АТОМДЫҚ ФИЗИКА

08-ДӘРІС

Кванттық механиканың негізгі ұғымдары

Толқындық функция, ықтималдық, анықталмағандық және Шредингер теңдеуі



18 слайд · Силлабус 2026 · Қазақ тілінде

Дәрістің оқу мақсаттары

1. Толқындық функцияның ықтималдық мағынасын түсіндіру
2. Гейзенбергтің анықталмағандық қатынасын қолдану
3. Шредингер теңдеуінің әр мүшесінің физикалық мәнін тану

Классикалық траекторияның орны

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Кванттық күйді бөлшектің нақты траекториясымен толық сипаттау мүмкін емес.
- Толқындық функция күй туралы ықтималдық ақпарат береді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

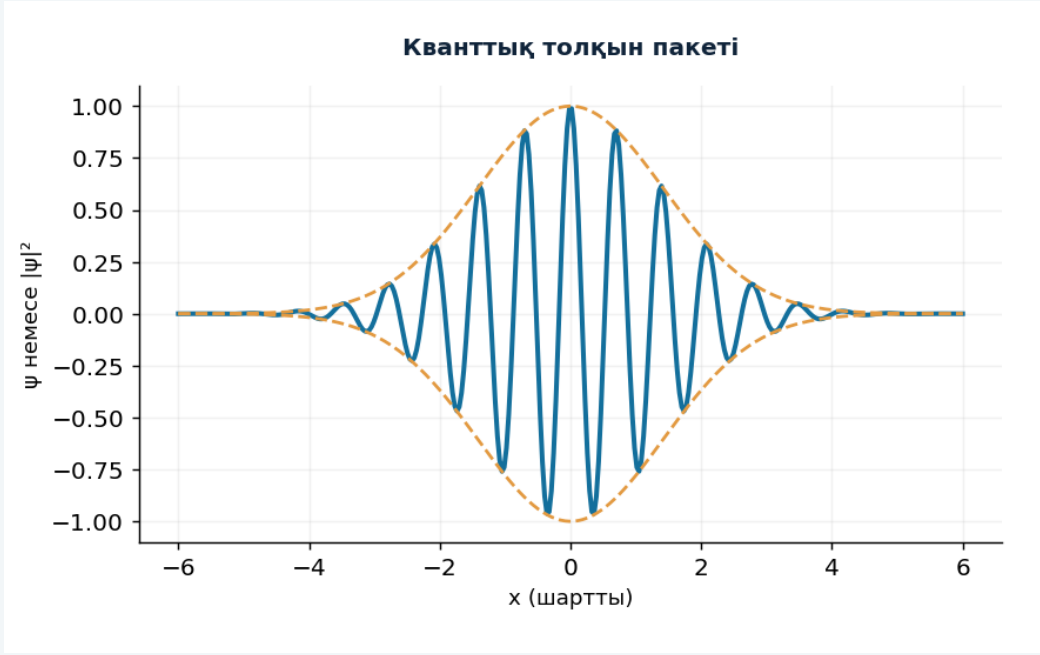

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Толқындық функция ψ

ТҮСІНІКТЕМЕ

- ψ әдетте комплекс шамалы және өзі тікелей ықтималдық емес.
- Өлшенетін тығыздық ψ модулінің квадраты арқылы табылады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$P(x \to x + dx) = |\psi(x)|^2 dx$$

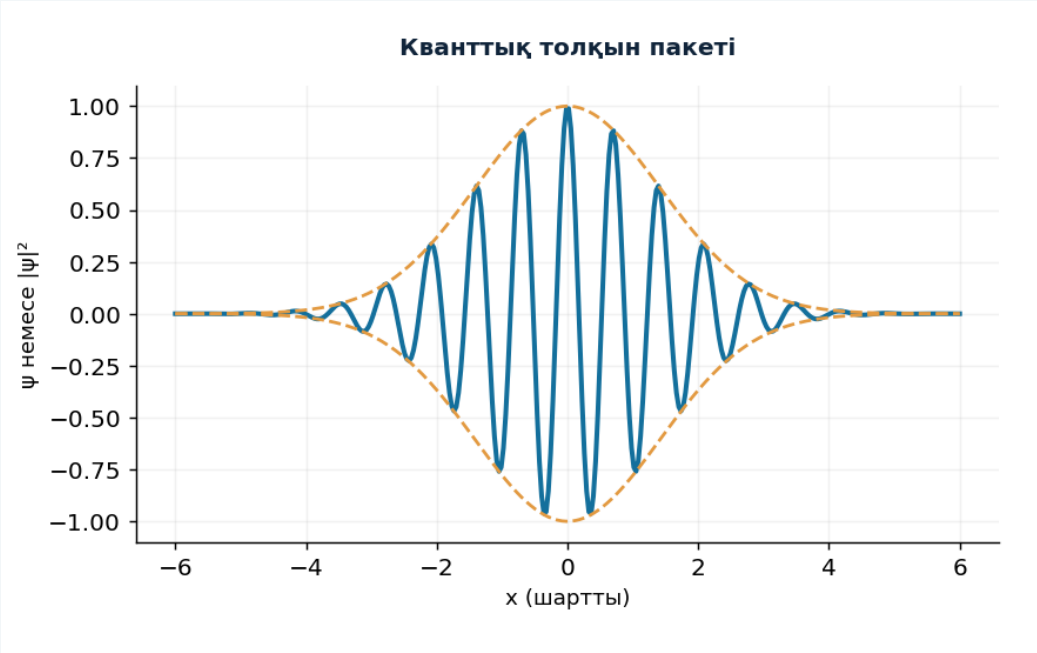

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Борнның ықтималдық ережесі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Кіші dx аралығында бөлшекті табу ықтималдығы ψ(x) модулінің квадраты × dx.
- Бүкіл кеңістіктегі жиынтық ықтималдық 1 болуы тиіс.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\int |\psi(x)|^2 dx = 1$$

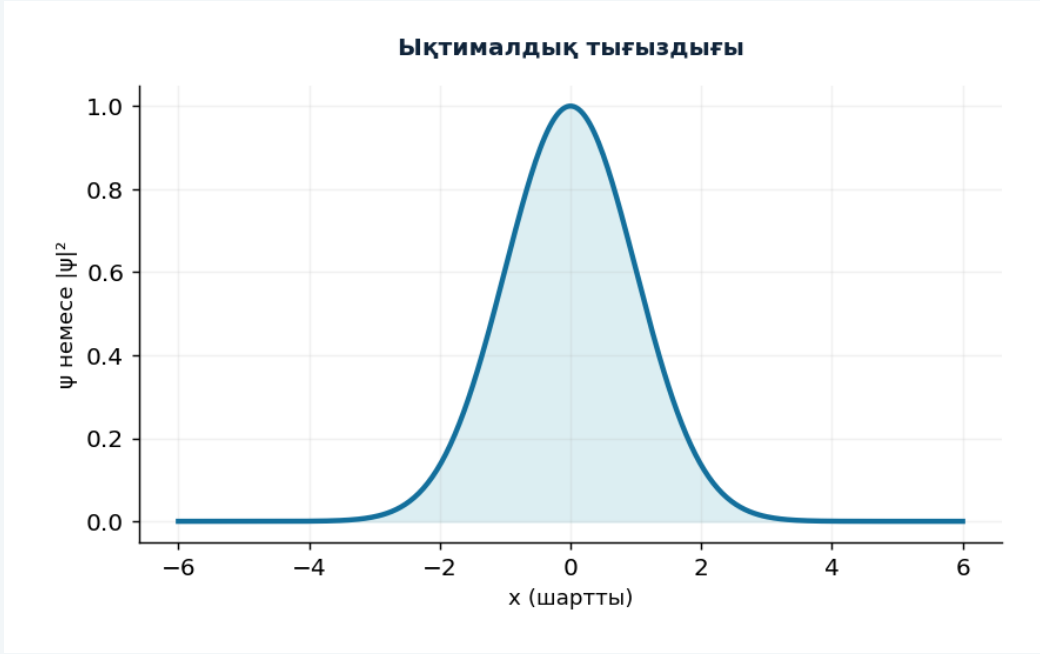

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Нормалау шарты

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Толқындық функцияны константаға көбейтіп нормалауға болады.
- Нормаланбаған ψ физикалық ықтималдық үлестірім бермейді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\int |\psi(x)|^2 dx = 1$$

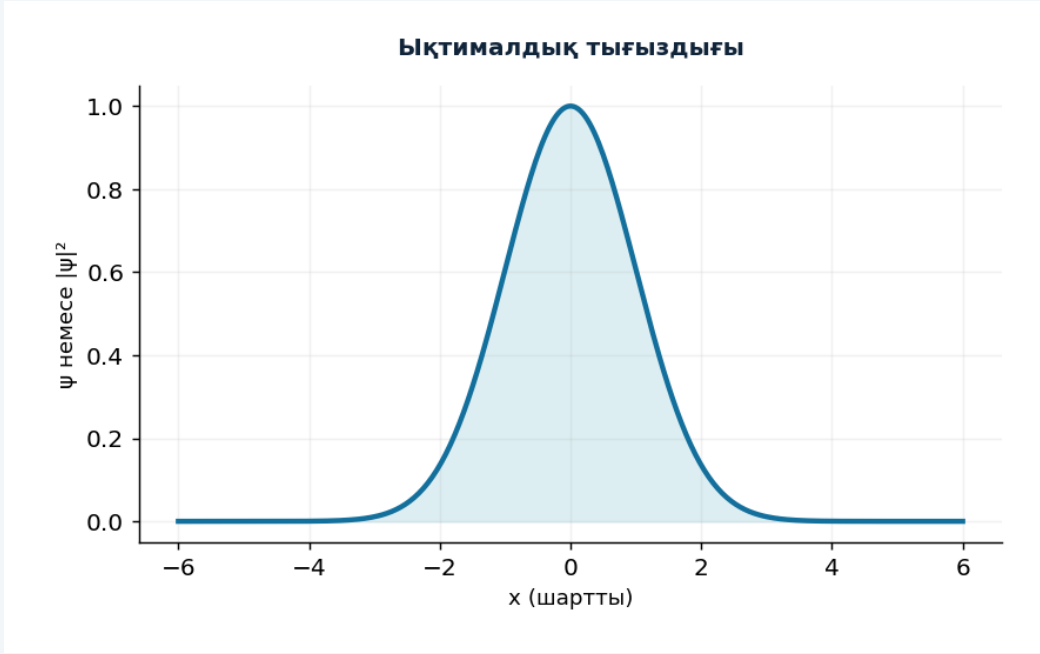

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Толқын пакетінің локализациясы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Әртүрлі импульстердің толқындарын қосқанда шоғырланған пакет туады.
- Кеңістікте жинақы пакет импульсте кең таралады.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

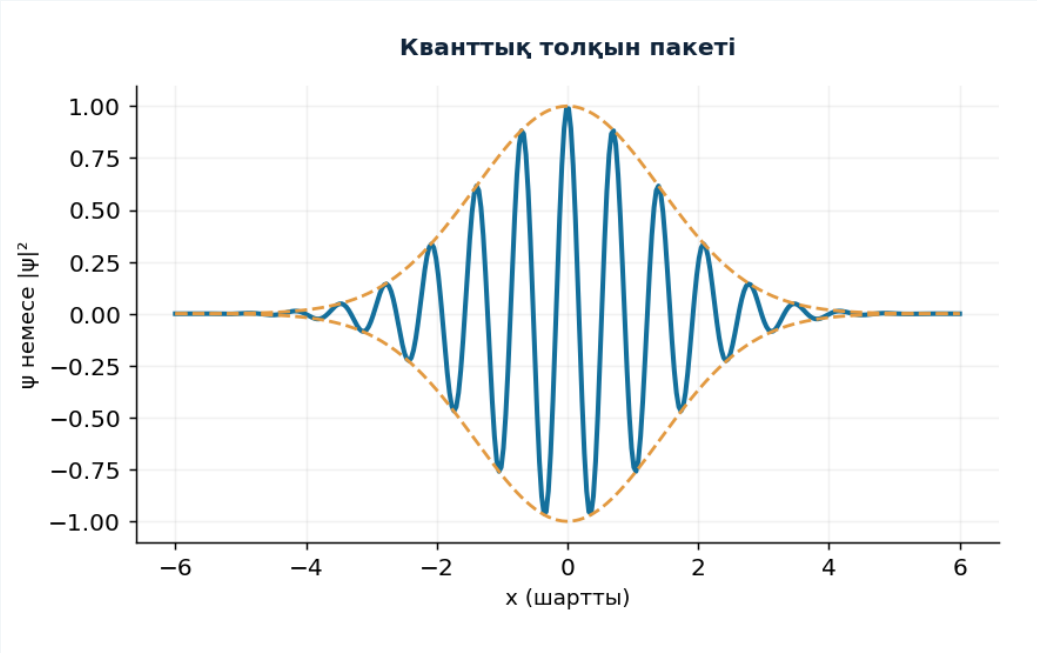

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Гейзенберг қатынасы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Орын және импульс дисперсиялары бір мезетте шексіз дәл анықталмайды.
- Бұл құрылғының тек техникалық кемшілігі емес.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\Delta x \, \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

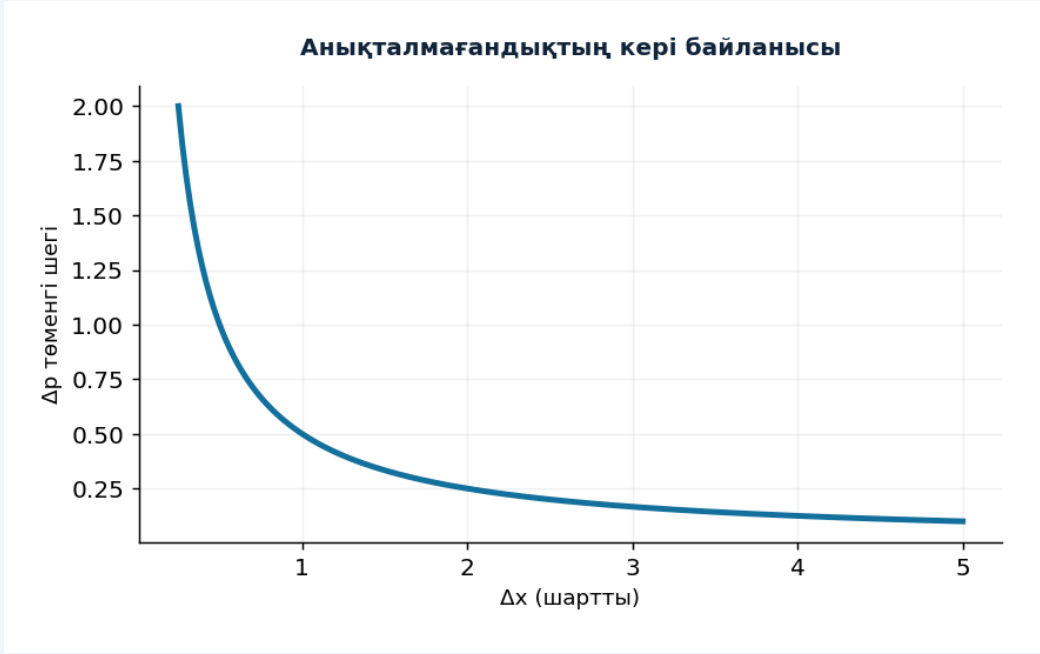

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Энергия–уақыт байланысы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Энергия–уақыт анықталмағандығы контекстке тәуелді ұғым.
- Оны ΔxΔp формуласының дәл сол сияқты операторлық түрі деп қабылдамаңыз.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

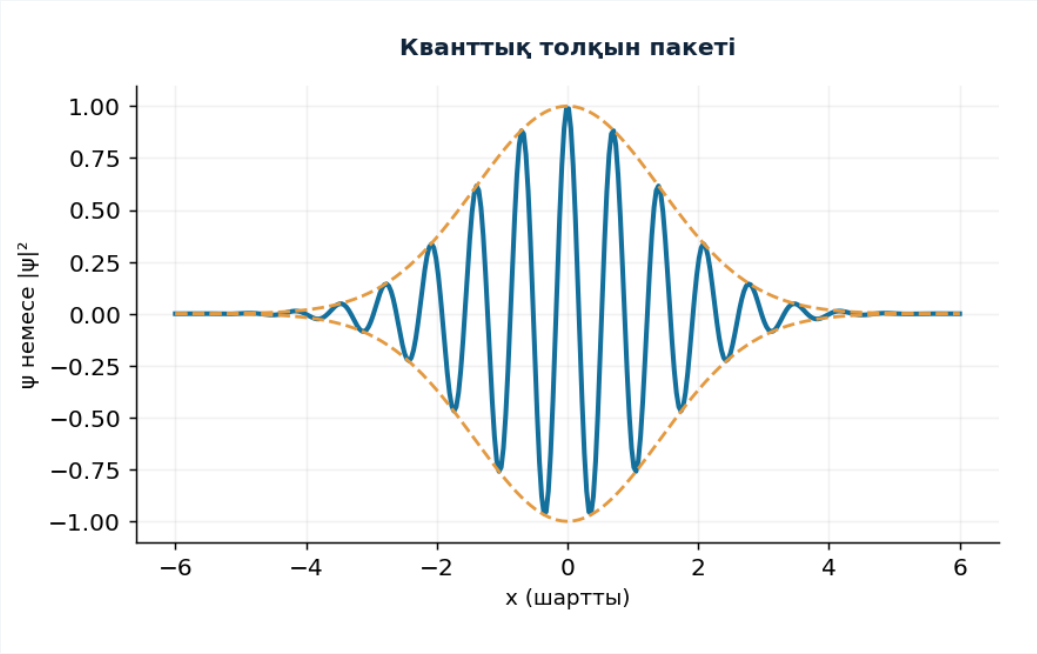

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Шредингер теңдеуі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Гамильтониан жүйенің кинетикалық және потенциалдық энергиясын сипаттайды.
- Теңдеу кванттық күйдің уақыт бойынша өзгерісін анықтайды.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \hat{H}\Psi$$

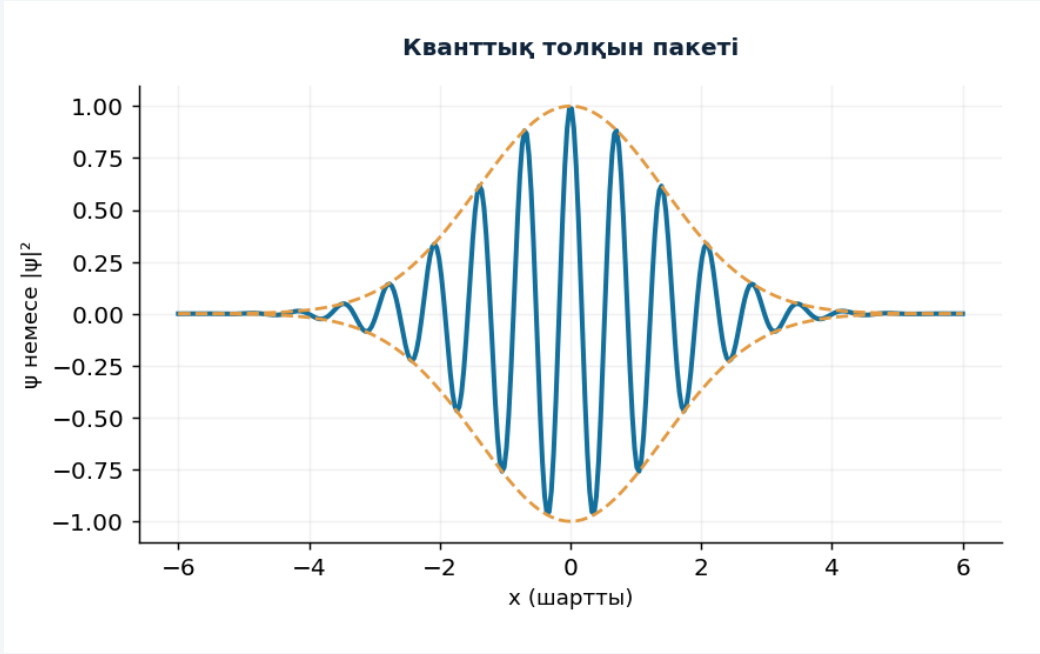

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Стационар күйлер

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Уақытқа тәуелсіз потенциал үшін энергия мен кеңістік бөліктерін ажыратуға болады.
- Стационар күйде ψ(x,t) модулінің квадраты уақыт бойынша өзгермейді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\Psi(x,t) = \psi(x)e^{-iEt/\hbar}$$

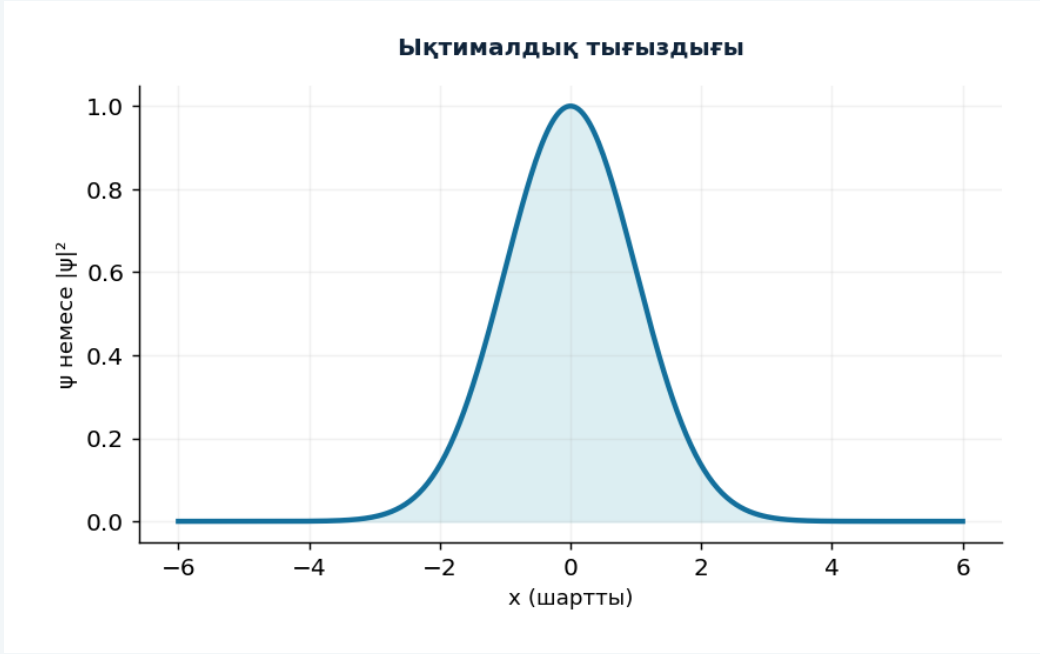

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Потенциалдық энергия

ТҮСІНІКТЕМЕ

- V(x) бөлшекке әсер ететін сыртқы күш өрісін модельдейді.
- Потенциал формасы рұқсат етілген күйлерге әсер етеді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + V\psi = E\psi$$

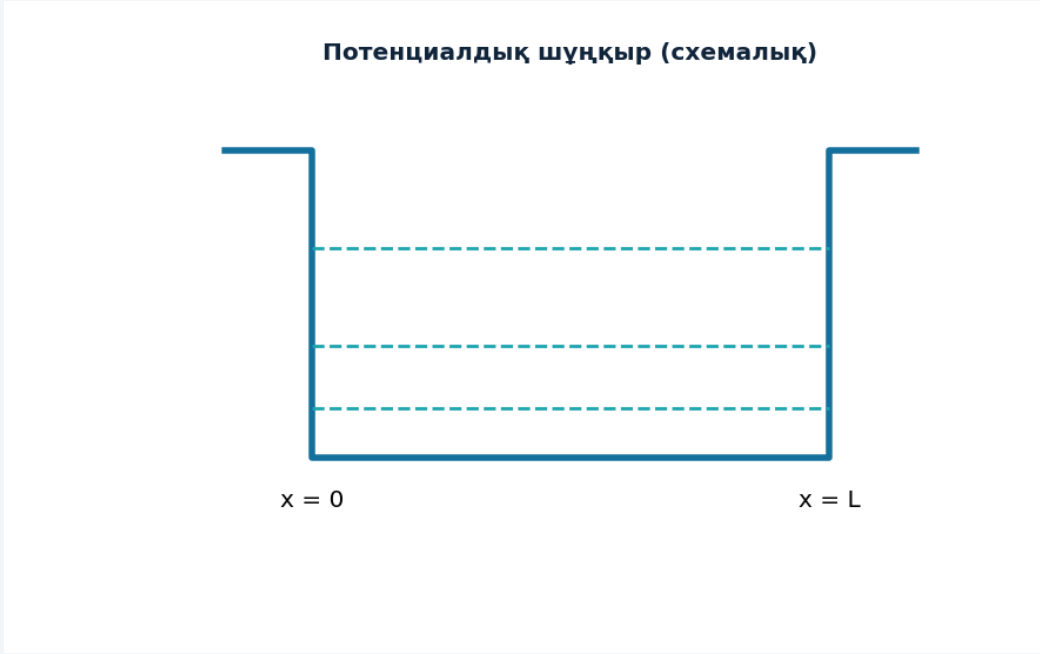

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Шекаралық шарттар

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Қабылданатын ψ үзіліссіз және нормаланатын болуы керек.
- Шекаралық шарттар дискретті энергетикалық спектр беруі мүмкін.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

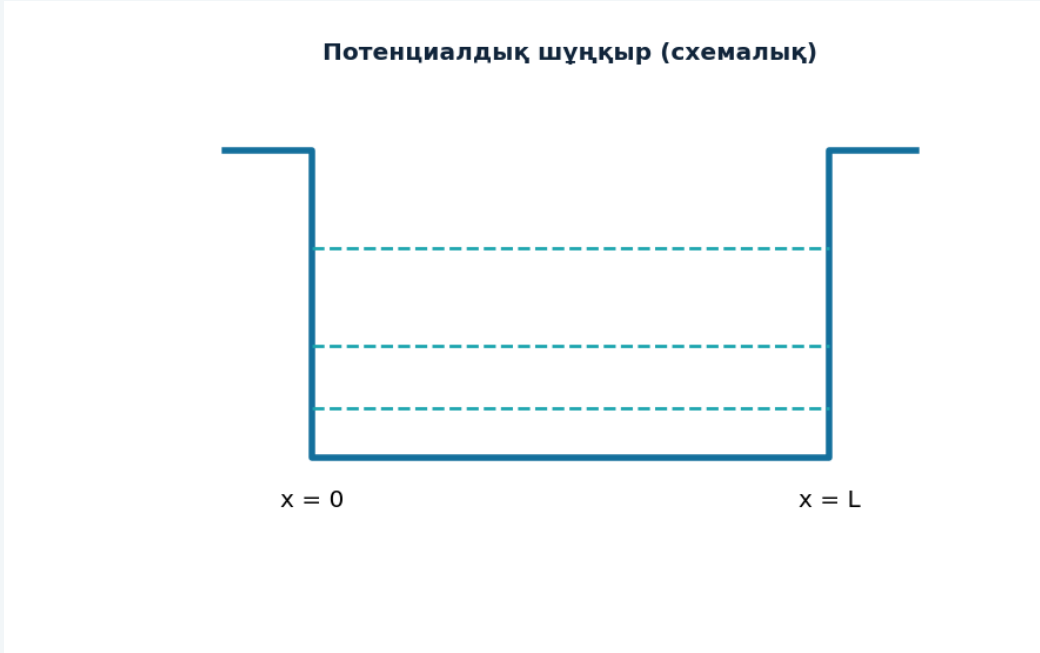

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Күтілетін мән

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Өлшеулер сериясының орташа мәні оператор мен ψ арқылы анықталады.
- Жеке өлшеу нәтижесі орташаға міндетті түрде тең емес.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\langle x \rangle = \int \psi^{*}(x)\, x\, \psi(x)\, dx$$

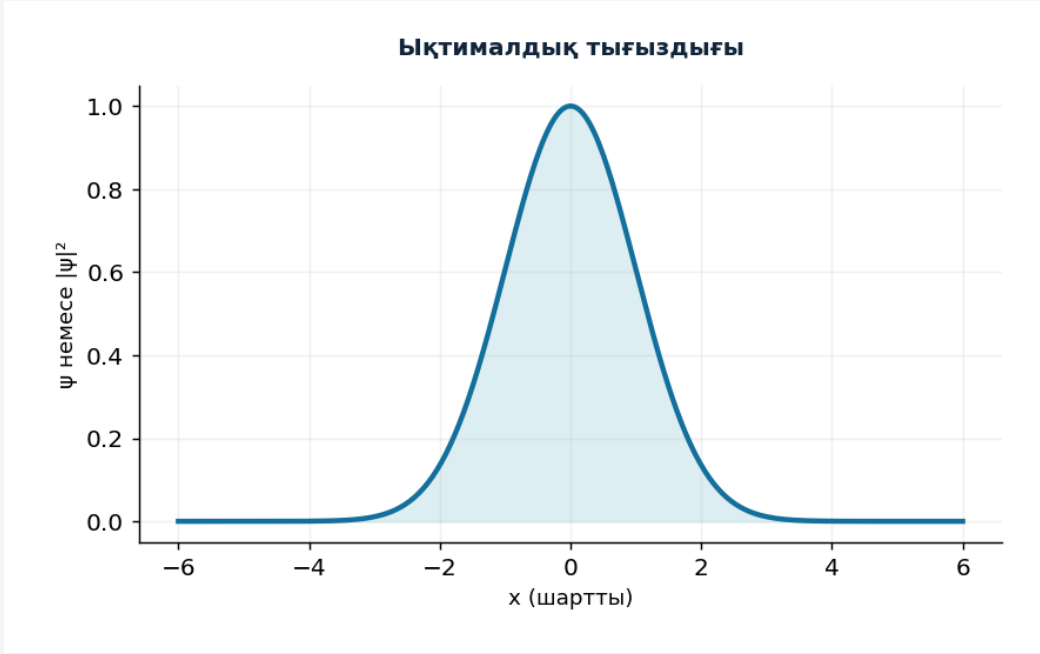

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Өлшеу және ықтималдық

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Бірдей дайындалған күйлердегі тәжірибелер нәтижелері үлестірім түзеді.
- Қорытынды ықтималдық сипатта болады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$P(x \to x + dx) = |\psi(x)|^2 dx$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Қазіргі технологиямен байланыс

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Туннельдеу, кванттық шектелу және жартылай өткізгіш құрылғылар осы ұғымдарға сүйенеді.
- Математикалық теңдеу эксперимент арқылы тексерілетін болжам береді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дәріс қорытындысы

ЕСТЕ САҚТАУ КЕРЕК

- ✓ Толқындық функцияның ықтималдық мағынасын түсіндіру
- ✓ Гейзенбергтің анықталмағандық қатынасын қолдану
- ✓ Шредингер теңдеуінің әр мүшесінің физикалық мәнін тану

ӨЗІНДІК ТЕКСЕРУ

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

Бақылау сұрақтары және дереккөздер

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Толқындық функцияның өзін тікелей өлшеуге бола ма?
2. Δx азайса, Δp төменгі шегі қалай өзгереді?
3. Нормалау шарты нені білдіреді?

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.