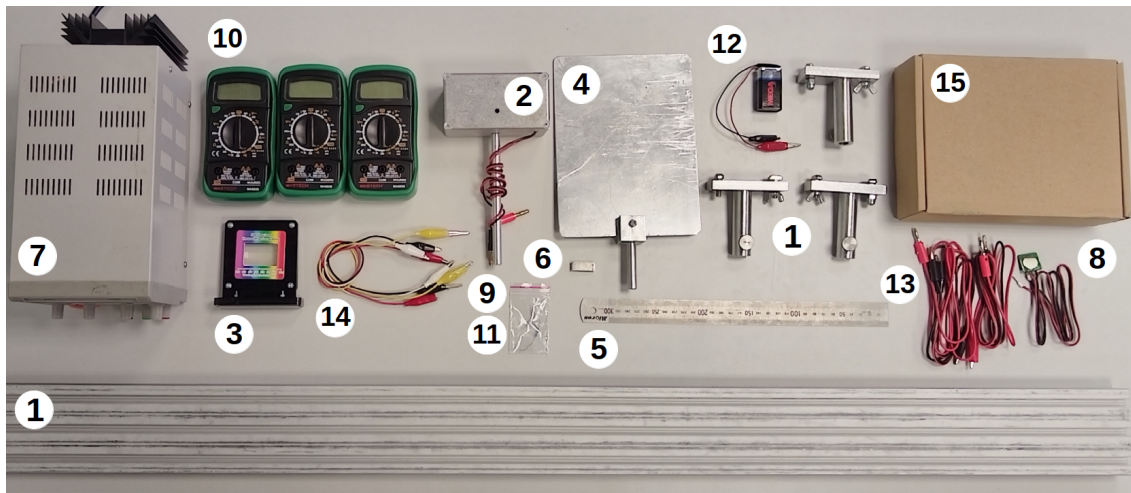


# Road to IPhO

## Исследование фотодиода и лампы накаливания

### Оборудование



1. Оптическая скамья с тремя штативами
2. Лампа накаливания *A* в корпусе с проводами  
(Каждая пара проводов одинакова и подключена к лампе).
3. Собирающая линза с закреплённой на ней дифракционной решеткой
4. Экран на подставке
5. Металлическая линейка 30 см
6. Магнит для крепления линейки
7. Источник регулируемого напряжения
8. Фотодиод в магнитном держателе
9. Резистор 270 кОм
10. Мультиметр (3 шт., могут отличаться от тех, что на фото)
11. Маленькая лампа накаливания *B*
12. Батарейка крона с разъёмом и проводами для макетной платы
13. Соединительные провода банан-кродил (4 шт.)
14. Соединительные провода крокодил-крокодил
15. Коробка (её можно использовать чтобы создавать тень)

**Примечание:** в данной работе оценивать погрешности **НЕ** нужно.

Цель данной работы — получить график чувствительности фотодиода в зависимости от длины волны в видимом диапазоне спектра.

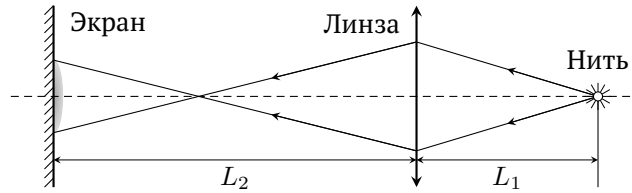
Работа состоит из 5 частей:

1. Используя дифракционную решетку получить спектр лампы накаливания.
2. Определить зависимость показаний фотодиода от длины волны света лампы накаливания.
3. Показать, что нить лампы накаливания излучает как абсолютно черное тело.
4. Найти температуру нити лампы для рабочего режима.
5. С учетом найденной температуры получить зависимость чувствительности фотодиода от длины волны.

# Road to IPhO

## Часть А. Получение спектра лампы накаливания (0.3 балла)

В этой части используются: оптическая скамья со штативами, лампа накаливания А в корпусе, линза с дифракционной решеткой, экран, линейка, магнит, источник регулируемого напряжения, мультиметр в режиме вольтметра.



Соберите установку так, как показано на схеме (рис. 1). Подключите лампу к источнику регулируемого напряжения (можно использовать любую пару выводов лампы), и подайте на лампу 12 В.

**В дальнейшем, никогда не подавайте на лампу напряжение, большее, чем 12 В!**

Меняя расстояния между лампой, линзой и экраном, получите изображение нити лампы накаливания. Так как непосредственно за собирающей линзой расположена дифракционная решетка, то в некоторой области на экране можно наблюдать множество изображений нити лампы, каждое из которых соответствует определенной длине волны. Возможно, изображения не попадают в область экрана, поэтому, закрепите на экране линейку с помощью магнита так, чтобы изображение попадало на выступающую за экран линейку

**A1** Укажите расстояние между линзой и лампой  $L_1$  и расстояние между линзой и экраном  $L_2$ .

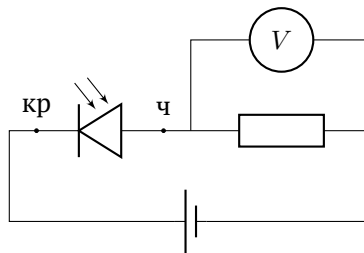
**0.2**

**A2** Укажите расстояние между неокрашенным изображением лампы и изображением лампы зеленого цвета  $x_{\text{green}}$ .

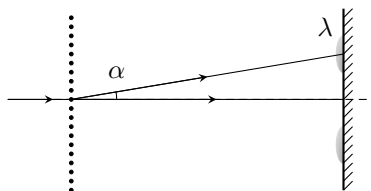
**0.1**

## Часть В. Измерения фототока для спектра лампы накаливания (3.7 балла)

В этой части используются: оборудование части А + фотодиод, макетная плата, резистор 270 кОм, мультиметр в режиме вольтметра, батарейка «крона», соединительные провода банан-плата.



Соберите электрическую цепь, показанную на схеме (рис. 2). Обратите внимание на полярность включения фотодиода: он включен в обратном направлении. При таком включении ток через фотодиод (**фототок**) определяется **только** интенсивностью падающего на него света и **прямо пропорционален интенсивности**, даже при разных значениях напряжения на фотодиоде. Однако, если осветить фотодиод светом одинаковой интенсивности, но разных длин волн, то значения фототока будут отличаться. Отношение фототока для некоторой длины волны к максимальному фототоку для фиксированной интенсивности будем называть **чувствительностью**  $S$ .



# Road to IPhO

Угол  $\alpha$  между направлением распространения света длиной волны  $\lambda$  и направлением распространения белого света (рис. 3) определяется соотношением

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{d},$$

где  $d$  – расстояние между штрихами дифракционной решетки. Дифракционная решетка имеет 500 штрихов на мм.

**B1** Снимите зависимость фототока от длины волны для спектра лампы, полученного в части А. Учтите, что в фотодиод попадает свет от других источников. Опишите, как вы это учли. Укажите формулу, связывающую измеряемые вами величины с длиной волны. **2.2**

**B2** Постройте полученную зависимость на графике. **1.5**

## Часть С. Определение закона излучения лампы (2.1 балл)

В этой части используются: лампа накаливания  $A$  в корпусе, источник регулируемого напряжения, мультиметр в режиме вольтметра.

Если нить лампы накаливания излучает как абсолютно черное тело, то сила тока  $I$  через лампу и напряжение  $U$  на ней связаны следующим образом

$$U^3 = CI^5,$$

где  $C$  – некоторая константа.

**C1** Снимите зависимость тока от напряжения для лампы. Используйте одну пару проводов для подключения источника, а другую – для подключения вольтметра и измерения напряжения на лампе. Для измерения силы тока через лампу используйте амперметр, всторенный в источник. **1.0**

**C2** Постройте график в подходящих координатах и определите, излучает ли нить лампы накаливания как абсолютно черное тело. **1.1**

## Часть D. Определение температуры нити (1.6 балла)

В этой части используются: оборудование части С + маленькая лампа  $B$ , батарейка «крона», макетная плата, три мультиметра (амперметр + два вольтметра)

Для того, чтобы с помощью графика из части В определить чувствительность, нам необходимо знать температуру нити лампы. Эту температуру можно найти зная, как изменяется сопротивление нити. На рис. 1 представлена зависимость удельного сопротивления вольфрама от температуры (в Кельвинах).

С помощью этого графика можно найти температуру лампы  $A$  при рабочем напряжении 12 В, если известно сопротивление лампы  $A$  при некоторой другой температуре. К сожалению, сопротивление лампы  $A$  при комнатной температуре слишком мало, чтобы его измерить напрямую с помощью омметра. Однако, у вас есть вторая лампа  $B$  меньшего размера, которая имеет большее сопротивление, которое возможно померить при комнатной температуре. Эта лампа  $B$  может быть использована следующим образом.

**D1** Определите сопротивление маленькой лампы  $B$  при комнатной температуре. Считайте, что комнатная температура равна 300 К. Запишите значение в лист ответов. **0.1**

**D2** Подключите маленькую лампу  $B$  к батарейке 9 В, а лампу  $A$  – к источнику регулируемого напряжения. Расположите маленькую лампочку  $B$  так, чтобы её нить была видна на фоне нити лампы  $A$ . Если нить лампы  $B$  холоднее, чем нить лампы  $A$ , то нить лампы  $B$  выглядит как темная полоска на фоне более яркой нити лампы  $A$ . Измерьте сопротивления лампы  $A$  и лампы  $B$  в случае, когда температуры ламп сравниваются. Запишите результаты в лист ответов. **0.6**

# Road to IPhO

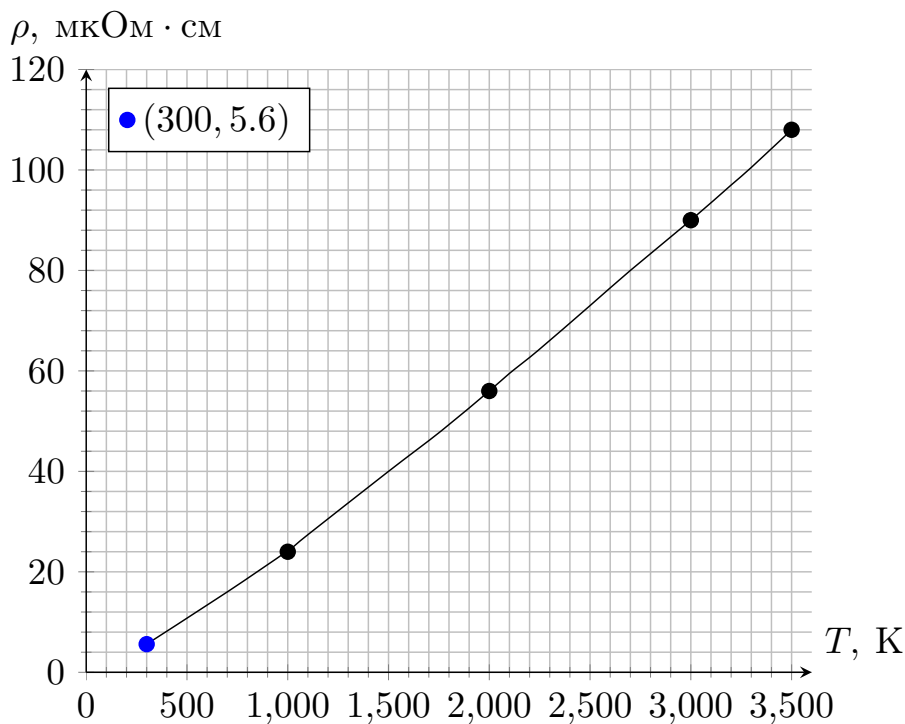


Рис. 1. Удельное сопротивление вольфрама

**D3** Используя график 1 определите температуры нитей ламп  $A$  и  $B$  для второго случая. Поясните, как вы это делаете. **0.3**

**D4** Определите сопротивление лампы  $A$  при рабочем напряжении 12 В. **0.3**

**D5** С помощью графика определите температуру нити лампы  $A$  для рабочего напряжения 12 В. **0.3**

## Часть Е. Нормировка чувствительности (2.3 балла)

Интенсивность излучения лампы на разных длинах волн разная. Если лампа излучает как абсолютно черное тело, то зависимость интенсивности от длины волны известна и определяется температурой.

У вас есть графики относительной интенсивности излучения абсолютно черного тела для температур 2200 К, 2400 К, 2600 К, 2800 К, 3000 К, 3200 К.

# Road to IPhO

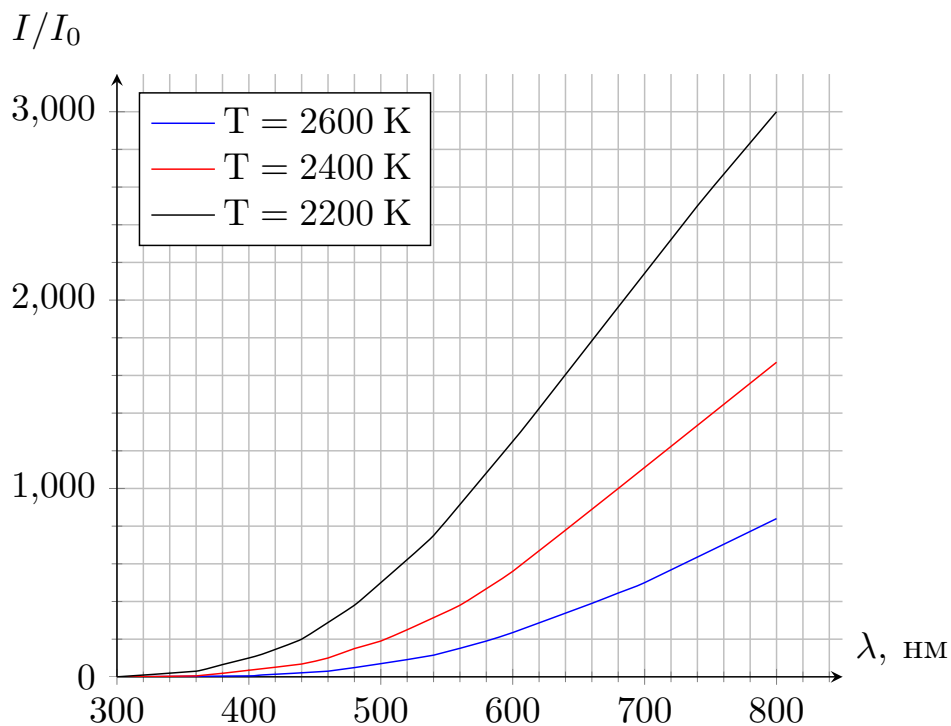


Рис. 2. Относительная интенсивность для 2200 К, 2400 К, 2600 К

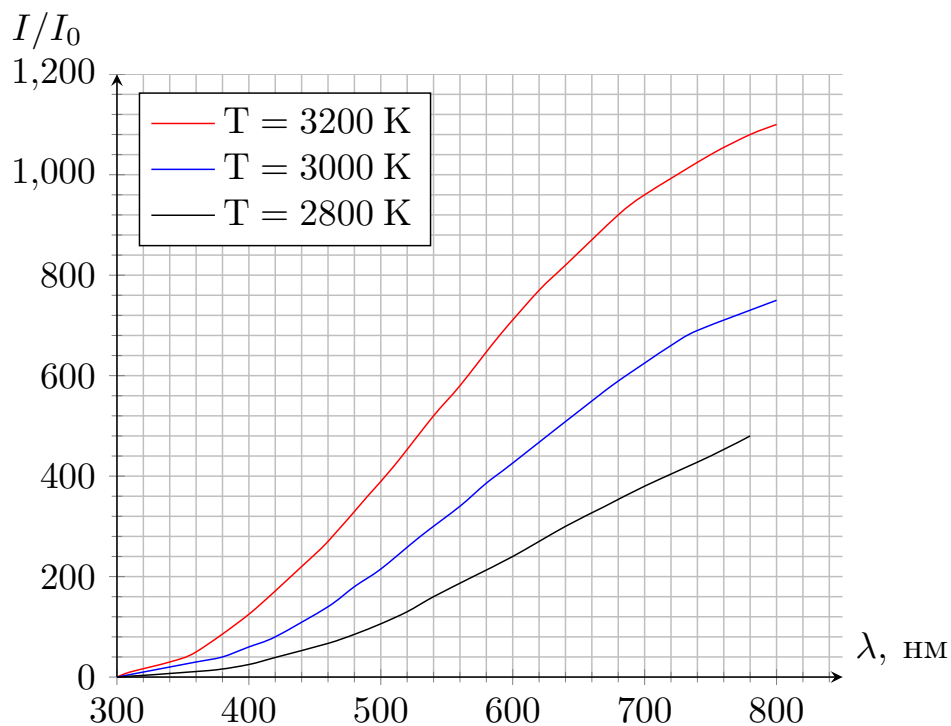


Рис. 3. Относительная интенсивность для 2800 К, 3000 К, 3200 К

**E1** Используя эти графики и предыдущие результаты постройте график зависимости чувствительности фотодиода (в относительных единицах) от длины волны. Считайте также, что дифракционная решетка не вносит изменения в относительные интенсивности спектра. **2.3**