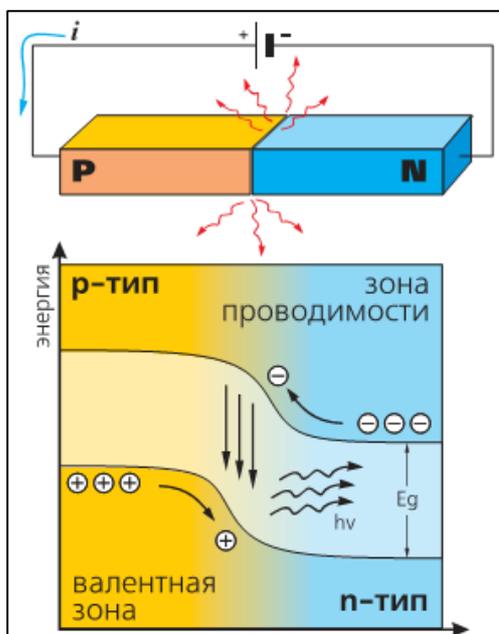


## Л/р № 19. Определение постоянной Планка.

**Цель работы:** Ознакомиться с одним из методов экспериментальной оценки значения постоянной Планка.

**Оборудование:** Прибор для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки, светодиод красного света на подставке, соединительные провода, источник тока, миллиамперметр, вольтметр.



**Вводная часть:** Работа важна тем, что знакомит вас с экспериментальным методом определения одной из фундаментальных физических констант — постоянной Планка. Эта работа развивает ваш политехнический кругозор, поскольку знакомит вас с физическими основами работы широко внедряемого в настоящее время в различных отраслях техники современного источника света — светодиода.

В основе принципа действия светодиода положено преобразование электроэнергии в излучение, спектр которого может лежать в видимой или инфракрасной области спектра. Светодиодная структура представляет собой электронно-дырочный переход, где материалы так подобраны, что свободные электроны в **n**-области (эмиттере) имеют меньшую энергию, чем в **p**-области (базе). Понятно, что эти электроны сами туда не пойдут. При подаче на **p - n** переход достаточного напряжения в прямой полярности начинается переход электронов из эмиттера в базу, также и дырки начинают переходить из базы в эмиттер. В соответствии с квантовой теорией электрон, перешедший в базовую область, рекомбинируя с дыркой (опускаясь из зоны

проводимости с высокой энергией в валентную зону с низкой энергией), испускает квант энергии излучения. При этом энергия возникшего кванта света  $E_{эл} = hv$  равна разности энергий зоны проводимости и валентной энергетических зон (ширине запрещенной энергетической зоны  $E_g$ ).

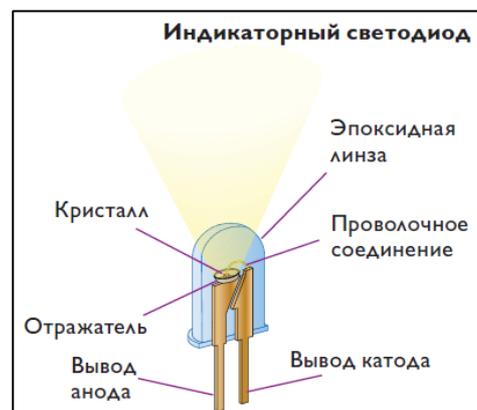
Энергию  $E_{эл}$ , которую электрон отдает при рекомбинации, он получает при переходе через **p - n** переход под действием внешнего напряжения. Значение этой энергии определяется так:

$E_{эл} = eU_d$ , где  $e$  - заряда электрона,  $U_d$  - напряжение, приложенное к **p - n** переходу светодиода.

Так как  $E_{эл} = hv$ , то  $hv = eU_d$ .

Откуда  $h = eU_d / \nu$  (1).

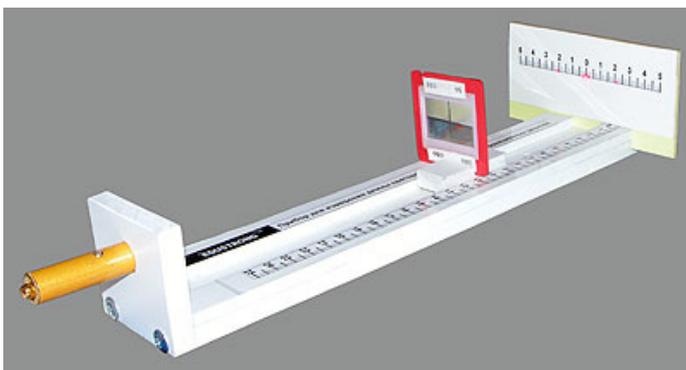
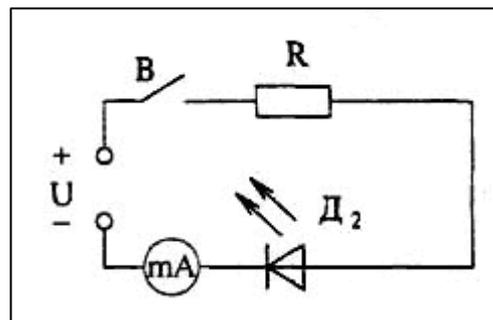
Из формулы (1) следует, что для определения постоянной Планка достаточно знать заряд электрона  $e$ , измерить прямое напряжение  $U_d$ , приложенное к светодиоду, излучающему свет, а также измерить частоту излучаемого света  $\nu$ .



Конструктивное исполнение подставки со светодиодом, которая используется в комплекте, не позволяет напрямую измерить падение напряжение на светодиоде  $U_d$ . При определении этой величины учитывают, что последовательно со светодиодом соединен добавочный резистор, ограничивающий прямой ток через него. Значение сопротивления резистора  $R$  указано на подставке. Чтобы определить напряжение на светодиоде, измеряют силу тока в его цепи  $I_d$  (амперметр при этом включают на 50 мА), вычисляют падение напряжения на добавочном резисторе  $U_R = I_d \cdot R$ , измеряют напряжение на гнездах источника тока  $U$  и вычисляют значение  $U_d$ :  $U_d = U - I_d \cdot R$  (2).

### Ход работы:

1. Соедините светодиод соединительными проводами последовательно с миллиамперметром. Полученную цепь подключить к источнику тока, соблюдая полярность к источнику тока. Измерить силу тока  $I_d$  в цепи светодиода.
2. Цепь со светодиодом отключить от источника тока. Вольтметром измерить напряжение  $U$  на выходных гнездах источника тока.
3. По формуле (2) вычислить падение напряжения на светодиоде  $U_d$ .
4. Определить среднюю частоту излучения светодиода  $\nu$ .



Вместо излучателя (см. рис. слева) поставьте светодиод.

5. Светодиод подключить к источнику тока и настроить установку. Передвиньте дифракционную решетку так, чтобы получить дифракционные максимумы первого порядка в пределах шкалы.
6. По шкале измерить расстояние между наиболее яркими участками спектров  $\Delta X$ , в отчет переписать величину расстояния от шкалы до дифракционной решетки  $L$ . Значение этой величины указано на поверхности рейки. Частоту излучения

светодиода вычислить по формуле

$$\nu = 2cL/d\Delta X, \text{ где } c - \text{ скорость света в вакууме.}$$

7. Выполнив необходимые измерения по формуле (1) вычислить значение постоянной Планка. Полученное значение сравнить с табличным и определить относительную погрешность измерений  $\epsilon$ :

$$\epsilon = \{ |h_s - h_r| / h_r \} \cdot 100\%, \text{ где } h_s \text{ и } h_o, \text{ соответственно, значения постоянной Планка, полученные в ходе эксперимента, и из опыта.}$$

Запишите результат:  $h = \dots \text{ Дж/с}$ ,  $\epsilon = \dots \%$ . Ответьте на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы:

1. Покажите, что формула  $\nu = 2cL/d\Delta X$  выведена из формулы для дифракционной решетки  $d \sin \varphi = k\lambda$  для первого максимума.
2. Что теоретически нужно предпринять, чтобы светодиод светил не красным цветом, а, скажем, зеленым?
3. Как увеличить яркость светодиода? Из следующих ответов выберите правильный (правильные) и объясните свой выбор: а) увеличить силу тока через диод; б) увеличить напряжение на светодиоде.
4. Почему светодиод загорается лишь при некотором напряжении, характерном для каждого типа светодиодов, а при меньшем не горит?