АТОМДЫҚ ФИЗИКА

07-ДӘРІС

Микробөлшектердің толқындық қасиеттері. де Бройль гипотезасы

Электрон дифракциясы, үдеткіш кернеу және электрондық микроскопия

18 слайд · Силлабус 2026 · Қазақ тілінде

Дәрістің оқу мақсаттары

1. де Бройль толқын ұзындығын импульс арқылы анықтау
2. Электрон толқын ұзындығын үдеткіш кернеумен байланыстыру
3. Дифракция мен электрондық микроскопияның айырмасын түсіндіру

Зат толқындарының идеясы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- де Бройль әр микробөлшекке толқындық сипат сәйкес келетінін ұсынды.
- Импульсі анықталған бөлшекке λ = h/p қатынасы тән.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{p}$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Толқын мен бөлшек дуализмі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Дифракция толқындық мінезді көрсетеді.
- Детектор жеке электрондарды тіркей алады.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Импульс және толқын ұзындығы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Импульс артқан сайын λ кішірейеді.
- Макроскопиялық денелерде λ өте аз, оны байқау қиын.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

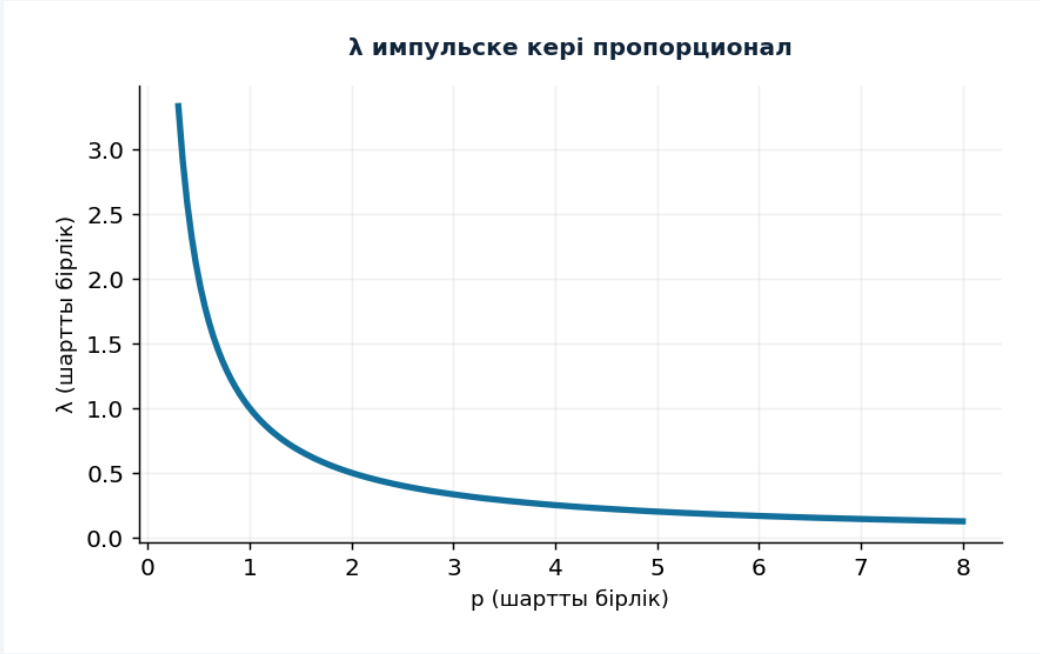

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Үдетілген электрон энергиясы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Электрон тыныштықтан U потенциал айырмасымен үдетілсін.
- Бейрелятивистік жағдайда K = eU = p²/(2m).

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$eU = \frac{p^2}{2m_e}$$

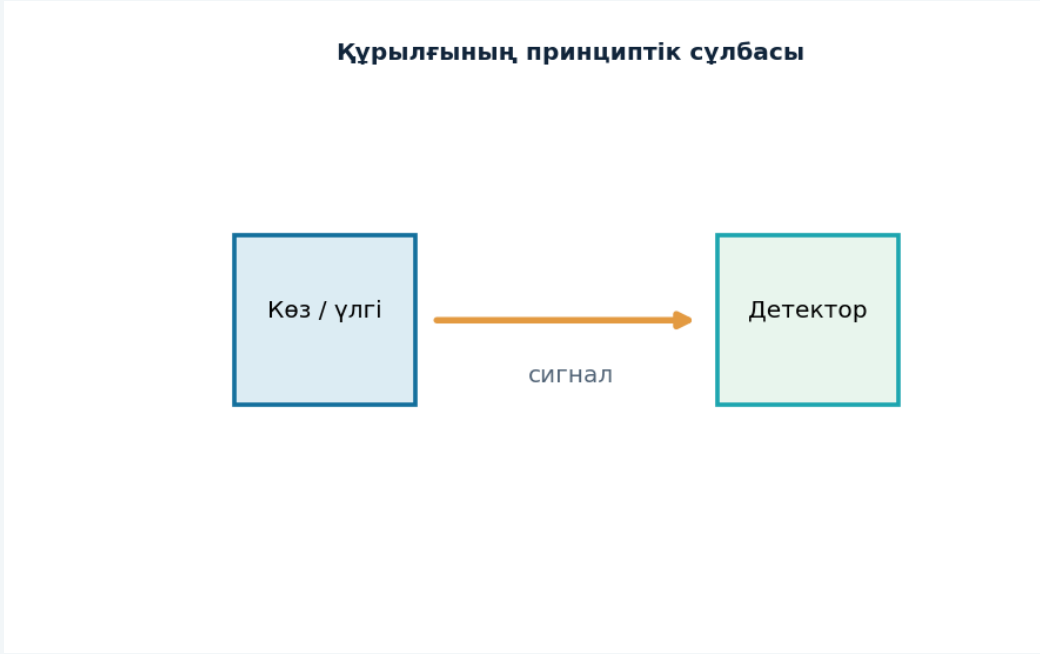

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Үдеткіш кернеу формуласы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Электронның λ шамасы $U^{-1/2}$ заңымен өзгереді.
- Төмен кернеулерде бейрелятивистік өрнек жеткілікті.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}}$$

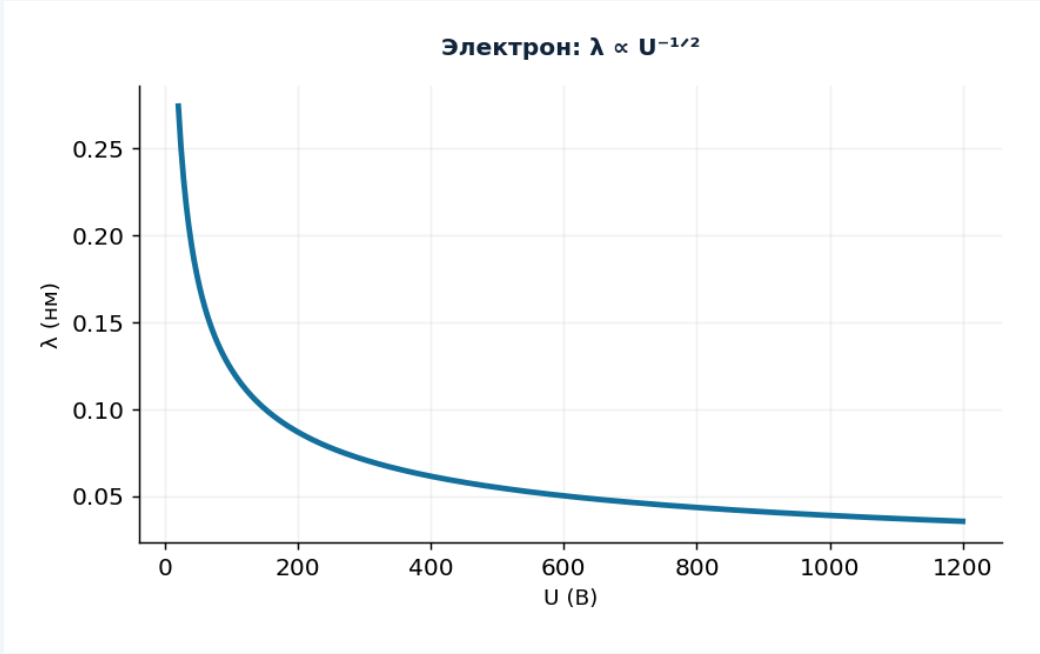

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Сандық мысал

ТҮСІНІКТЕМЕ

- U = 150 В кезінде λ ≈ 0,100 нм.
- Бұл атомаралық қашықтықтармен салыстырылатын шама.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}}$$

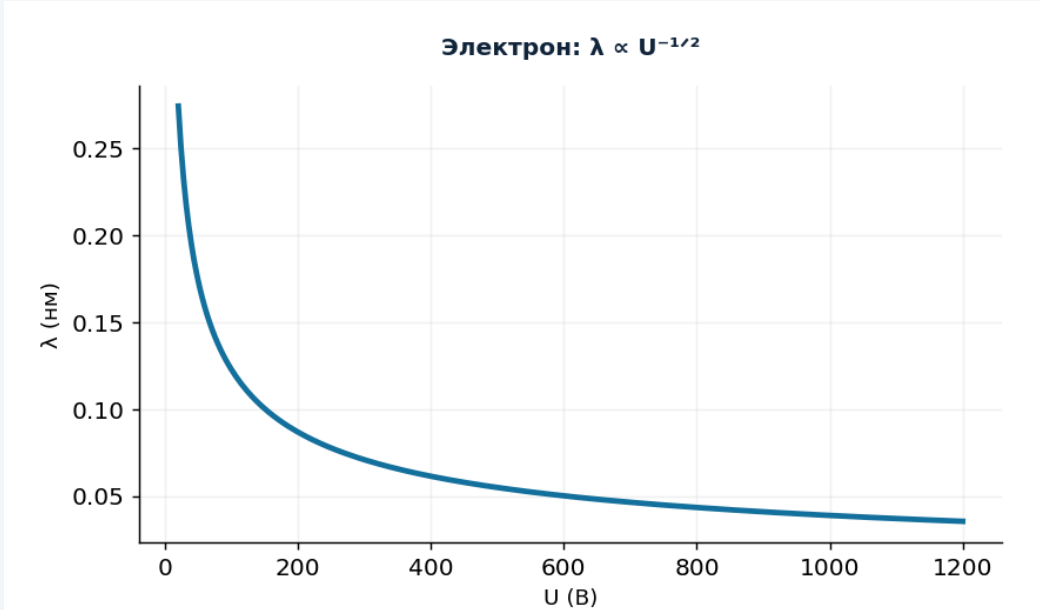

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дэвиссон–Джермер тәжірибесі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Кристаллдан серпімді шашыраған электрондар дифракциялық максимум береді.
- Кристалл торы толқындық қасиеттерді тексеруге мүмкіндік жасайды.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$2d\sin\theta = n\lambda$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Электрон дифракциясы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Кристалл жазықтықтары үшін Брэгг шарты қолданылады.
- Дифракциялық сақиналар поликристалдық құрылыммен байланысты.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$2d\sin\theta = n\lambda$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дифракциялық геометрия

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Сақина радиусы, камера ұзындығы және λ арқылы d бағаланады.
- Кіші бұрыштарда R d ≈ L λ жуықтауы пайдаланылады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$Rd \simeq L\lambda$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Релятивистік түзету

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Үдеткіш кернеу жоғары болса K = eU релятивистік импульске айналады.
- ТЕМ кернеуінде бейрелятивистік формула қателік береді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{(eU)^2 + 2m_e c^2 eU}}$$

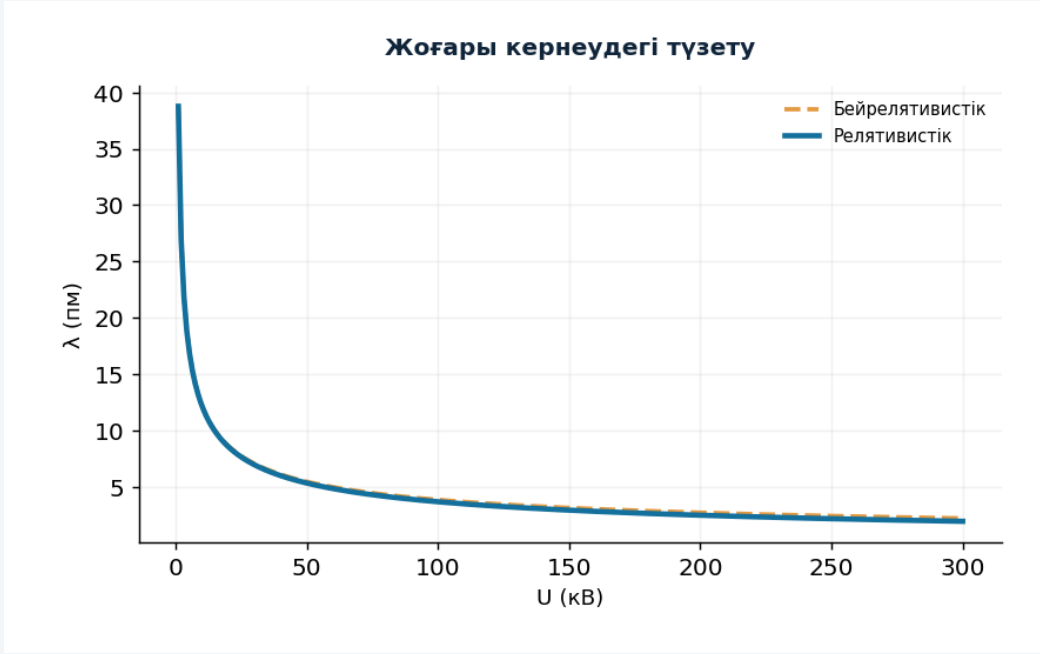

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Электрондық микроскопия

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Қысқа λ жоғары кеңістіктік ажыратуға әлеует береді.
- Нақты ажыратуды аберрация, оптика және үлгі сапасы шектейді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

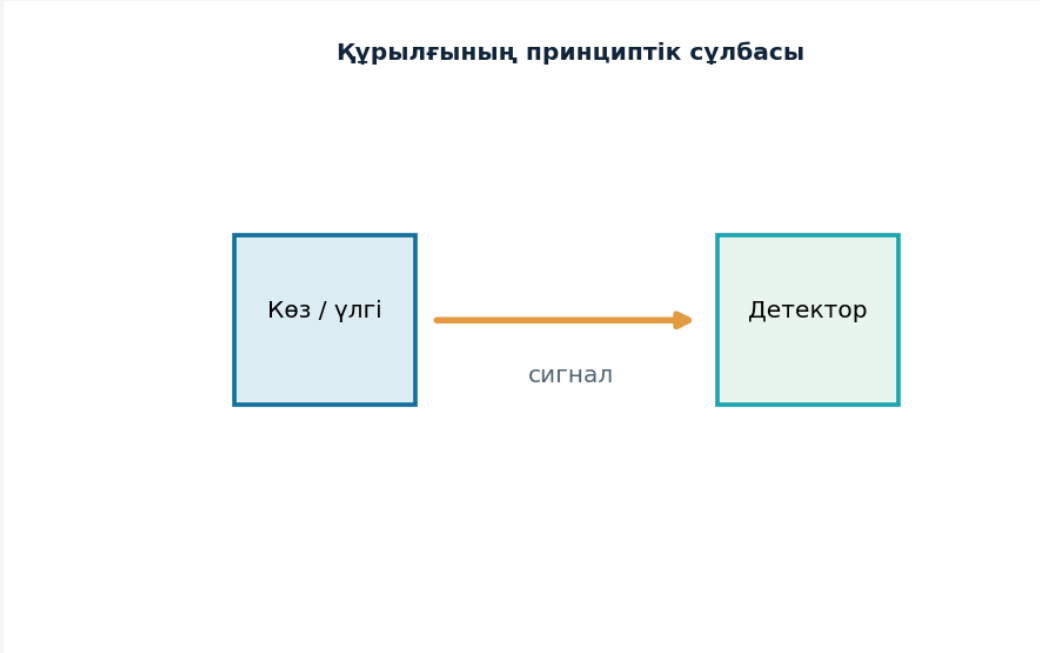

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

ТЕМ және SEM айырмасы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- ТЕМ үлгі арқылы өткен электрондарды пайдаланады.
- SEM беттен шығатын сигналдарды жинайды.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

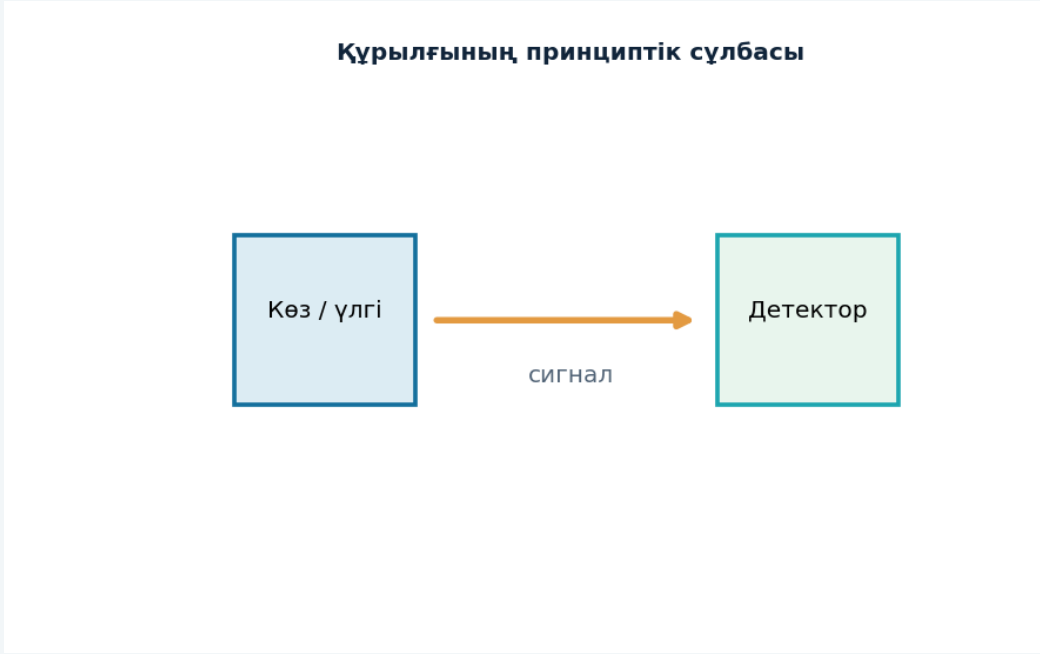

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Есеп: кернеуді өзгерту

ТҮСІНІКТЕМЕ

- 150 В-тан 600 В-қа өссе λ екі есе кемиді (бейрелятивистік).
- Жауап тек λ үшін: ажырату автоматты түрде екі есе жақсармайды.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eU}}$$

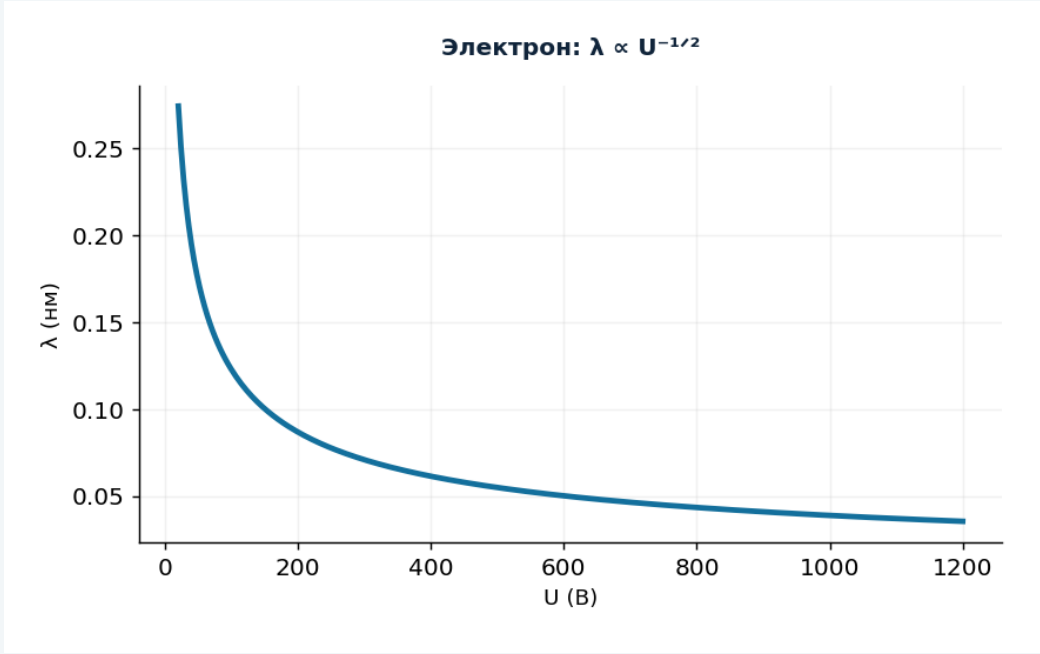

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Негізгі тұжырым

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Бөлшектің толқындық ұзындығы оның импульсімен анықталады.
- Дифракция – кванттық дуализмнің тікелей дәлелі.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda = \frac{h}{p}$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дәріс қорытындысы

ЕСТЕ САҚТАУ КЕРЕК

- ✓ де Бройль толқын ұзындығын импульс арқылы анықтау
- ✓ Электрон толқын ұзындығын үдеткіш кернеумен байланыстыру
- ✓ Дифракция мен электрондық микроскопияның айырмасын түсіндіру

ӨЗІНДІК ТЕКСЕРУ

Есеп шығарғанда: бірліктер → модель шарты → формула → сандық нәтиже.

Бақылау сұрақтары және дереккөздер

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. U = 150 В үшін электрон толқын ұзындығы қанша нм?
2. Кернеу 4 есе артса, бейрелятивистік λ қалай өзгереді?
3. Электронның толқын ұзындығы микроскоп ажыратуын жалғыз анықтай ма?

ӘДЕБИЕТ ЖӘНЕ ТЕКСЕРУ НЕГІЗІ

- Жұманов К.Б. Атомдық физика. Алматы: Қазақ университеті, 2020.
- OpenStax, University Physics, Volume 3: 6–7-тараулар.
- NIST CODATA 2022, Fundamental Physical Constants; NIST Atomic Spectra Database.