

План уроку 118

Тема: Квантова фізика.

Тема уроку: Фотоефект. Застосування фотоефекту.

Мета уроку: Під час вивчення цієї теми учні ознайомлюються з деякими важливими положеннями квантової оптики, які потім поглиблюють в наступній темі: "Атом і атомне ядро". Основний зміст теми присвячений вивченню взаємодії світла з речовиною та використання цих явищ в науці і техніці. Вивчення теми дозволяє вчителю розвивати у учнів критичне мислення, надає їм можливість самостійно Мета уроку: роз'яснити учням явище фотоефекту й зміст його законів.

1. Закони фотоефекту

Фотоефект було відкрито 1887 року Генріхом Герцом, однак перші експериментальні дослідження були виконані російським ученим О. Г. Столетовим.

О Явище взаємодії світла з речовиною, що супроводжується випускненням електронів, називають фотоефектом.

Розрізняють

зовнішній фотоефект, за якого фотоелектрони вилітають за межі тіла, і внутрішній фотоефект, за якого електрони, вирвані світлом з атомів, залишаються усередині речовини.

Численні експерименти й спостереження дозволили зробити висновок: явище фотоефекту практично безінерційне; інтенсивність фотоефекту залежить від роду металу, величини світлового потоку й спектрального складу випромінювання.

Закони фотоефекту були експериментально встановлені професором Московського університету О. Г. Столетовим:

- 1). Число фотоелектронів, які щомиті вириваються з поверхні металу, прямо пропорційне інтенсивності світла.
- 2). Максимальна початкова швидкість фотоелектронів збільшується в разі збільшення частоти світла, що падає, і не залежить від інтенсивності світла.
- 3). Для кожної речовини існує максимальна довжина світлової хвилі (червона границя фотоефекту), за якої починається фотоефект. Опромінення речовини світловими хвилями більшої довжини фотоефекту не спричиняє.

Якщо перший закон фотоефект ще можна було пояснити, використовуючи класичну електромагнітну теорію світла, то наступні два закони прямо суперечили уявленню, що існували у той час. Знадобилося більше 20 років, щоб розгадати цю загадку.

2. Пояснення фотоефекту за допомогою хвильової теорії світла

Отримані дослідним шляхом закони фотоефекту не вдалося пояснити на основі електромагнітної хвильової теорії світла. З погляду цієї теорії електромагнітна хвиля, досягнувши поверхні металу, зумовлює вимушені коливання електронів, відриваючи їх від металу. Але тоді потрібен час для "розгойдування" електронів, і за малої

освітленості металу повинне виникнути помітне запізнення між початком освітлення й моментом вильоту електронів, а фотоефект практично без інерційний.

Крім того, кінетична енергія електронів, що залишають метал, повинна залежати від амплітуди змушу вальної сили, а значить, і від напруженості електричного поля в електромагнітній хвилі.

3. Квантове пояснення фотоефекту

1905 року Альберт Ейнштейн запропонував теорію, що давала пояснення відразу всієї сукупності експериментальних фактів про фотоефект. Розвинувши й поглибивши ідеї Планка, Ейнштейн дійшов висновку, що світло повинне не тільки випромінюватися й поглинатися, але також і поширюватися у вигляді окремих порцій енергії – квантів електромагнітного поля. Ці кванти інакше називають фотонами.

Ейнштейн уважав, що під час взаємодії з речовиною фотон поводить себе подібно до частинки й передає свою енергію не речовині загалом і навіть не атому, а тільки окремим електронам. Щойно метал поглине фотон, енергія останнього $E = h\nu$ передається вільному електрону. Вона витрачається на звільнення електрона з металу – на роботу виходу й на передання йому кінетичної енергії. При цьому енергія фотона передається електрону в металі тільки повністю, а сам фотон перестає існувати.

Рівняння Ейнштейна для фотоефекту: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$, де $h\nu$ – енергія поглиненого фотона; A – робота виходу електрона з металу; $\frac{mv^2}{2}$ – кінетична енергія, з якою електрон залишає поверхню металу.

Рівняння Ейнштейна можна розглядати як вираження закону збереження енергії для одиничного акту взаємодії фотона з електроном. Воно дозволяє пояснити всі закони фотоефекту.

Кінетична енергія фотона може бути виражена так:

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - A, \quad v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}}.$$

А його швидкість:

Звідси випливає, що максимальна кінетична енергія фотоелектрона, а, отже, і його максимальна початкова швидкість залежать від частоти світла й не залежать від інтенсивності світла.

За рівності $h\nu = A$ швидкість фотоелектрона й кінетична енергія дорівнюють нулю. У цьому випадку електрон ніби “випадає” з металу з нульовою швидкістю. Спостерігаємо поріг фотоефекту:

$$\nu_{\min} = \frac{A}{h} \text{ або } \lambda_{\max} = \frac{hc}{A}.$$

Інтенсивність світла прямо пропорційна числу фотонів n_f і енергії кожного з них $h\nu$. Кожного фотона цілком поглинає тільки один електрон. Тому кількість вирваних світлом фотоелектронів, а отже, і фотострум насичення пропорційні n_f , тобто інтенсивності світла (перший закон фотоелефекту).

4. Застосування фотоелефекту

Явище фотоелефекту широко застосовують в науці й техніці: воно дозволяє здійснити безпосереднє перетворення енергії світла в електричну енергію. Прилади, в основі принципу дії яких лежить явище фотоелефекту, називають фотоелементами. У фотоелементах енергія світла керує енергією електричного струму або перетворюється в неї.

Фотоелементи використовують для зчитування інформації (зображення, звуку або даних) з оптичних дисків (компакт-дисків), які є сьогодні однією з найпоширеніших форм запису й зберігання інформації.

Важливим застосуванням фотоелементів є використання їх для виготовлення сонячних батарей на космічних кораблях. Сонячні батареї використовують сьогодні і як джерело електричного струму в спекотних місцевостях: таку батарею розміщують на даху будинку, а електроенергія, яку вона дає, живить кондиціонери, що охолоджують приміщення. Таким чином, сонячна енергія, коли її виявляється в надлишку, сама ж допомагає послабити небажані наслідки цього надлишку.

Застосування фотоелефекту в техніці: кіно (відтворення звуку); фототелеграф; фотометрія (для вимірювання сили світла, яскравості, освітленості); керування виробничими процесами.

ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

Перший рівень

1. Чим відрізняється зовнішній фотоелефект від внутрішнього фотоелефекту?
2. Які факти свідчать про наявність у світла корпускулярних властивостей?
3. Які факти свідчать про наявність у світла хвильових властивостей?

Другий рівень

1. Які закони фотоелефекту не можна пояснити на основі хвильової теорії світла?
2. Чому, відповідно до класичної електродинаміки, хвилі повинні були б відібрати в частинок всю енергію теплового руху?

ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1). Якісні питання

1. Чому за частот, менших від червоної границі, фотоелефект не спостерігається?
3. У чому розбіжності фотоелефекту в напівпровідниках і в металах?

2. Чому для різних речовин червона границя фотоефекту має різні значення?