АТОМДЫҚ ФИЗИКА

06-ДӘРІС

Бор теориясы және сутегі тәрізді жүйелер спектрлері

H, He^{+}, Li^{2+} иондары, ядро заряды және спектрлік ауысулар



18 слайд · Силлабус 2026 · Қазақ тілінде

Дәрістің оқу мақсаттары

1. Бірэлектронды иондардағы Z^2 масштабын қолдану

2. Ридберг тұрақтысы мен келтірілген массаны ажырату

3. Сутегі тәрізді иондардың спектрлерін салыстыру

Сутегі тәрізді жүйе

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Ядро заряды +Ze және бір ғана электрон болады.
- Мысалдар: H, He^{+}, Li^{2+} және Be^{3+}.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

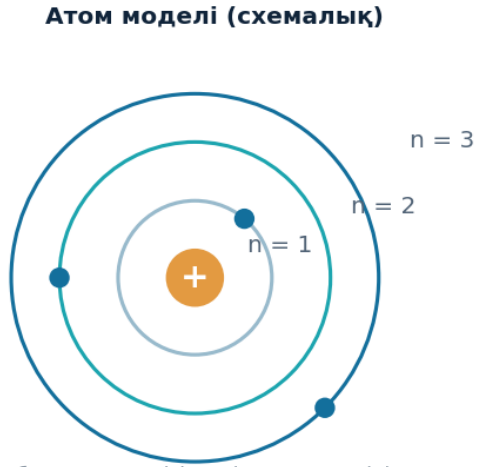
Кулондық орталық өріс

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Электрон ядроның электр өрісімен байланысады.
- Ядро заряды өскен сайын байланыс күшейеді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$



Орбита – Бор үлгісіндегі шартты көрініс

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Энергияның Z^2 заңы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Бірдей n үшін деңгей энергиясының модулі Z^2-ке пропорционал.
- He^+ негізгі күйінде $E \approx -54{,}4$ эВ (шексіз ауыр ядро жуықтауы).

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$E_n \simeq -\frac{13.6Z^2}{n^2}\,\text{eV}$$

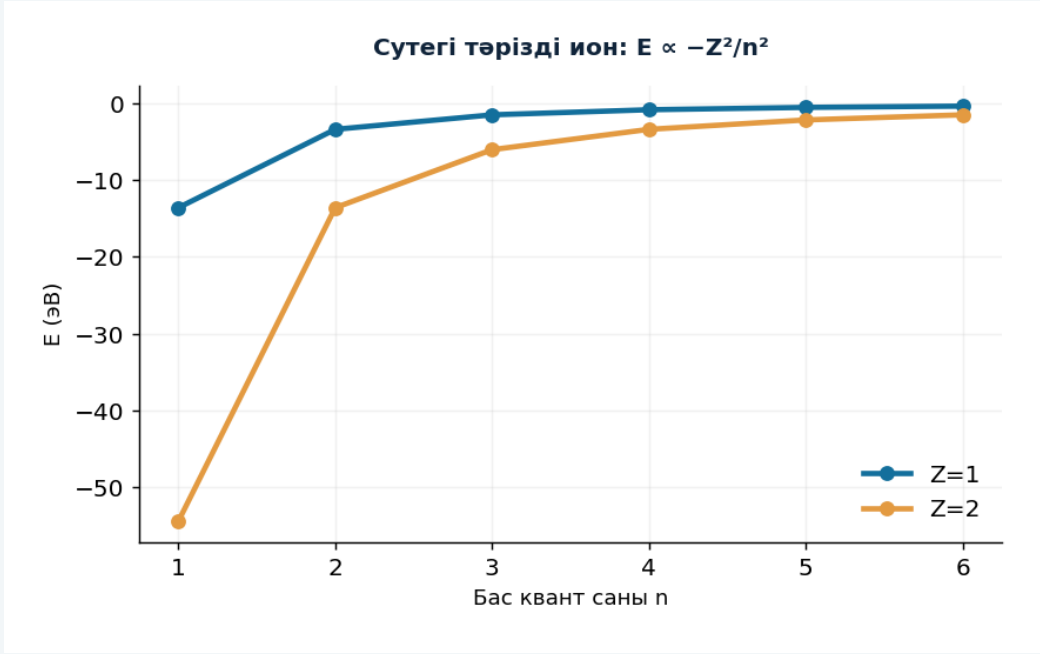


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Радиустың Z-ке тәуелділігі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Бор орбитасының радиусы n^2/Z заңымен өзгереді.
- Бірдей n үшін ядро заряды артқанда электрон жақындайды.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$r_n \simeq a_0 \frac{n^2}{Z}$$

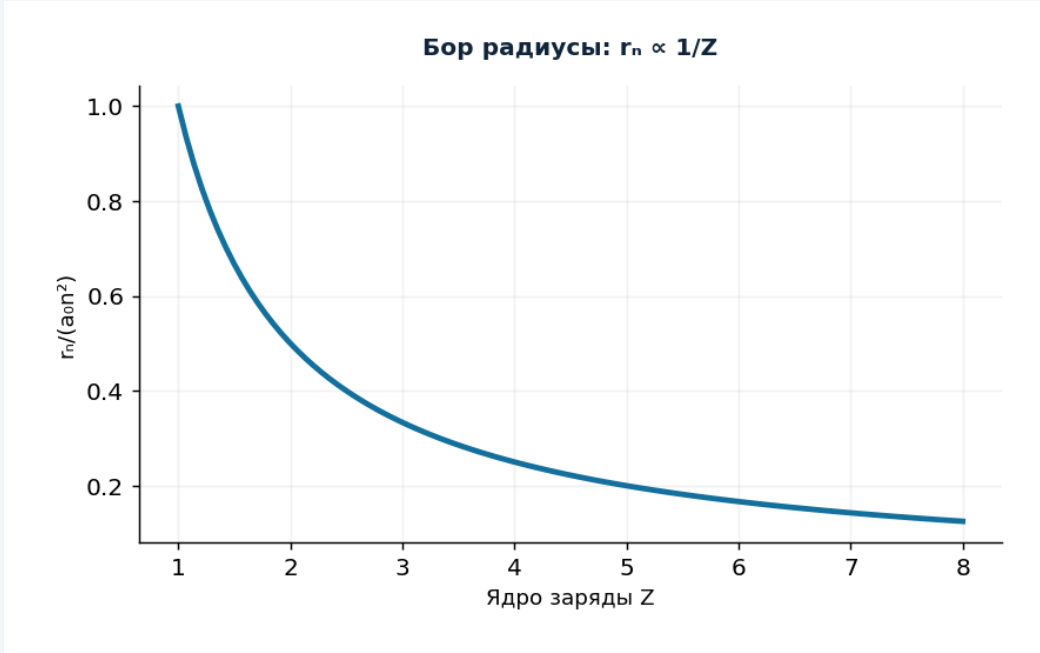


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Иондану энергиясы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Иондану – байланысқан электронды еркін күйге шығару.
- Негізгі күйден иондану энергиясы ≈ 13,6Z² эВ.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$E_{\text{ion}} \simeq 13.6Z^2\ \text{eV}$$

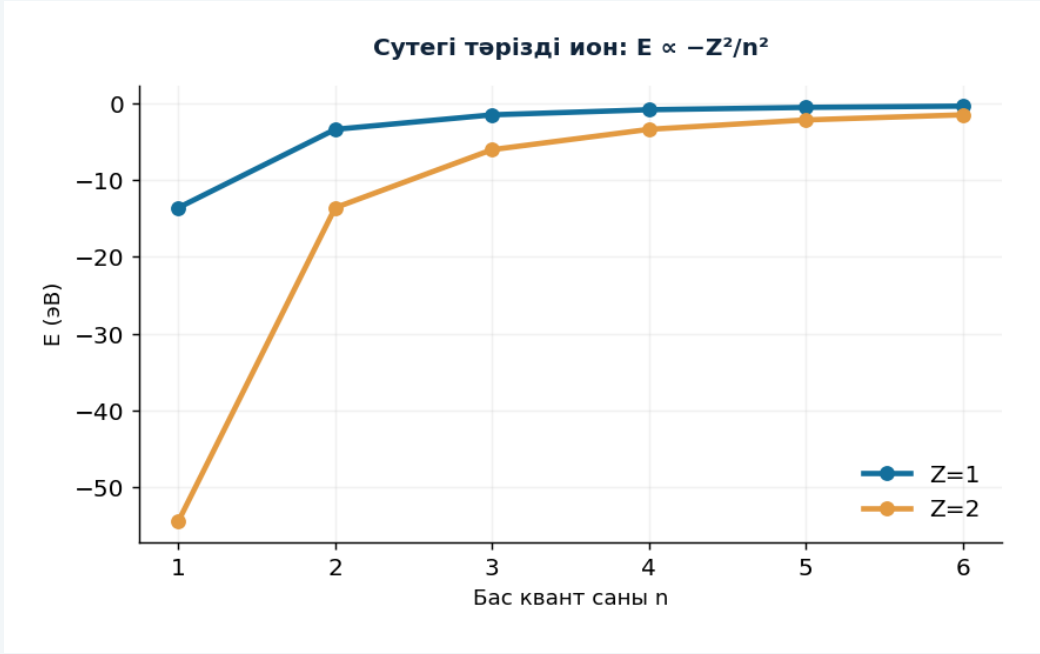


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Кванттық сандар және ауысулар

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Ең қарапайым Бор үлгісінде n энергетикалық деңгейді анықтайды.
- Нақты атомдарда ішінара бөліну, іріктеу ережелері болады.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Иондардың спектрлік формуласы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Спектр сызығының толқын саны Z^2 факторымен өзгереді.
- Бірдей ni, nf үшін Z өскенде λ кемиді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\frac{1}{\lambda} \simeq R_\infty Z^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

H және He^+ салыстыруы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- 3 → 2 ауысуы H үшін 656 нм шамасында.
- He^+ үшін сол n ауысуы шамамен төрт есе қысқа толқында.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\frac{1}{\lambda} \simeq R_\infty Z^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Келтірілген масса

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Ядро шексіз ауыр емес: электрон–ядро екі денелік жүйе.
- Ридберг тұрақтысын есептегенде μ массасы пайдаланылады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\mu = \frac{m_e M}{m_e + M}$$

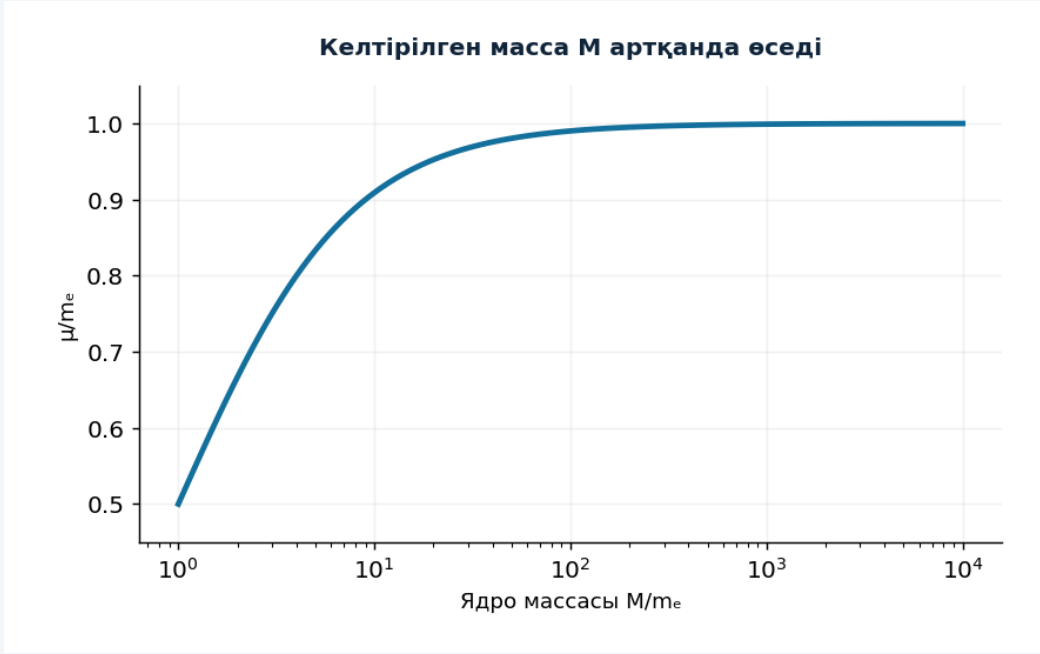


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

R∞ және RH айырмасы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- R∞ шексіз ауыр ядроға есептелген тұрақты.
- Нақты сутегіде ядро массасының әсерінен RH < R∞.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$R_M = R_\infty \frac{\mu}{m_e}$$

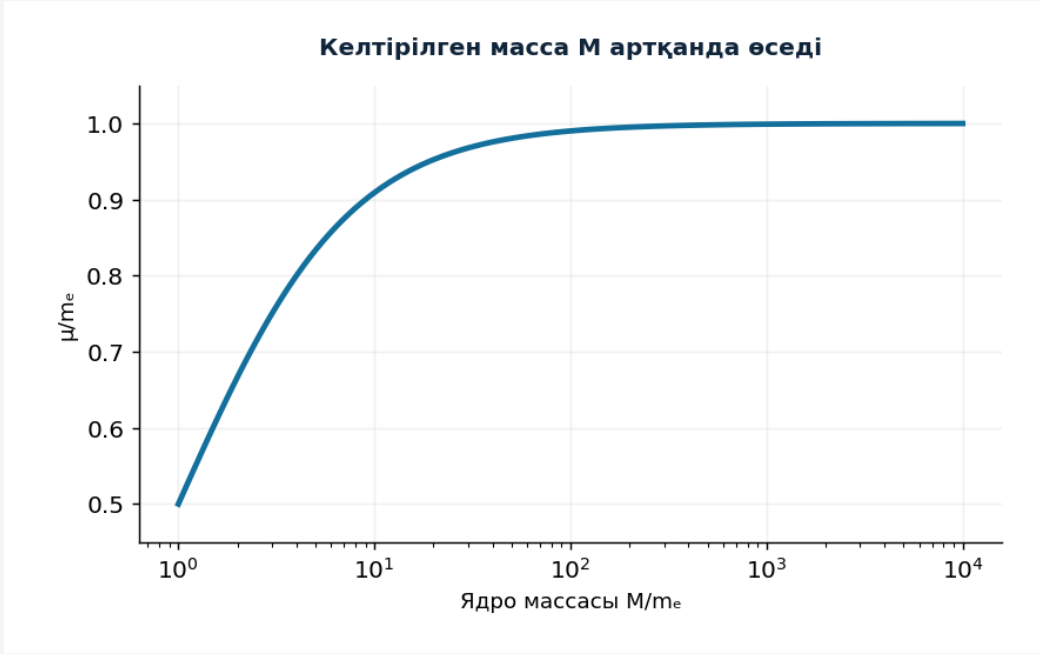


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Сызық энергиясын есептеу

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Фотон энергиясы екі деңгейдің оң айырмасына тең.
- Нәтижені эВ түрінде алып, λ = hc/E арқылы тексеріңіз.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$h\nu = |E_i - E_f|$$



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Есеп: He^+ 4 → 3

ТҮСІНІКТЕМЕ

- $\Delta E = 54{,}4(1/9 - 1/16) \approx 2{,}64$ эВ.
- Осыдан $\lambda \approx 469$ нм (жуықталған модель).

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$E_n \simeq -\frac{13.6Z^2}{n^2}\,\text{eV}$$

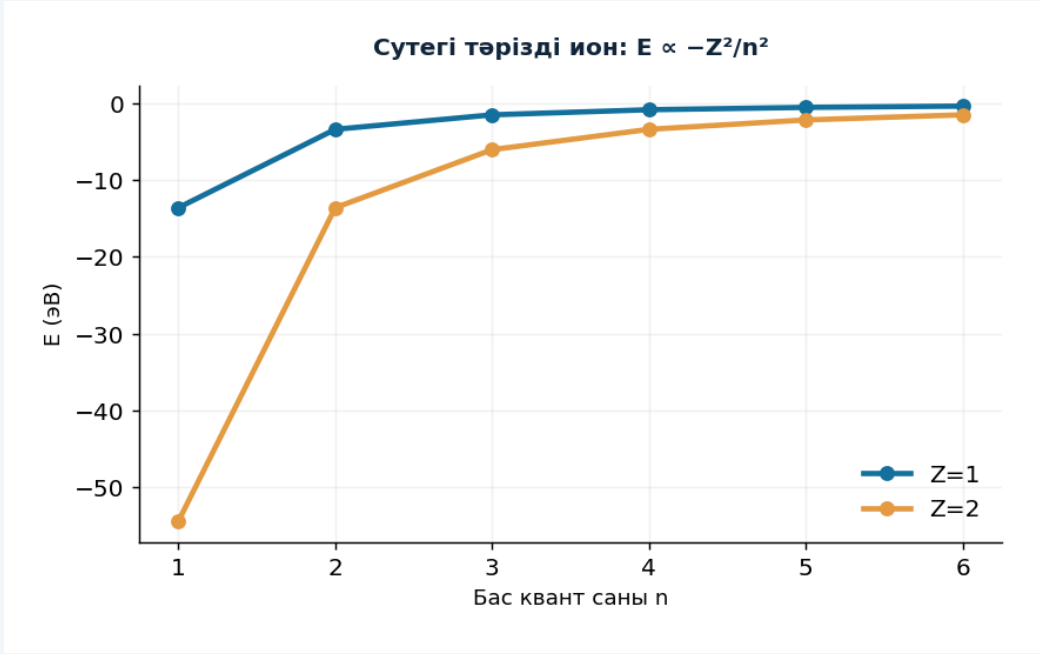


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Модельден ауытқулар

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Жұқа құрылым, Лэмб ығысуы және ядро массасы дәл сызық мәндерін өзгертеді.
- Бұл дәрістегі формулалар негізгі энергия масштабын береді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

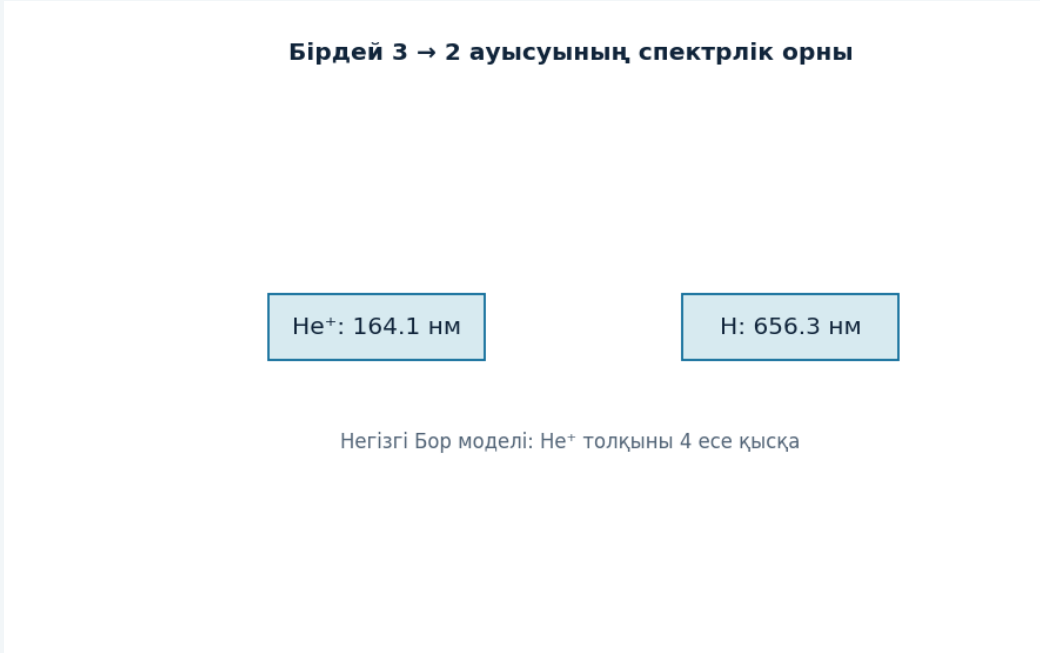


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Практикалық маңызы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Плазмалардың иондық құрамын спектроскопиямен бағалауға болады.
- Бір сызықпен қорытынды жасамай, бірнеше ауысуды тексеру қажет.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

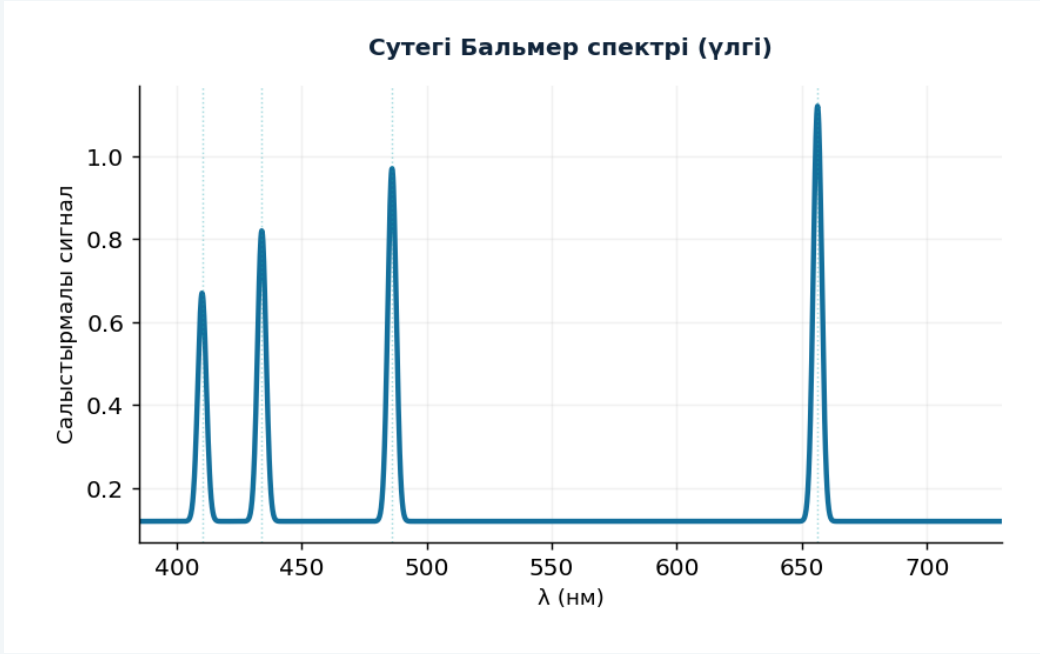


График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дәріс қорытындысы

ЕСТЕ САҚТАУ КЕРЕК

- ✓ Бірэлектронды иондардағы Z^2 масштабын қолдану
- ✓ Ридберг тұрақтысы мен келтірілген массаны ажырату
- ✓ Сутегі тәрізді иондардың спектрлерін салыстыру

ӨЗІНДІК ТЕКСЕРУ

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

Бақылау сұрақтары және дереккөздер

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. He^+ ионының n = 1 күйінің байланыс энергиясы қанша?
2. Бірдей n үшін Z екі есе артқанда орбита радиусы қалай өзгереді?
3. He^+ 4 → 3 ауысуы үшін қандай формуланы пайдаланамыз?

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.