Задание после лекции 2

Курепин Даниил Денисович

M32041

Задание 1

Проанализировать формулы Рэлея-Джинса, Вина и Планка. Построить график зависимости испускательной способности от длины волны (от 20 до 2000 нм, шаг 20 нм) для двух лампочек с температурами 2700 К и 3300 К. Определить для одной из лампочек относительное количество энергии, приходящейся на видимый спектр.

Решение:

Формула Рэлея-Джинса:

$$u_\lambda = \frac{8\pi kT}{\lambda^4}.$$

Формула Вина:

$$u_\nu = \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right),$$

Формула Планка:

$$R_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1},$$

Закон Рэлея-Джинса согласуется с законом Вина (из формулы Вина выводится закон Вина),

а также Рэлей-Джинс не согласуется с законом Стефана-Больцмана.

Однако, поскольку из формулы Планка можно получить формулу Рэлея-Джинса, мы можем ее использовать для того, чтобы построить график зависимости испускательной способности от длины волны для двух лампочек.

```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import scipy.integrate as integrate

# Функция формулы Планка
def plank(len, T):
    return (2 * np.pi * h * c ** 2) / (lmbd ** 5 * (np.exp(h * c / (k * T
* lmbd)) - 1))

# Входные значения - условия и константы
h = 6.64e-34
c = 2.998e8
k = 1.38e-23

# Температура лампочек
Temp1 = 2700
```

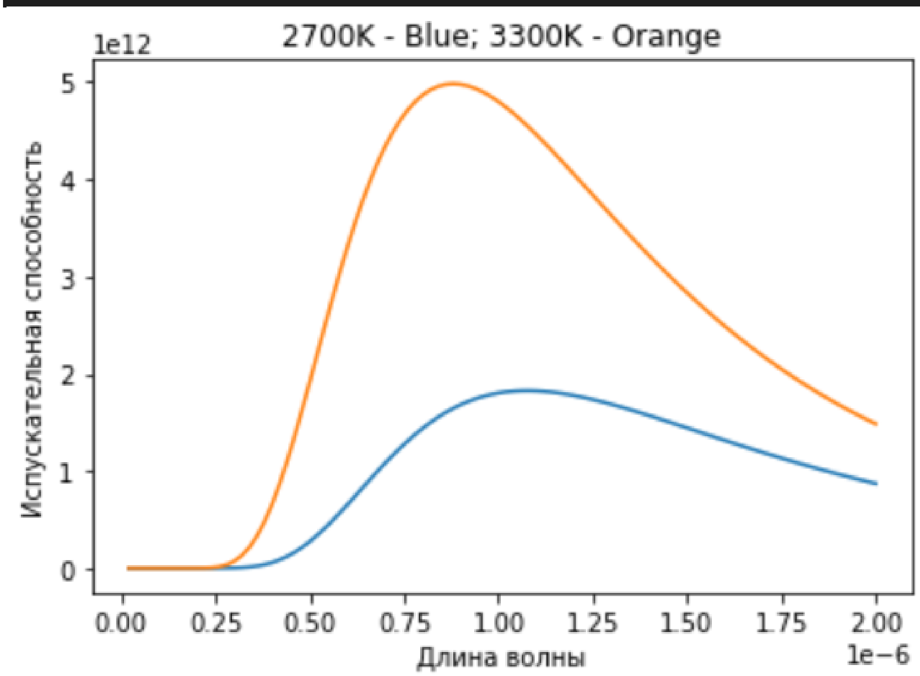
```
Temp2 = 3300

len = np.arange(20e-9, 2001e-9, 20e-9)

# Построение графика
func = plt.figure()
plt.title("2700K - Blue; 3300K - Orange")
plt.xlabel("Длина волны")
plt.ylabel("Испускательная способность")
plt.plot(len, plank(len, Temp1))
plt.plot(len, plank(len, Temp2))

# Границы видимого спектра
spec1 = 400e-9
spec2 = 750e-9

# Расчет для первой лампочки относительного количество энергии, приходяйщи
ся на видимый спектр
len2 = np.arange(20e-9, 30000e-9 + 1e-10, 20e-9)
x_len = plank(len2, Temp1)
whole_are = integrate.simpson(x_len, len2)
show_len = np.arange(spec1, spec2 + 1e-10, 20e-9)
show_x = plank(show_len, Temp1)
spectrum_area = integrate.simpson(show_x, show_len)
print((spectrum_area / whole_are))
# (ответ 0.0649080406094999 или 6.49%)
```



Задание 2

По классическим представлениям электрон должен накопить энергию для вылета с катода. Лампой мощностью 100 Вт освещается алюминиевый катод (работа выхода 4,2 эВ). Лампа находится на расстоянии 1 м от катода. Оцените время необходимое для накопления энергии, большей чем работа выхода.

Решение:

P = 100 Вт, r = 1м, Авых = 4,2 эВ

Найдем межмолекулярное расстояние алюминия:

μ = 27г / моль, а ρ = 2,7г / см^3

Межмолекулярное расстояние:

$$d = \left(\frac{\mu}{\rho N_A}\right)^{\frac{1}{3}} = 2{,}55 \cdot 10^{-8}\ \text{см}$$

$$\sigma \sim d^2 = 6{,}51 \cdot 10^{-16} \text{см}^2$$

Соответственно, мощность на один атом:

$\frac{P}{4\pi r^2} \cdot \sigma \approx 5.18 \cdot 10^{-19}$ Дж = 3,24 эВ.

Тогда, для накопления энергии, большей чем работа выхода потребуется

t = Авых/p = 4,2/3,24 = 1,296с

Ответ: 1,296с

Задание 3

(III) Potassium has one of the lowest work functions of all metals and so is useful in photoelectric devices using visible light. Light from a source is incident on a potassium surface. Data for the stopping voltage V_0 as a function of wavelength λ is shown below. (*a*) Explain why a graph of V_0 vs. $1/\lambda$ is expected to yield a straight line. What are the theoretical expectations for the slope and the *y*-intercept of this line? (*b*) Using the data below, graph V_0 vs. $1/\lambda$ and show that a straight-line plot does indeed result. Determine the slope *a* and *y*-intercept *b* of this line. Using your values for *a* and *b*, determine (*c*) potassium's work function (eV) and (*d*) Planck's constant *h* (J·s).

λ (μm)	0.400	0.430	0.460	0.490	0.520
V_0 (V)	0.803	0.578	0.402	0.229	0.083

Решение:

(a) e · V = h * ν − ϕ = h · − c / λ − ϕ

$$h\nu = A_0 + \frac{mv_m^2}{2}$$

$$\frac{mv_m^2}{2} = h\nu - A_0$$

$$eV_0 = h\nu - A_0 = \frac{hc}{\lambda} - A_0$$

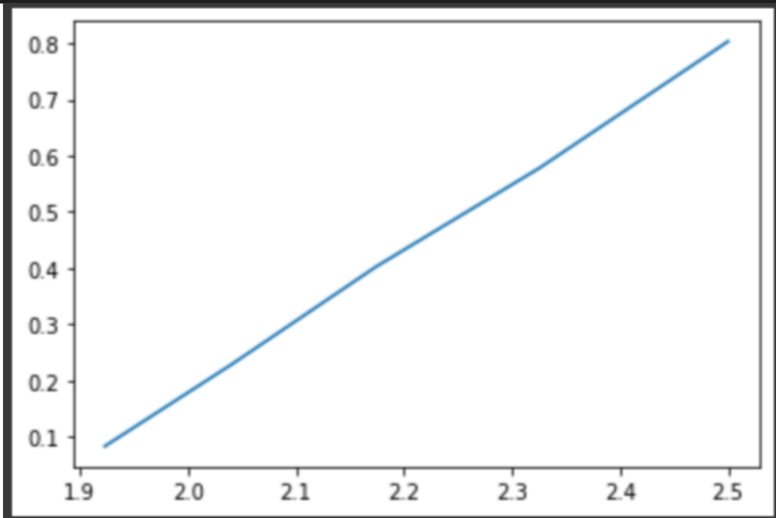
Следовательно, мы получаем линейную зависимость $V_0\left(\frac{1}{\lambda}\right)$
Теоретический наклон прямой a = h*c/e = 1, 241 * 10^(-6)м
b = − ϕ / e = -2,24В

(b) Экспериментальные полученные данные:
a = 1,243 * 10 ^ (-6) м
b = -2,307В

```python
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression

len = np.array([0.4, 0.43, 0.46, 0.49, 0.52])
voltage = [0.803, 0.578, 0.402, 0.229, 0.083]

graph = LinearRegression()
graph.fit(1 / len.reshape(-1, 1), voltage)
plt.plot(1 / len, voltage)
plt.show()
print(f"Answers: a = {graph.coef_.item()}, b = {graph.intercept_}")
```




```
Answers: a = 1.2434718299566783, b = -2.307532750292466
```

(c) A_0 = -be = 2,31 эВ

(d) h = a*e / c = 6,61 * 10^(-34) Дж/с