

Как энергия и цвет света связаны между собой?



Физика

Современная физика

Квантовая физика



Уровень сложности

легко



Размер группы

1



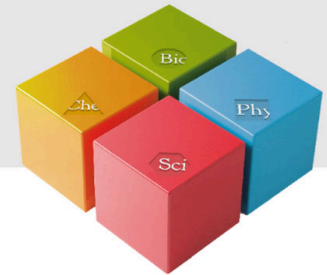
Время подготовки

10 Минут



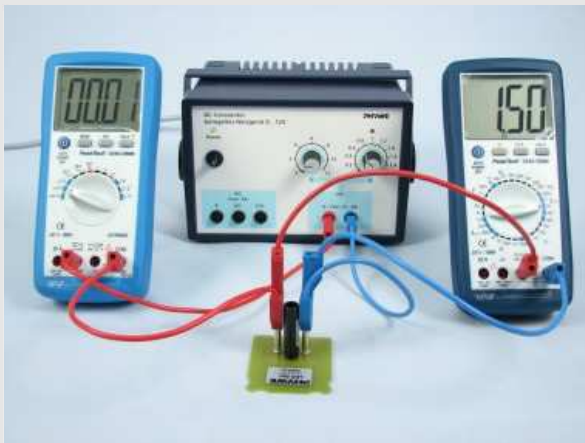
Время выполнения

10 Минут

PHYWE
excellence in science

Информация для учителей

Описание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Как связаны энергия и цвет света?

Квант действия Планка h является фундаментальной физической постоянной в квантовой физике. Эту константу используют при описании квантовых явлений, в которых физические свойства не могут принимать какую-либо непрерывную величину, а только определенные дискретные значения.

В этом эксперименте квант действия Планка определяется с помощью измерений на светоизлучающих диодах (СИД/ LED).

Дополнительная информация для учителей (1/2)

PHYWE
excellence in scienceпредваритель
знания

Светодиод представляет собой полупроводниковый элемент и, как и диод, состоит из *n*- и *p*-легированного слоя.

В полупроводнике электроны могут занимать только определенные энергетические зоны (уровни).

Подавая напряжение в прямом направлении диода, энергия электронов увеличивается. В результате они заселяют зону проводимости на *n*-слое, а затем после пересечения границы раздела возвращаются в энергетически более низкую валентную зону на *p*-слое.

Полученная энергия снова высвобождается и свет (частично) излучается.

Дополнительная информация для учителей (2/2)

PHYWE
excellence in science

Принцип



Ширина запрещенной зоны, т.е. разность энергий между валентной зоной и зоной проводимости в светодиодах варьируется в зависимости от выбора материалов.

Чем больше ширина запрещенной зоны, тем больше энергии должны иметь электроны, чтобы перейти из валентной зоны в зону проводимости.

Поэтому пороговое напряжение для разных светодиодов разное. В то же время размер запрещенной зоны влияет на энергию излучаемых фотонов и, следовательно, на частоту или цвет света.

Энергия электронов E может быть рассчитана на основе порогового напряжения $U_{\text{порог}}$. Эта энергия соответствует энергии фотонов. Когда энергия фотона отображается в зависимости от частоты света f , то отображается линейная зависимость. Наклон или коэффициент пропорциональности численно равен кванту действия Планка h .

Инструкция по выполнению работы

PHYWE
excellence in science

Этот эксперимент может быть осуществлен двумя разными способами. Для второй части (вариант 2) амперметр не нужен. Вместо этого начало свечения светодиода определяется глазом. Поскольку глаз не чувствителен к ИК-излучению, этот ИК-диод здесь не используется.

При тестировании глазом в качестве датчика света пороговое напряжение и, следовательно, энергии электронов или фотонов получаются выше, чем при тестировании с помощью амперметра. Несмотря на то, что пороговое напряжение уже достигнуто, глаз еще не воспринимает никакого света и реагирует только на определенную интенсивность света. Отклонение минимально и оказывает лишь незначительное влияние на результат, так как наклон прямой примерно такой же.

При подключении светодиодов необходимо следить за соблюдением полярности, поскольку диоды пропускают ток только в одном направлении.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science

К этому эксперименту применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

PHYWE
excellence in science

Информация для студентов

Мотивация

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Как связаны энергия и цвет света?

Квант действия Планка h является фундаментальной физической постоянной в квантовой физике. Эту константу используют при описании квантовых явлений, в которых физические свойства не могут принимать какую-либо непрерывную величину, а только определенные дискретные значения.

В этом эксперименте, квант действия Планка определяется с помощью измерений на светоизлучающих диодах (СИД/ LED).

Материал

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Светодиод, синий, с последовательным резистором и 4-мм штекером	09852-40	1
2	Светодиод, ультрафиолетовый, с последовательным резистором и 4-мм штекером	09852-50	1
3	Светодиод, зеленый, с последовательным резистором и 4-мм штекером	09852-30	1
4	Светодиод, красный, с последовательным резистором и 4-мм штекером	09852-20	1
5	Светодиод, инфракрасный, с последовательным резистором и 4-мм штекером	09852-10	1
6	Трубка для светодиода, $D_i = 8$ мм, $l = 40$ мм	09852-01	1
7	Цифровой мультиметр, 3 1/2 разрядный дисплей с NiCr-Ni термопарой	07122-00	2
8	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1
9	Соединительный проводник, 750 мм, красный	07362-01	3
10	Соединительный проводник, 750 мм, синий	07362-04	2

Подготовка (1/2)

PHYWE
excellence in science

- Этот эксперимент может быть выполнен двумя различными способами. Отличие лишь в том, что во втором варианте используется мультиметр (как измеритель напряжения).
- Настройте эксперимент, как показано на рисунках. **Внимание:** Соблюдайте правильную полярность!



Подготовка (2/2)

PHYWE
excellence in science

- Подключите два цифровых мультиметра. **Внимание:** соблюдайте полярность!
- Диапазоны измерения: 2 мА (измерение тока), 20 В (измерение напряжения).



Выполнение работы (1/2) - часть 1

PHYWE
excellence in science



Проведение эксперимента

- Выберите светодиоды ультрафиолетового, синего, красного и инфракрасного цветов.
- Подключите трубку рассеянного света к светодиоду и закройте отверстие большим пальцем, чтобы предотвратить попадание нежелательного света.
- Медленно повышайте напряжение до тех пор, пока на амперметре не будет зафиксирован минимально возможный стабильный ток (около 0,01 мА).

Выполнение работы (1/2) - часть 1

- Считайте значение напряжения $U_{\text{порог}}$ в начале протекания тока на вольтметре и занесите его в таблицу 1.



- Снова установите напряжение на источнике питания на ноль и замените светодиод.
- Выполните эксперимент с другими светодиодами.



Выполнение работы (1/3) - часть 2

PHYWE
excellence in science



Проведение эксперимента - вариант 2

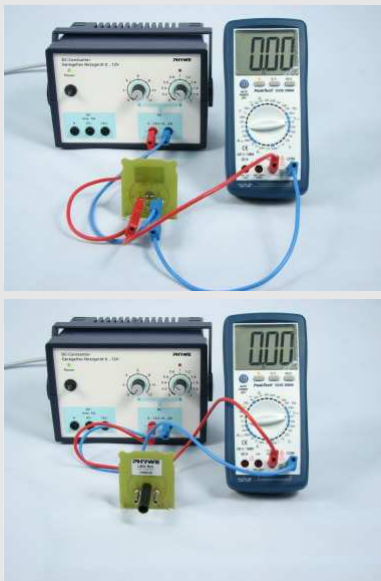
Амперметр для этого варианта не нужен.

Здесь момент включения светодиода определяется глазом. Поскольку глаз не чувствителен к ИК-излучению, этот диод здесь не используется.

Для того, чтобы можно было подвести трубку к глазу, во время этого эксперимента провода должны быть подключены к светодиоду сзади.

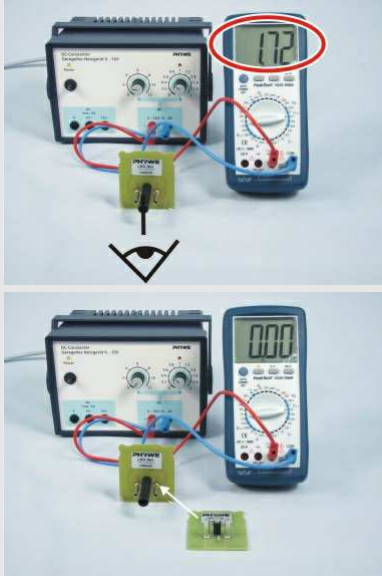
Выполнение работы (2/3) - часть 2

PHYWE
excellence in science



- Поднесите трубку с рассеянным светом очень близко к глазу, чтобы минимизировать попадание света сбоку.
- Выберите светодиоды ультрафиолетового, синего, зеленого и красного цветов.
- Уберите амперметр.
- Подключите трубку с рассеянным светом к светодиоду.

Выполнение работы (3/3) - часть 2

PHYWE
excellence in science

- Постепенно увеличивайте напряжение на источнике питания, наблюдая за светодиодом глазами.
- Как только включится светодиод, запишите соответствующее напряжение $U_{\text{порог}}$ в таблицу 2.
- Снова установите напряжение на источнике питания на ноль и замените светодиод.
- Выполните эксперимент с другими светодиодами.

PHYWE
excellence in science

Протокол

Задача 1

1. Запишите значение напряжения $U_{\text{порог}}$.

2. Зная длины волны λ_{max} светодиодов, вычислите частоту f света по формуле $c = \lambda \cdot f$, где $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ - скорость света в вакууме.

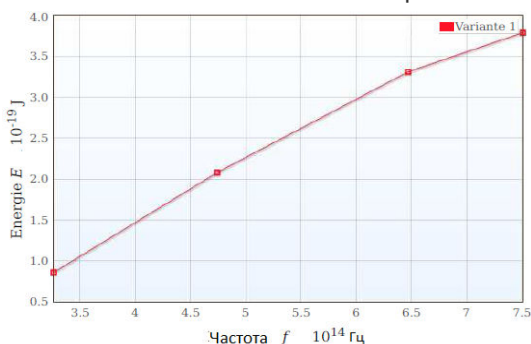
3. Определить максимальную энергию E , которую может иметь возбужденный электрон, используя формулу: $E = e \cdot U_{\text{порог}}$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ - элементарный заряд.

Результат - таблица 1

Цвет	$U_{\text{порог}}$	λ_{max}	f	E
LED	В	нм	10^{14} Гц	10^{-19} Дж
УФ				
голубой				
красный				
ИК				

Задача 2

Рассчитайте наклон из Таблицы 1.



m

$m =$

Заполните пробелы в тексте!

Наклон прямой равен между E и f , то есть из формулы: $E = h \cdot f$. Размер наклона (от h) получается следующим образом: $[h] = [E]/[f] = \text{Дж/с}^{-1} = \text{Джс}$.

квант действия Планка h

линии регрессии

коэффициенту пропорциональности

Проверить

Слайд

Оценка/Всего

Слайд 19: Значение кванта действия

0/3

Общая сумма

 Решения Повторить Экспортируемый текст