  $\varphi = 90^\circ$ .

4 Рассеянная волна имеет меньшую частоту, чем падающая.

8 Объяснение эффекта Комптона возможно только с использованием квантовых представлений.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006



# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Индивидуальное задание по физике

4.1. Перечислите номера верных утверждений.

- 1] Чем меньше коэффициент поглощения тела, тем больше энергии оно излучает.
- 2] Чем больше коэффициент поглощения тела, тем больше энергии оно излучает.
- 4] Спектральный состав излучения абсолютно черного тела зависит от его температуры.
- 8] Чем выше температура черного тела, тем меньше длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности его энергетической светимости.

4.2. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с  $\lambda_{m1} = 2,4$  мкм на  $\lambda_{m2} = 0,8$  мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость  $R_e$  и максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости  $(\Gamma_{\lambda T})_{\max}$ .

4.3. Укажите номера верных утверждений.

- 1] Сила фототока насыщения (общее число выбитых фотоэлектронов (за единицу времени) пропорциональна световому потоку.
- 2] Максимальная энергия фотоэлектрона не зависит от светового потока, а зависит только от частоты падающего на поверхность металла света.
- 4] Максимальная энергия фотоэлектрона зависит только от частоты падающего излучения, являясь линейной ее функцией.
- 8] Фотоэффект практически безинерционен.

4.4. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{кр} = 3,07 \cdot 10^{-7}$  м и

максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона  $\frac{mV_{\max}^2}{2} = 1$  эВ

4.5. Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1] Эффект Комптона можно трактовать как результат упругих столкновений фотонов со слабо связанными электронами рассеивающего вещества.

2] Объяснение эффекта Комптона возможно как с позиций квантовой теории света, так и с позиций электромагнитной теории света (теории Максвелла).

4] Рассеянная волна имеет большую частоту, чем падающая.

8] Максимальное изменение длины волны рассеянного излучения наблюдается при угле рассеяния  $\varphi = 180^\circ$ .

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

# КВАНТОВАЯ ОПТИКА

## Индивидуальное задание по физике

### 5.1. Верно ли, что ...

- ... для всех тел, имеющих одинаковую температуру, отношение спектральной плотности энергетической светимости  $r_{\lambda T}$  к соответствующему спектральному коэффициенту поглощения  $a_{\lambda T}$  одинаково?
- ... при тепловом излучении абсолютно черного тела спектральный состав излучения не зависит от свойств тела?
- ... энергетическая светимость тела  $R_3$  - это энергия всех электромагнитных волн, излучаемых при данной температуре  $T$  единицей поверхности тела за единицу времени?
- ... энергетическая светимость любого тела прямо пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры?

Перечислите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".

**5.2.** Мощность излучения раскаленной металлической поверхности  $N' = 0,67$  кВт. Температура поверхности  $T = 2500$  К, ее площадь  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Какую мощность излучения  $N$  имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение  $K$  энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.

### 5.3. Укажите номера верных утверждений.

- Внешний фотоэффект практически безинерционен.
- Не для каждого металла существует красная пороговая граница фотоэффекта.
- Рост интенсивности данного излучения вызывает увеличение силы фототока насыщения.

Максимальная скорость фотоэлектронов возрастает при увеличении частоты света падающего на поверхность металла.

**5.4.** На поверхность лития падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 3,1 \cdot 10^{-7}$  м. Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов не менее  $U_3 = 1,7$  В. Определить работу выхода электрона из металла.

**5.5.** Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1 Комптоновский эффект обычно наблюдают при рассеянии рентгеновских лучей парафином, воском, графитом.

2 Изменение длины волны  $\Delta\lambda$  рассеянного излучения не зависит от природы рассеивающего вещества и первоначальной длины волны  $\lambda_0$ , но зависит от угла рассеяния  $\varphi$ .

4 С увеличением атомного номера рассеивающего вещества большая доля фотонов рассеивается с первоначальной длиной волны  $\lambda_0$ .

8 Максимальное изменение длины волны рассеянного излучения наблюдается при угле рассеяния  $\varphi = 90^\circ$ .

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

### Индивидуальное задание по физике

**6.1.** Укажите номера верных утверждений.

- 1 При одинаковой температуре абсолютно черное тело излучает больше, чем любое другое тело.
- 2 При одинаковой температуре абсолютно белое (зеркальное) тело излучает больше, чем любое другое тело.
- 4 Спектральная плотность энергетической светимости любого тела тем больше, чем больше его спектральный коэффициент поглощения.
- 8 Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $R$ , пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

**6.2.** Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке  $d = 0,3$  мм, длина спирали  $l = 5$  см. При включении лампочки в сеть напряжением  $U = 127$  В через лампочку течет ток  $I = 0,31$  А.

Найти температуру  $T$  спирали. Считать, что по установлению равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате излучения. Отношение энергетических светимостей вольфрама и абсолютно черного тела для данной температуры  $K = 0,31$ .

**6.3.** Укажите номера верных утверждений.

- 1 Увеличение интенсивности света, падающего на поверхность металла, приводит к росту количества выбитых фотоэлектронов.
- 2 Энергия фотоэлектронов зависит от величины светового потока.
- 4 Фототок насыщения не зависит от интенсивности падающего излучения.
- 8 При неизменной интенсивности излучения, падающего на фотокатод, фототок насыщения растет с увеличением частоты света.

**6.4.** На платиновую пластинку падают ультрафиолетовые лучи. Для прекращения фотоэффекта нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U_{31} = 3,7$  В. Если платиновую пластинку заменить пластинкой из другого металла, то задерживающую разность потенциалов нужно увеличить до  $U_{32} = 6$  В. Определить работу выхода электронов  $A_2$  с поверхности этой пластинки.

**6.5.** Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

**1** Изменение длины волны излучения при комптоновском рассеянии может быть записано в виде:

$$\lambda' - \lambda_0 = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\varphi).$$

**2** Изменение длины волны  $\Delta\lambda$  зависит от природы рассеивающего вещества и угла рассеяния.

**4** Закон сохранения энергии при упругом столкновении фотона с квазисвободным электроном может быть записан в виде:

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + mc^2.$$

**8** Рассеяние фотонов происходит на электронах, а не на атомах рассеивающего вещества.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**7.1.** Перечислите номера правильных утверждений.

- 1 При тепловом излучении абсолютно черного тела длина волны  $\lambda_m$ , отвечающая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$ , убывает обратно пропорционально абсолютной температуре.
- 2 При тепловом излучении абсолютно черного тела максимальное значение спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$  возрастает при повышении температуры.
- 4 Чем выше температура абсолютно черного тела, тем больше оно излучает.
- 8 Длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится при данной температуре  $T$  максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$  зависит от пятой степени абсолютной температуры.

**7.2.** Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке  $T = 2450$  К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре  $K = 0,3$ . Найти площадь  $S$  излучающей поверхности спирали.

**7.3.** Укажите номера верных утверждений.

- 1 При неизменной интенсивности излучения, падающего на фотокатод, фототок насыщения растет с увеличением частоты света.
- 2 Согласно закону Столетова фототок насыщения пропорционален световому потоку (интенсивность света).
- 4 Практически не удается установить временного различия между началом освещения фотокатода и появлением первых фотоэлектронов.
- 8 Фотоэффект невозможен при  $\nu < \nu_{\text{кр}}$ .

7.4. На цинковую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-7}$  м. Определить максимальную скорость фотоэлектронов.

7.5. Перечислите номера правильных утверждений о комптоновском рассеянии.

1 Эффект Комптона - это изменение длины волны при рассеянии излучения на квазисвободном электроне.

2 При абсолютно упругом столкновении фотона с квазисвободным электроном закон сохранения импульса может быть записан в виде:  
$$\vec{P} = \vec{P}' + P_e,$$

где  $\vec{P}$  - импульс падающего фотона,

$\vec{P}'$  - импульс рассеянного фотона,

$P_e$  - импульс электрона отдачи.

4 Квазисвободный электрон может полностью поглотить падающий фотон.

8 Так как изменение длины волны при комптоновском рассеянии не зависит от длины волны, то оно более заметнее для рентгеновских лучей, чем для лучей видимого света.



Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

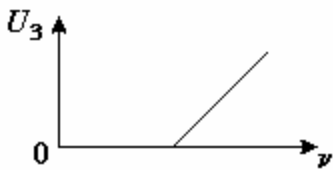
## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**8.1.** Суммарная мощность теплового излучения абсолютно черного тела возросла в 16 раз. Как изменилась температура тела? Укажите номер правильного ответа и обоснуйте его.

- 1) Возросла в  $\sqrt{2}$  раз.
- 2) Возросла в 2 раза.
- 4) Возросла в 16 раз.
- 8) Уменьшилась в 16 раз.

**8.2.** Какую энергетическую светимость  $R_\nu$  имеет абсолютно черное тело, если максимум спектральной плотности его электрической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$  приходится на длину волны  $\lambda_m = 484$  нм?



**8.3.** На рисунке приведен график зависимости задерживающей разности потенциалов от частоты света, падающего на фотокатод.

Верно ли, что по графику можно найти ...

- 1) ... работу выхода?
- 2) ...  $\nu_{\text{кр}}$ ?
- 4) ... постоянную Планка?
- 8) ... максимальную энергию фотоэлектронов при данной частоте падающего света?

Укажите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".

**8.4.** В работе А.Г.Столетова "Актоно-электрические исследования" один из результатов его опытов был сформулирован так: "Разряжающим действием обладают лучи самой высокой преломляемости с длиной волны менее 295 нм". Найти работу выхода  $A$  электрона из металла, с которым работал А.Г.Столетов.

**8.5.** Фотон с длиной волны  $\lambda = 6 \cdot 10^{-11}$  м рассеялся под прямым углом на покоящемся свободном электроне.

Найдите кинетическую энергию электрона отдачи в электрон-вольтах.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

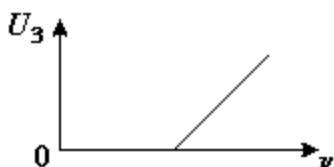
## КВАНТОВА ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**9.1.** Температура абсолютно черного тела  $T_1 = 10^3$  К. Какова температура  $T_2$  другого абсолютно черного тела, если длина волны  $\lambda_{m2}$ , соответствующая максимуму его спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$ , в два раза больше, чем для первого? Укажите номер правильного ответа и обоснуйте его.

- 1 250 К.
- 2 2000 К.
- 4 1500 К.
- 8 500 К.

**9.2.** Мощность излучения абсолютно черного тела  $N = 10$  кВт. Найти площадь  $S$  излучающей поверхности тела, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda_m = 700$  нм.



**9.3.** На рисунке приведен график зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света, падающего на фотокатод.

Верно ли, что по графику можно найти ...

- 1 ... фототок насыщения?
- 2 ... постоянную Планка?
- 4 ... интенсивность падающего света?
- 8 ... красную границу фотоэффекта?

Укажите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".

**9.4.** Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_{кр} = 275$  нм. Найти минимальную энергию  $\varepsilon$  фотона, вызывающего фотоэффект.

**9.5.** Рентгеновские лучи с длиной волны  $\lambda_0 = 2,8 \cdot 10^{-11}$  м испытывают комптоновское рассеяние под углом  $\varphi = 90^\circ$ . Найти длину волны  $\lambda'$  рассеянного излучения в нанометрах.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

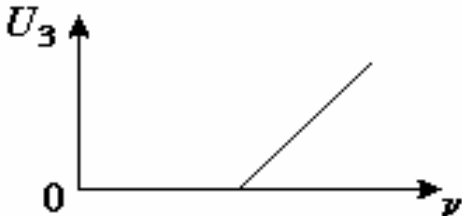
Индивидуальное задание по физике

**10.1.** Суммарная мощность теплового излучения абсолютно черного тела возросла в 16 раз. Как изменится при этом длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$ ? Укажите номер правильного ответа и обоснуйте его.

- 1 Уменьшится в 16 раз.
- 2 Уменьшится в 4 раза.
- 4 Уменьшится в 2 раза.
- 8 Увеличится в 2 раза.

**10.2.** При нагревании абсолютно черного тела длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от  $\lambda_{m1} = 690$  до  $\lambda_{m2} = 500$  нм.

Во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость тела?



**10.3.** На рисунке приведены вольтамперные характеристики для одного и того же фотоэлемента.

Укажите номера верных утверждений.

1 По графику можно определить максимальную энергию фотоэлектронов для заданного монохроматического света.

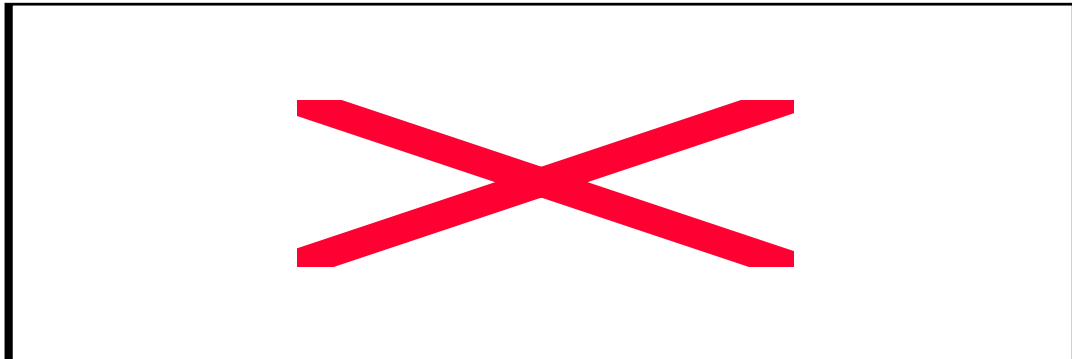
2 Максимальный световой поток соответствует кривой 1.

4 Ток насыщения 3 получен при минимальной интенсивности падающего на фотокатод света.

8 По данным графика можно рассчитать максимальный импульс фотоэлектронов.

**10.4.** Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_{кр} = 275$  нм.

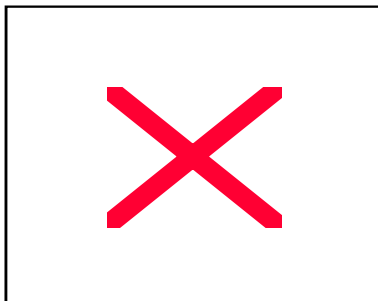
Найти работу выхода  $A$  электрона из металла, максимальную скорость  $V_{\max}$  электронов, вырывааемых из металла светом с длиной волны  $\lambda = 180$  нм, и максимальную кинетическую энергию  $W_{\max}$  электронов.



**10.5.** Сплошными линиями на рисунках изображены известные импульсы падающего  $\vec{P}$  и рассеянного  $\vec{P}'$  фотонов. На каком из рисунков пунктиром изображен импульс  $\vec{P}_e$  электрона отдачи? Укажите его номер.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006



## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

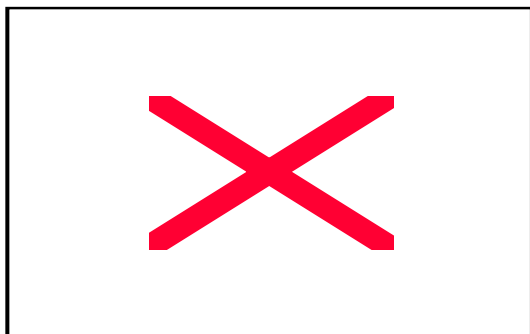
**11.1.** На рисунке представлена зависимость спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при некоторой температуре  $T_1$ . Как изменится этот график

при  $T_2 < T_1$ ? Укажите номера правильных утверждений.

- 1 Значение  $\lambda_m$  увеличится.
- 2 Значение  $\lambda_m$  уменьшится.
- 4 Максимальное значение  $(r_{\lambda T})_{\max}$  увеличится.
- 8 Максимальное значение  $(r_{\lambda T})_{\max}$  уменьшится.

**11.2.** Температура  $T$  абсолютно черного тела изменилась при нагревании от  $T_1 = 1000$  до  $T_2 = 3000$  К. Во сколько раз увеличилась при этом его энергетическая светимость  $R_3$ ? На сколько изменилась длина волны  $\lambda_m$ , на

которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? Во сколько раз увеличилась его максимальная спектральная плотность энергетической светимости?



**11.3.** На рисунке представлены вольт-амперные характеристики, снятые для одного и того же фотоэлемента при разных условиях

опыта.

Укажите номера верных утверждений.

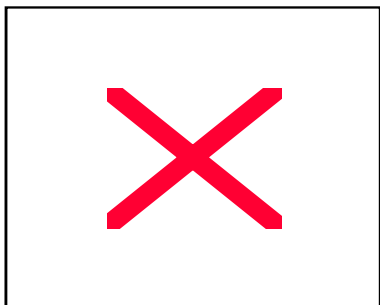
- 1 Кривая 1 соответствует наибольшей максимальной скорости фотоэлектронов.
- 2 Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов для кривых 1, 2 и 4 одинаковая.
- 4 Кривая 1 соответствует наибольшей частоте падающих фотонов.
- 8 Для данного фотоэлемента фотоэффект наблюдается и при  $U = 0$ .

**11.4.** Найти частоту  $\nu$  света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_3 = 3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света  $\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла.

**11.5.** Угол рассеяния фотона в результате эффекта Комптона составляет  $\varphi = 180^\circ$ .  
Определить кинетическую энергию электрона отдачи, если энергия фотона до рассеяния  $\varepsilon = 0,51$  МэВ.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006



## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**12.1.** На рисунке представлена зависимость спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при некоторой температуре  $T_1$ . Как изменится этот график при  $T_2 < T_1$ ? Укажите номера правильных утверждений.

- 1 Значение  $\lambda_m$  увеличится.
- 2 Значение  $\lambda_m$  уменьшится.
- 3 Значение  $\lambda_m$  не изменится.
- 4 Значение  $(r_{\lambda T})_{\max}$  увеличится.
- 5 Значение  $(r_{\lambda T})_{\max}$  уменьшится.
- 6 Значение  $(r_{\lambda T})_{\max}$  не изменится.

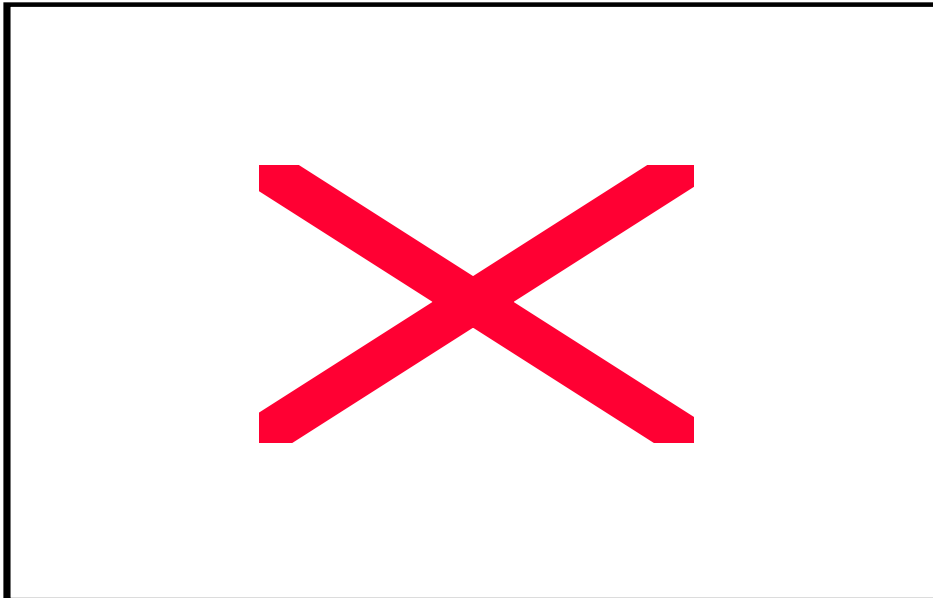
**12.2.** Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 2900$  К. В результате остывания тела длина волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $\Delta\lambda = 9$  мкм. До какой температуры  $T_1$  охладилось тело?

**12.3.** Два металла 1 и 2 имеют различную красную границу фотоэффекта:  $\lambda_{\text{кр}1} > \lambda_{\text{кр}2}$ . Укажите номер графика, соответствующего заданному условию, и поясните свой ответ.

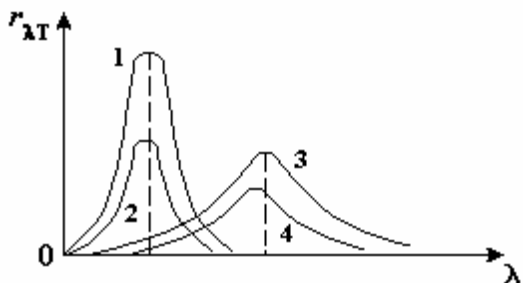
**12.4.** Найти задерживающую разность потенциалов  $U_3$  для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны  $\lambda = 330$  нм.

**12.5.** Фотон с первоначальной энергией  $\varepsilon_0 = 0,4$  МэВ испытал комптоновское рассеяние под углом  $\varphi = 90^\circ$  на свободном электроне.

Определить энергию  $\varepsilon'$  рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи в электронвольтах.







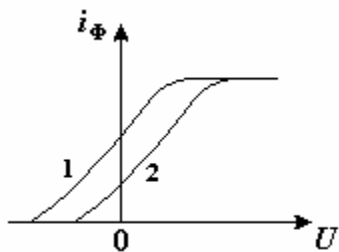
Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**13.1.** На рисунке приведены зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черных и серых тел при разных температурах. Укажите номера правильных утверждений.



1 Графики 1 и 3 соответствуют абсолютно черным телам.

2 Графики 2 и 4 соответствуют абсолютно черным телам.

4 Температура графика 2 выше температуры графика 3.

8 Температура графика 3 выше температуры графика 4.

**13.2.** Поверхность абсолютно черного тела нагрета до температуры  $T = 1000$  К. Затем одна половина этой поверхности нагревается на  $\Delta T = 100$  К, другая охлаждается на  $\Delta T = 100$  К. Во сколько раз изменится энергетическая светимость  $R$ , поверхности этого тела?

**13.3.** На рисунке приведены вольт-амперные характеристики одного и того же фотоэлемента при разных условиях опыта.

Укажите номера верных утверждений.

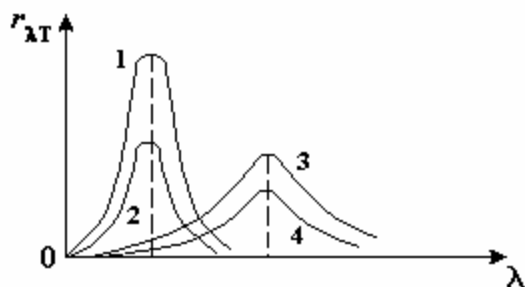
- 1 Кривая 1 соответствует большей максимальной скорости  $V_{\max}$  выбитых фотоэлектронов.
- 2 Кривой 1 соответствует большая частота падающего на фотоэлемент света.
- 4 Кривой 1 соответствует большая задерживающая разность потенциалов.
- 8 Кривой 1 соответствует большая интенсивность падающего света.

**13.4.** При фотоэффекте с платиновой поверхности электроны полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_3 = 0,8$  В.

Найти длину волны  $\lambda$  применяемого облучения и предельную длину волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , при которой еще возможен фотоэффект.

**13.5.** Найдите отношение изменений длины волны при комптоновском рассеянии на свободных электронах и протонах  $\Delta\lambda_{\text{эл}}/\Delta\lambda_{\text{пр}}$

Угол рассеяния одинаков.



Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург,

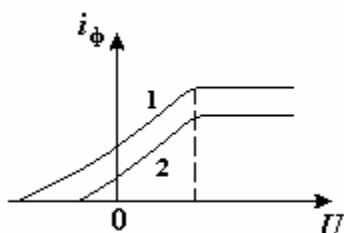
2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**14.1.** На рисунке приведены зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черных и серых тел при разных температурах.

Укажите номера правильных утверждений.



1 Графики 3 и 4 соответствуют серым телам.

2 Графики 1 и 2 соответствуют серым телам.

4 Температура, соответствующая графику 1, выше температуры, соответствующей графику 4.

8 Температуры графиков 3 и 4 одинаковы.

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

**14.3.** На рисунке приведены вольт-амперные характеристики для двух металлов 1 и 2, облученных светом с частотой  $\nu$ .

Укажите номера верных утверждений.

1 Кривой 1 соответствует большая работа выхода электрона из металла.

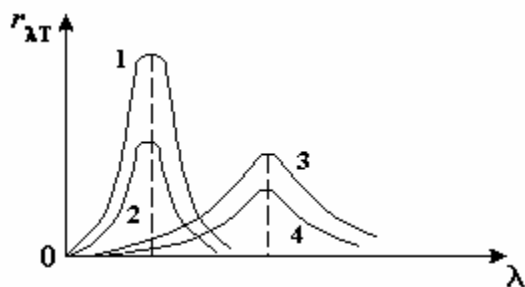
2 Кривой 2 соответствует большая работа выхода электрона из металла.

4 Кривой 1 соответствует большая максимальная скорость выбитых электронов.

8 Кривой 2 соответствует большая скорость выбитых электронов.

**14.4.** Фотоны с энергией  $\varepsilon = 4,9$  эВ вырывают электроны из металла с работой выхода  $A = 4,5$  эВ. Найти максимальный импульс  $P_{\max}$ , передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

**14.5.** Рентгеновское излучение длиной волны  $\lambda_0 = 0,558 \cdot 10^{-10}$  м рассеивается плиткой графита (Комптон-эффект). Определить длину волны  $\lambda'$  лучей, рассеянных под углом  $\varphi = 60^\circ$  к направлению падающих лучей.



Составил Левин Е.С.  
© УГТУ-УПИ, Екатеринбург,  
2006

## КВАНТОВА ОПТИКА

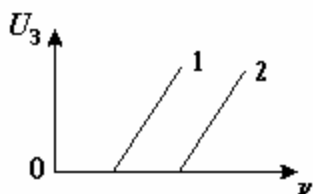
Индивидуальное задание по физике

**15.1.** На рисунке приведены зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черных и серых тел при разных температурах. Укажите номера правильных утверждений.

- 1 График 1 соответствует абсолютно черному телу при более высокой температуре.  
 2 График 4 соответствует серому телу при более низкой температуре.

4 Кривой 4 соответствует температурная энергетическая светимость.

8 Температура, соответствующая кривой 1, выше температуры, соответствующей графику 22.



**15.2.** Зачерненный шарик остывает от температуры  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 293$  К. На сколько изменилась длина

волны  $\lambda_m$ , соответствующая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости?

**15.3.** На рисунке представлена зависимость задерживающей разности потенциалов от частоты света для двух металлов 1 и 2.

Укажите номера верных утверждений.

- 1 Графику 1 соответствует большая работа выхода электрона из металла.  
 2 Графику 2 соответствует большая работа выхода электрона из металла.  
 4 Графику 1 соответствует большая красноволновая граница фотоэффекта  $\lambda_{кр}$ .  
 8 Графику 1 соответствует большая задерживающая разность потенциалов при одинаковых длинах волн фотонов, падающих на материалы.

**15.4.** Найти постоянную Планка  $h$ , если известно, что электроны, вырываемые из металла светом с частотой  $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, полностью задерживаются разностью потенциалов  $U_{31} = 6,6$  В, а вырываемые светом с частотой  $\nu_1 = 4,6 \cdot 10^{15}$  Гц - разностью потенциалов  $U_{32} = 16,5$  В.

**15.5.** Непрозрачная поверхность освещается монохроматическим светом. В каком случае давление света будет наименьшим, если число фотонов, падающих на поверхность в единицу времени, во всех случаях одинаковое? Укажите номер правильного ответа.

- 1  $\nu = 6 \cdot 10^{15}$  Гц, поверхность идеально отражающая.
- 2  $\nu = 9 \cdot 10^{15}$  Гц, поверхность идеально поглощающая.
- 4  $\nu = 6 \cdot 10^{12}$  Гц, поверхность идеально отражающая.
- 8  $\nu = 9 \cdot 10^{12}$  Гц, поверхность идеально поглощающая.

Составил Левин Е.С.

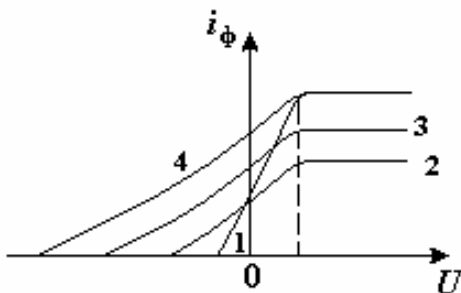
© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**16.1.** На рисунке приведены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости от длины волны для абсолютно черного тела при разных температурах. Укажите номера правильных утверждений.

- 1 Кривой 4 соответствует минимальная энергетическая светимость тела.
- 2 Кривой 1 соответствует наибольшая температура.
- 4 Площади, ограниченные осью абсцисс и кривыми 1,2,4, одинаковы.
- 8 Длина волны  $\lambda_m$ , соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости  $(r_{\lambda T})_{\max}$ , меньше для кривой 1.



**16.2.** На сколько уменьшится масса Солнца за год вследствие излучения. Температура поверхности Солнца  $T = 5800$  К, радиус Солнца  $r = 7 \cdot 10^8$  м. Излучение считать постоянным и соответствующим излучению абсолютно черного тела.

**16.3.** На графике представлена воль-амперные характеристики, снятые для данного фотоэлемента при разных условиях опыта.

Укажите номера верных утверждений.

- 1 Кривая 4 соответствует наибольшей частоте падающего света.
- 2 Кривая 1 соответствует наименьшей максимальной скорости выбитых электронов в момент выхода из катода.
- 4 Кривая 1 соответствует наибольшей длине волны падающих фотонов.
- 8 По любому из графиков можно определить работу выхода электронов из катода.

**16.4.** Будет ли иметь место фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовые лучи длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  м?

**16.5.** Импульс фотона увеличился в два раза. Во сколько раз изменилось значение его энергии?

Укажите номер правильного ответа.

- 1 Уменьшилось в 2 раза.
- 2 Увеличилось в 4 раза.
- 4 Не изменилось.
- 8 Увеличилось в 2 раза.



Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

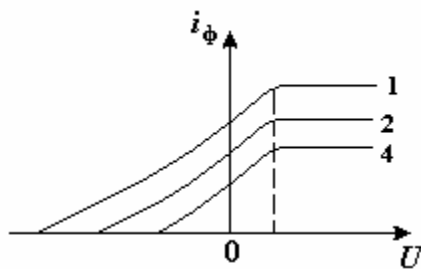
## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

17.1. Верно ли, что ...

- 1 ... для покраски батарей отопительной системы, чтобы добиться от нее максимального теплового излучения, следует использовать черную краску?
- 2 ... для покраски батареи отопительной системы, чтобы добиться от нее максимального теплового излучения, следует использовать белую краску?
- 4 ... для более эффективного использования тепловой энергии мартеновские и электропечи следует побелить снаружи?
- 8 ... для более длительного сохранения горячей воды чайник должен быть белым (блестящим)?

Перечислите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".



17.2. За какое время  $t$  масса Солнца уменьшится вдвое? Температура поверхности Солнца  $T = 5800$  К, радиус Солнца  $r = 7 \cdot 10^8$  м. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела и постоянным.

17.3. На рисунке представлены вольт-амперные характеристики, снятые для одного и того же фотоэлемента при разных условиях опыта, но одинаковой интенсивности света.

Укажите номера верных утверждений.

- 1 Кривая 4 соответствует наименьшей максимальной скорости фотоэлектронов.
- 2 По любому из графиков можно определить красную границу фотоэффекта.
- 4 Кривая 1 соответствует наибольшей энергии падающих фотонов.
- 8 Задерживающие разности потенциалов для кривых 1, 2 и 4 различны.

**17.4.** На поверхность лития падает монохроматический свет ( $\lambda = 3,1 \cdot 10^{-7}$  м). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов  $U_3 = 1,7$  В. Определить работу выхода.

**17.5.** Массы фотонов равны:

1  $0,5 \cdot 10^{-33}$  кг

2  $0,5 \cdot 10^{-35}$  кг

4  $3,1 \cdot 10^{-29}$  кг

8  $1,1 \cdot 10^{-30}$  кг

Какому фотону соответствует максимальная частота? Укажите номер правильного ответа.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

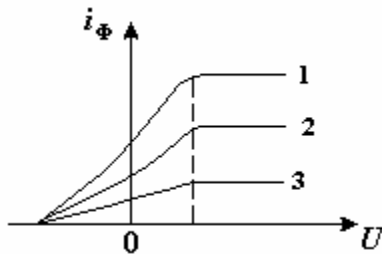
Индивидуальное задание по физике

**18.1.** Спектральные коэффициенты поглощения трех тел соответственно равны:  $(a_{\lambda T})_1 = 1$ ;  $(a_{\lambda T})_2 = 0,5$ ;  $(a_{\lambda T})_3 = 0$ .

Укажите номера правильных утверждений.

- 1 Первое тело излучает вблизи длины волны  $\lambda$  больше других тел.
- 2 Первое тело поглощает вблизи длины волны  $\lambda$  больше других тел.
- 4 Третье тело излучает вблизи длины волны  $\lambda$  больше других тел.
- 8 Третье тело отражает вблизи длины волны  $\lambda$  больше других тел.

**18.2.** Имеются два абсолютно черных источника теплового излучения температура одного из них  $T_1 = 2500$  К. Найти температуру  $T_2$  другого



источника, если длина волны, отвечающая максимуму спектральной плотности его энергетической светимости, на  $\Delta\lambda = 0,5$  мкм больше длины волны, соответствующей максимуму спектральной плотности энергетической светимости первого источника.

**18.3.** На рисунке приведены вольт-амперные характеристики одного и того же фотоэлемента при разных условиях опыта.

Укажите номера верных утверждений.

- 1 По графику можно определить постоянную Планка.
- 2 По графику можно определить задерживающую разность потенциалов  $U_3$ .
- 4 По любому из графиков можно рассчитать максимальную скорость фотоэлектронов.
- 8 Кривая 3 соответствует падающему свету наибольшей интенсивности.

**18.4.** Калий (работа выхода  $A = 2,00$  эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 509$  нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов. Сравнить ее со средней энергией теплового движения электронов при температуре  $t = 17^0$  С.

**18.5.** Энергии фотонов равны:

1  $\varepsilon = 10$  эВ.

2  $\varepsilon = 10^2$  эВ.

4  $\varepsilon = 10^4$  эВ.

8  $\varepsilon = 10^6$  эВ.

Какой фотон имеет наибольший импульс?

Укажите номер правильного ответа.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Индивидуальное задание по физике

**19.1.** Имеются 4 различных тела:

1 - абсолютно черное;      2 - абсолютно белое;

3 - серое;                      4 - реальное.

Укажите номера правильных утверждений.

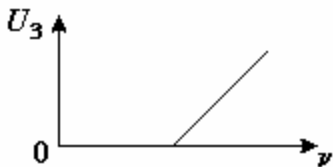
1 Наиболее эффективным излучателем в нагревательном приборе является тело 2.

2 Наиболее эффективным теплоприемником в солнечной батарее является тело 1.

4  $(a_{\lambda T})_2 > (a_{\lambda T})_1$ .

8  $(a_{\lambda T})_3 = const$ .

**19.2.** Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $R_{\Sigma} = 3 \text{ Вт/см}^2$ . Определить длину волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости этого тела при данной температуре.



**19.3.** На рисунке приведен график зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света, падающего на фотокатод.

Верно ли, что по графику можно найти ...

1 ... максимальную скорость фотоэлектрона при заданной частоте света?

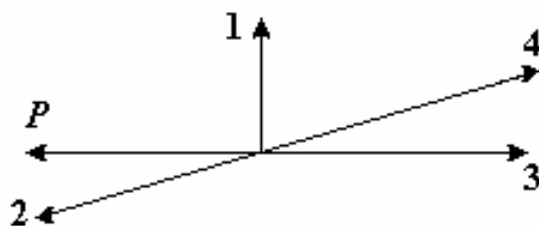
2 ... красную границу фотоэффекта ( $\nu_{кр}$  и  $\lambda_{кр}$ )?

4 ... задерживающую разность потенциалов  $U_3$  при заданной частоте света?

8 ... интенсивность падающего света?

Укажите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".

19.4. Цезий (работа выхода  $A = 1,88$  эВ) освещается светом с длиной волны



$$\lambda = 0,486 \text{ мкм.}$$

При какой наименьшей задерживающей разности потенциалов  $U_3$  фототок прекратится?

19.5. На рисунке представлена схема, относящаяся к комптоновскому рассеянию рентгеновских лучей под углом  $\varphi = 90^\circ$ . Какой из векторов соответствует импульсу электрона отдачи? Укажите его номер.

$\vec{P}$  - импульс фотона до рассеяния.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006

## КВАНТОВАЯ ОПТИКА

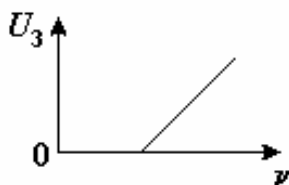
Индивидуальное задание по физике

**20.1.** Имеются 4 различных тела:

1 - абсолютно черное;            2 - абсолютно белое;  
- серое;                                4 - реальное.

Укажите номера правильных утверждений.

- 1] Наиболее эффективным нагревателем в нагревательном приборе является тело 1.
- 2] Наиболее эффективным нагревателем в нагревательном приборе является тело 2.
- 3] Наиболее эффективным нагревателем в нагревательном приборе является тело 4.
- 4] Наиболее эффективным теплоприемником в солнечной батарее является тело 2.
- 5] Наиболее эффективным теплоприемником в солнечной батарее является тело 1.
- 6]  $(a_{\lambda T})_3 > (a_{\lambda T})_2$ .



**20.2.** Излучение Солнца по своему спектральному составу близко к излучению абсолютно черного тела, для которого максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda_m = 0,48$  мкм. Найти массу, теряемую Солнцем за 1 секунду за счет излучения, если радиус Солнца  $r = 7 \cdot 10^8$  м.

**20.3.** На рисунке приведен график зависимости задерживающей разности потенциалов от частоты света, падающего на фотокатод.

Верно ли, что по графику можно найти ...

- 1] ... интенсивность падающего света?
- 2] ... работу выхода электрона из металла?
- 4] ... силу фототока насыщения?
- 8] ...  $\lambda_{кр}$ ?

Укажите номера вопросов, на которые Вы ответили "да, верно".

**20.4.** Определить в джоулях и электронвольтах работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

**20.5.** Как изменится длина волны фотона, если его импульс увеличится в 3 раза?

Укажите номер правильного ответа и обоснуйте его.

- 1 Не изменится.
- 2 Возрастет в 3 раза.
- 4 Возрастет в 6 раз.
- 8 Уменьшится в 3 раза.
- 16 Уменьшится в 6 раз.

Составил Левин Е.С.

© УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2006