

## 18. ФОТОЭФФЕКТ ҚҰБЫЛЫСЫНДАҒЫ ЭЙНШТЕЙННИҢ ТЕНДЕУІН ЭКСПЕРИМЕНТ АРҚЫЛЫ ТЕКСЕРУ ЖӘНЕ ПЛАНК ТҰРАҚТЫСЫН АНЫҚТАУ

### 18.1. Жұмыстың мақсаты

Фотоэффект заңдылықтарымен толығырақ танысу (``қызыл шекара``, бөгеуші потенциал және т.б.). Фотоэффект құбылысының Эйнштейн ұсынған теңдеуін эксперимент арқылы тексеруден шығатын Планк тұрақтысын анықтау әдісін игеру.

### 18.2. Қысқаша теориялық кіріспе

Фотоэффект - кванттық құбылыс (қосымша N15 лабора-ториялық жұмысты қараңыз), оның ашылуы және зерттелуі кванттық теорияның эксперимент жүзінде негізделуіне, қалыптасуына үлкен әсерін тигізді: тек соның негізінде фотоэффект заңдылықтарын (бөлініп шығатын электрондардың мөлшері белгілі күйдегі және температурадағы әрбір заттың сәуле шығару интенсивтігіне пропорционал) түсіндіру мүмкін болады.

Жарық тербеліс жиілігі бір белгілі шамаға  $\nu_0$  жеткенде фотоэлектронның жылдамдығы  $\mathcal{D}$  нольге теңеледі. Егер жарық тербеліс жиілігі  $\nu \leq \nu_0$  болса, онда жарық фотоэффект құбылысын қоздыра алмайды; фотоэффект қозу үшін  $\nu = \nu_0$  болуға тиіс. Сөйтіп тербеліс жиілігі  $\nu_0$  оған сәйкес толқын ұзындығы

$\lambda = \frac{c}{\nu_0}$  фотоэффект қоздыра алатын жарық жиілігі мен толқын ұзындығының

шегі болып табылады. Толқын  $\lambda_0$  - дан ұзын жарық қаншама күшті болса да, фототок қоздыра алмайды. Сондықтан  $\lambda_0$ -фотоэффектің ``қызыл шегі`` деп аталады. Фотоэлектрондардың максимал кинетикалық энергиясы түскен жарықтың  $\nu$  жиілігіне байланысты сызықты түрде өседі (күшейеді) және оның интенсивтігіне тәуелді емес.

Жарық затпенен  $h\nu$  энергиясы және  $h\nu/c$  импульсы бар бөлшек-фотон

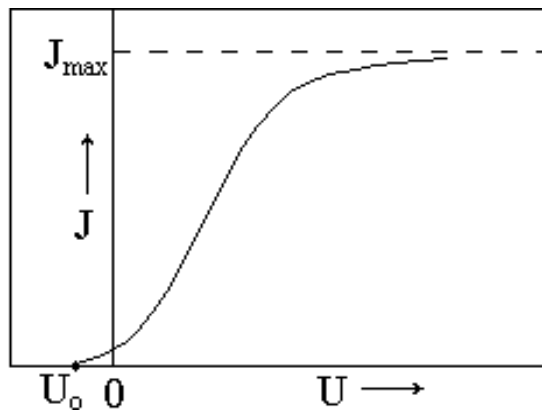
ретінде әсерлеседі. Мұндағы  $h$ -Планк тұрақтысы,  $\nu$  - электромагниттік сәуле шығару жиілігі, с-вакуумдегі электромагниттік толқындардың (жарықтың) жылдамдығы.

Фотон фотокатодтың электронымен соқтығысқанда оның энергиясы толығымен электронға беріледі; фотон өмір сүруін тоқтатады. Бұл жағдайда энергияның сақталу заңы Эйнштейннің ұсынған теңдеуімен сипатталады:

$$h\nu = E_{\max} + A \quad (18.1)$$

Мұндағы  $E_{\max}$  - фотокатодтан шыққан моменттегі электронның максимал кинетикалық энергиясы,  $A$ - электронның катодтан шығу жұмысы.

Фотоэффекті зерттеу вакуумдық фотоэлементтерді пайдаланумен жүргізіледі (сыртқы фотоэффект). Вакуумдық фотоэлементтің вольт-амперлік сипаттамасы (N15 лаб. жұмысты қараңыз) 18.1-суретте келтірілген.



18.1-сурет. Вакуумдық фотоэлементтің вольт-амперлік сипаттамасы.

Жеткілікті үлкен кернеу берілгенде фототок өзінің қанығу мәніне  $J_{\max}$  жетеді (бөлініп шыққан электрондар түгел анодқа жетеді). Бөгеуші потенциалдарда анодқа тек жеткілікті үлкен кинетикалық энергиясы бар электрондар ғана жетеді. Кейбір  $U=U_0$  (бөгеуші потенциал) мәнінде жылдам электрондар да анодқа жете алмайды. Кинетикалық энергиясы максимал мәнінің  $E_{\max}$  бөгеуші потенциалмен ( $U_0$  байланысы төмендегіше:

$$E_{\max} = eU_0 \quad (18.2)$$

Сонда Эйнштейн (18.1) теңдеуін мынадай түрде жазуға болады:

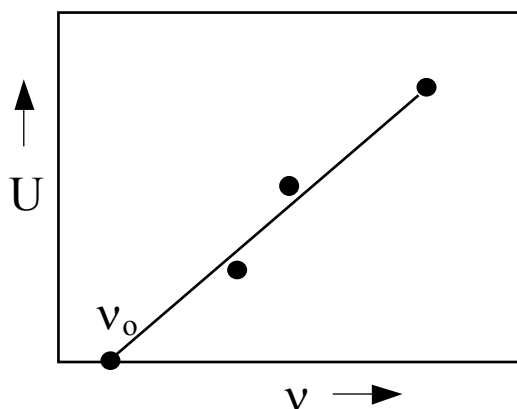
$$eU_0 = h\nu - A \quad (18.3)$$

Бұл жұмыста фототоктың сәуле шығарудың көрінетін алқабында жатқан жарықтың әртүрлі жиіліктері  $\nu$  үшін бөгеуші потенциалдың мәніне тәуелділігі зерттеледі.

Эйнштейн теңдеуін эксперимент арқылы тексеру үшін жарықтың әртүрлі жиіліктеріндегі бөгеуші потенциалдар анықталады; нәтижелері  $U_0=f(\nu)$  функция түрінде көрсетіледі. (18.3) өрнек бойынша бөгеуші потенциалдың түрі мынадай болады:

$$U_0 = \frac{h\nu - A}{e} \quad (18.4)$$

Кез-келген таңдап алынған катод үшін бөгеуші потенциал  $U_0$



18.2-сурет. Бөгеуші потенциалдың жарық жиілігіне тәуелділігі

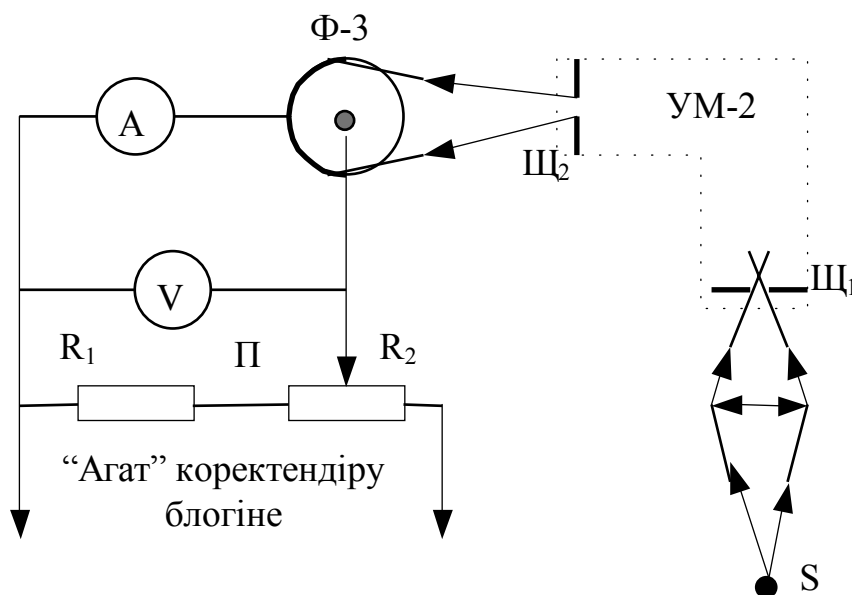
жарықтың жиілігінен  $\nu$  сызықты тәуелділікте болады (18.2-сурет).

Келтірілген графиктегі түзудің көлбеулігінен Планк тұрақтысын табуға болады:

$$h = e(\Delta U_0 / \Delta \nu) \quad (18.5)$$

### 18.3. Эксперимент қондырғысы

Қондырғының принциптік схемасы 18.3-суретте келтірілген. Жарық қыздыру S электр лампасынан конденсатордың көмегімен УМ-2 монохроматордың  $\text{Щ}_1$  кіру саңылауына фокусталады. УМ-2 -ден бөлінген жіңішке спектрлік интервал оның  $\text{Щ}_2$  саңылауынан өтіп ( толығырақ N16 жұмыста келтірілген) Ф-3 фотоэлементтің фотокатодына түседі.



18.3-сурет. Эксперимент қондырғысының принциптік схемасы

Бөгеуші потенциал потенциометрдің  $\Pi$  (тізбектеп қосылған екі  $R_1$  және  $R_2$  реостаттар) көмегімен реттелінеді. Ток көзі ретінде тұрақты қоректендіру блогі "АГАТ" пайдаланылады. Бөгеуші потенциалдың  $U_0$  мәні әмбебап (универсал) В7-21А вольтметрмен, ал фототок  $J_\phi$  мәні А(В7-21А) амперметр көмегімен тіркеледі.

#### 18.4. Жұмыстың тапсырмалары және оның орындалу тәртібі

18.4.1. Электр тоғы тізбегіне "АГАТ" қоректендіру блогі мен универсал В7-21А цифрлық приборларды қосыңыздар. Вольтметрдің өлшеу шегін "1В", жұмыстың түрін анықтайтын қосып-ажыратқыш "U", амперметрді "1мкА" (оның атқаратын жұмыс түрін "J") қалыптарына қойыңыздар.

Жұмыс басталғанға дейін приборлар қыздырылуы қажет. Монохроматордың жарық шығатын саңылауын  $\Phi-3$  фотоэлементпен қоса окулярлық насадқаға алмастырыңыз.

18.4.2. УМ-2 монохроматорын сынап лампасының спектрі бойынша градуирлеңіз (N16 жұмысты қараңыз). Градуирлеу графигін тұрғызу қажет.

18.4.3. Монохроматор окулярын фотоэлементпен қоса жарық шығатын саңылаумен алмастырыңыз.

18.4.4. Монохроматордың жарық енетін саңылауының енін 0,3 мм-ге тең

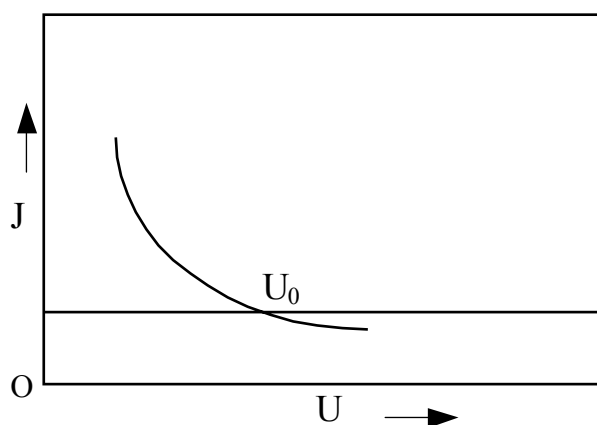
етіп қойыңыз. Конденсор линзасының көмегімен монохроматордың жарық енетін саңылауының жарық болуына және бірқалыпты жарық-талынуына көз жеткізіңіз.

18.4.5. Монохроматордың жарық енетін саңылауы жабық кезіндегі фотоэлементтің қараңғылық тоғының болмауын тексеру керек.

18.4.6. Монохроматордың жарық енетін терезесін ашыңыз.

18.4.7. Потенциометр көмегімен амперметр көрсетуінің толқын ұзындықтарының  $400 \div 600$  нм диапазонында жататын  $5 \div 7$  мәндері үшін, бөгеуші потенциал  $U_0$  мәндеріне тәуелділігін зерттеңіз. Фототоқтың мәндерін өлшеуді интервалы  $50$  мВ болатын,  $0$  ден  $1000$  мВ дейінгі аралықта тежелетін кернеуде жүргізу қажет. Өлшеулерді, әсіресе, бөгеуші потенциалдың төңірегінде мұқият жүргізу керек ( бөгеуші потенциал дегеніміз фототок мәні нольге теңелген кездегі  $U_0$  мәні).

Өлшеудің нәтижелерін (әрбір  $\lambda$  мәні үшін) графиктер түрінде көрсетіңіздер. Графиктерден бөгеуші потенциалды  $U_0$  анықтаңыздар. Төменде осындай графиктердің сапалы түрі көрсетілген (18.4-сурет).



18.4-сурет. Бөгеуші потенциалды анықтау үшін

18.4.8. 18.4.7-пунктегі берілгендер бойынша, 18.2-суретте көрсетілгендей,  $U_0(\nu)$  графигін тұрғызыңыз және (18.5) өрнекке сай Планк тұрақтысын анықтаңыз. Табылған  $h$  мәнін оның кестелік мәнімен салыстырыңыз.

## 18.5. Бақылау сұрақтары

18.5.1. Фотоэффект үшін Эйнштейн теңдеуінің энергетикалық мағынасын

түсіндіріңіз.

18.5.2. Шығу жұмысы дегеніміз не?

18.5.3. Фотоэффектің ``қызыл шегі`` деп нені айтады?

18.5.4. Бөгеуші потенциал дегеніміз не?

18.5.5. Бөгеуші потенциал әдісінің мәні неде?

### **18.6. Әдебиет**

18.6.1. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.: Наука, 1976

18.6.2. Бутиков Е.И. Оптика. -М.: Высшая школа, 1986

18.6.3. Лабораторные занятия по физике. Под. редакцией

Л.Л. Гольдина -М.: Наука, 1983.