АТОМДЫҚ ФИЗИКА

02-ДӘРІС

Жылулық сәулелену және фотоэффект

Планк гипотезасы, Эйнштейн теңдеуі, шекті жиілік



18 слайд · Силлабус 2026 · Қазақ тілінде

Дәрістің оқу мақсаттары

1. Абсолют қара дененің спектрін температурамен байланыстыру
2. Вин және Стефан–Больцман заңдарын қолдану
3. Фотоэффекттің тоқтатушы кернеуін және шығу жұмысын есептеу

Жылулық сәулелену ұғымы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Температурасы нөлден жоғары денелер электромагниттік сәуле шығарады.
- Спектр дененің температурасы мен сәуле шығару қабілетіне тәуелді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

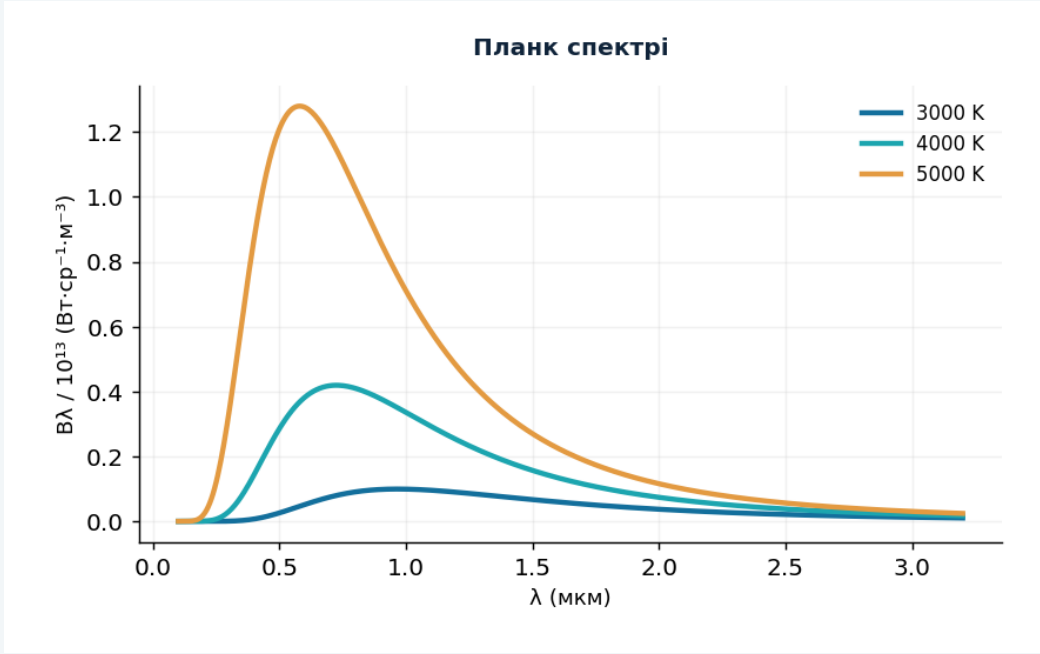

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Абсолют қара дене моделі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Түскен сәулені толық жұтатын идеал дене қарастырылады.
- Қуыстағы тепе-теңдік сәулелену спектрі тек температурамен анықталады.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.



График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Классикалық теория қайшылығы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Рэлей–Джинс заңы қысқа толқындарда шексіз энергия болжайды.
- Бұл «ультракүлгін апат» тәжірибеге сәйкес келмейді.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

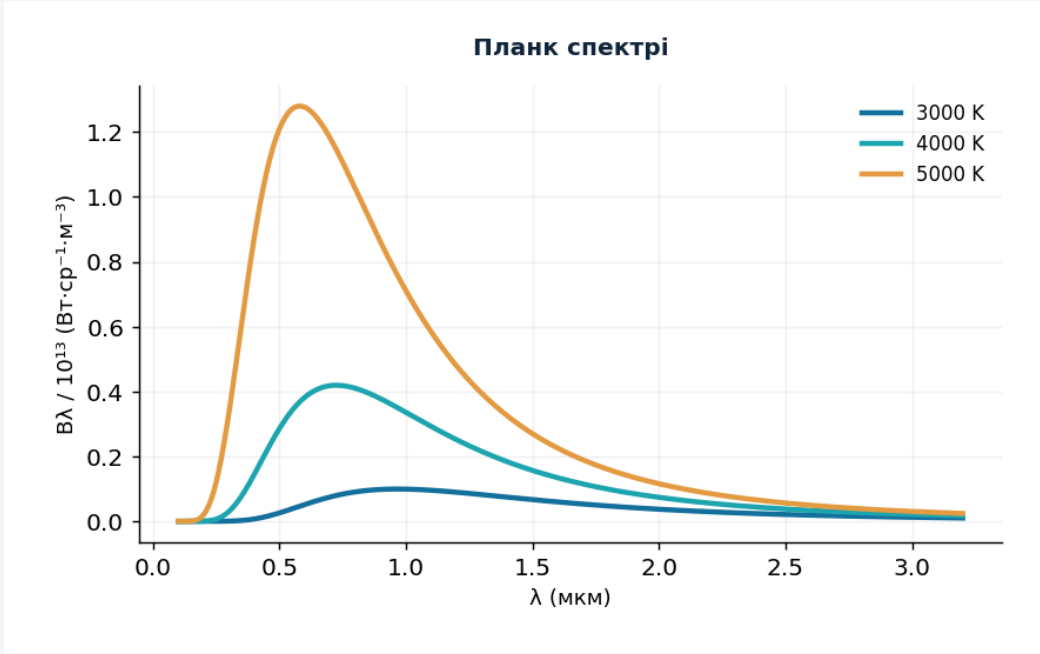

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Планктың кванттық гипотезасы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Осциллятор энергиясының алмасуы hν кванттарымен жүреді.
- Осы болжам қара дене спектрін дұрыс түсіндірді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$B_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{e^{hc/(\lambda k_B T)} - 1}$$

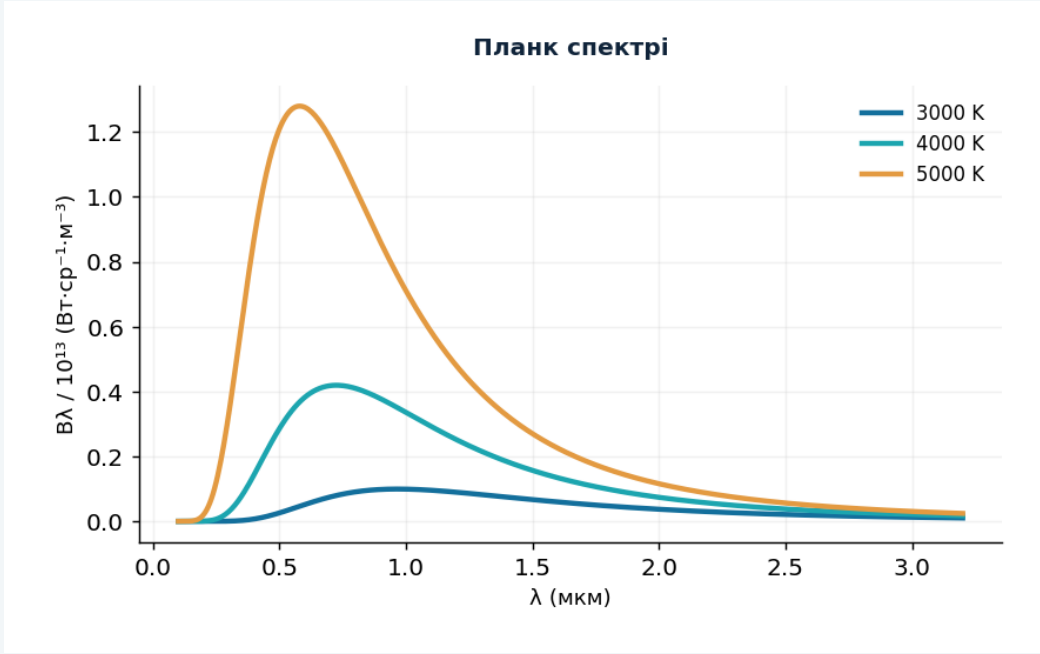

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Планк спектрі: температура әсері

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Температура жоғарылаған сайын спектр максимумының орны қысқа λ жағына өтеді.
- Бірдей λ үшін жоғары T спектр қарқындылығын көбейтеді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$B_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{e^{hc/(\lambda k_B T)} - 1}$$

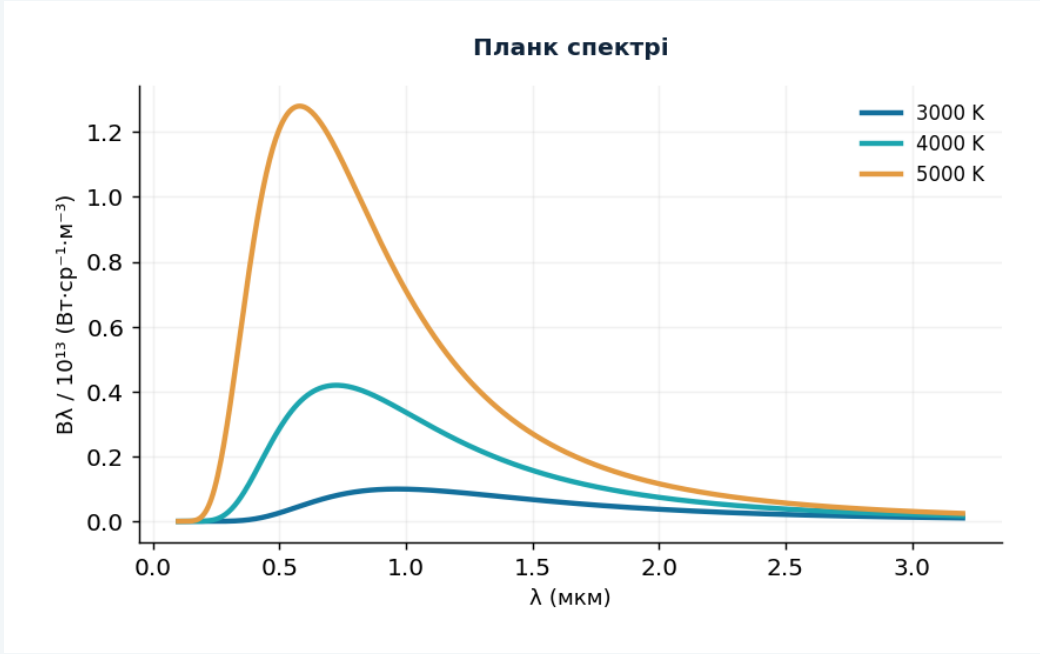

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Виннің ығысу заңы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Максимум толқын ұзындығы температураға кері пропорционал.
- Мысалы, 5800 K шамасында λmax ≈ 500 нм.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\lambda_{\max} T = 2.898 \times 10^{-3}\,\mathrm{m\,K}$$

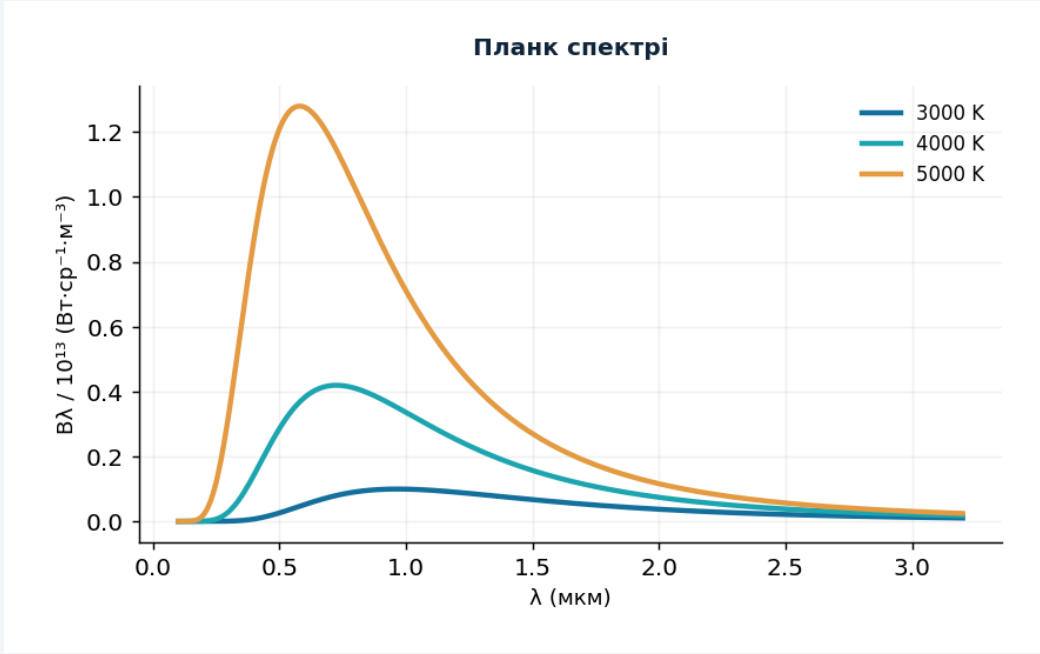

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Стефан–Больцман заңы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Қара дененің бірлік ауданнан шығаратын толық қуаты T^4-ке пропорционал.
- Нақты дене үшін эмиссивтік коэффициент ε енгізіледі.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$P = \varepsilon \sigma A T^4$$

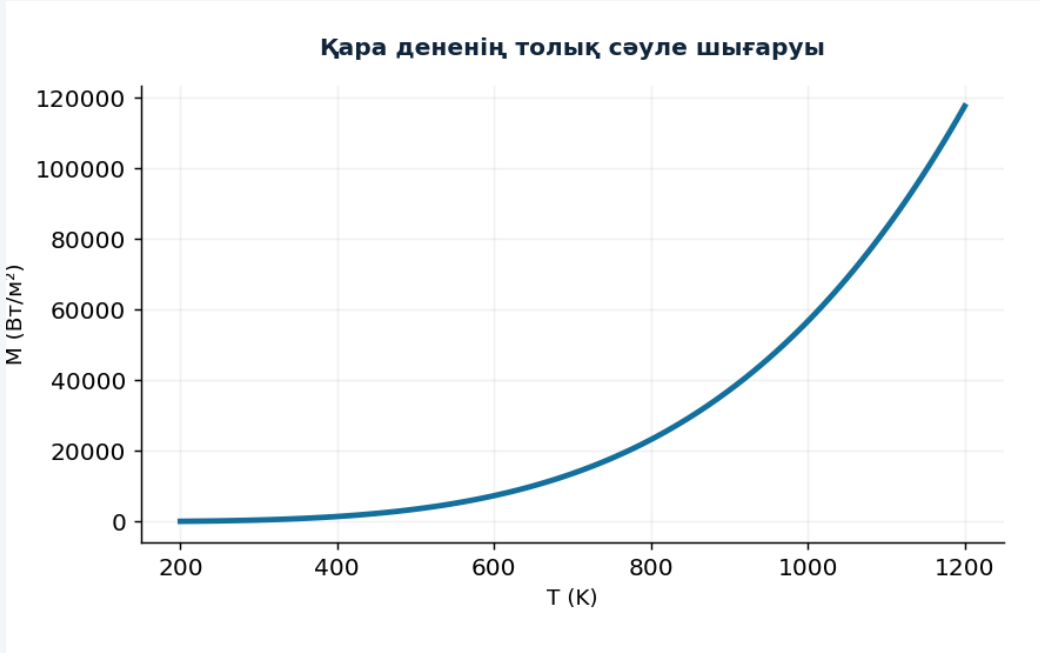

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Сыртқы фотоэффект құбылысы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Жиілігі жеткілікті жарық түскенде металл бетінен электрон ұшып шығады.
- Тек қарқындылықты арттыру шекті жиіліктен төмен фотоэффект туғызбайды.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$K_{max} = h\nu - A$$

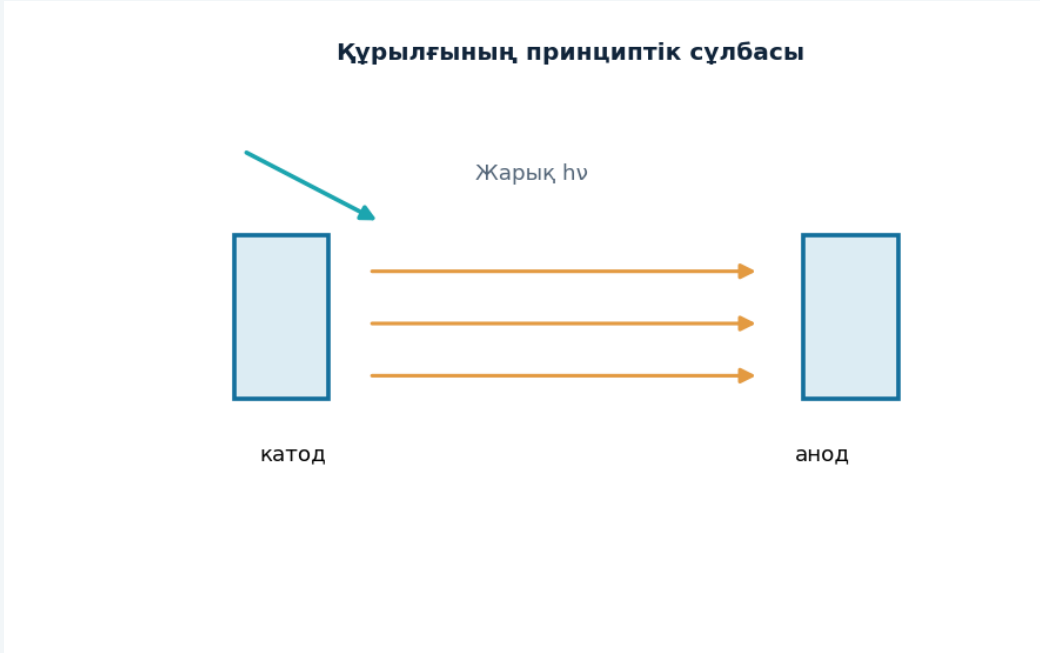

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Эйнштейннің фотоэффект теңдеуі

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Фотон энергиясы шығу жұмысы мен электронның кинетикалық энергиясына жұмсалады.
- Максимал энергия жиілікке сызықты тәуелді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$K_{max} = h\nu - A$$

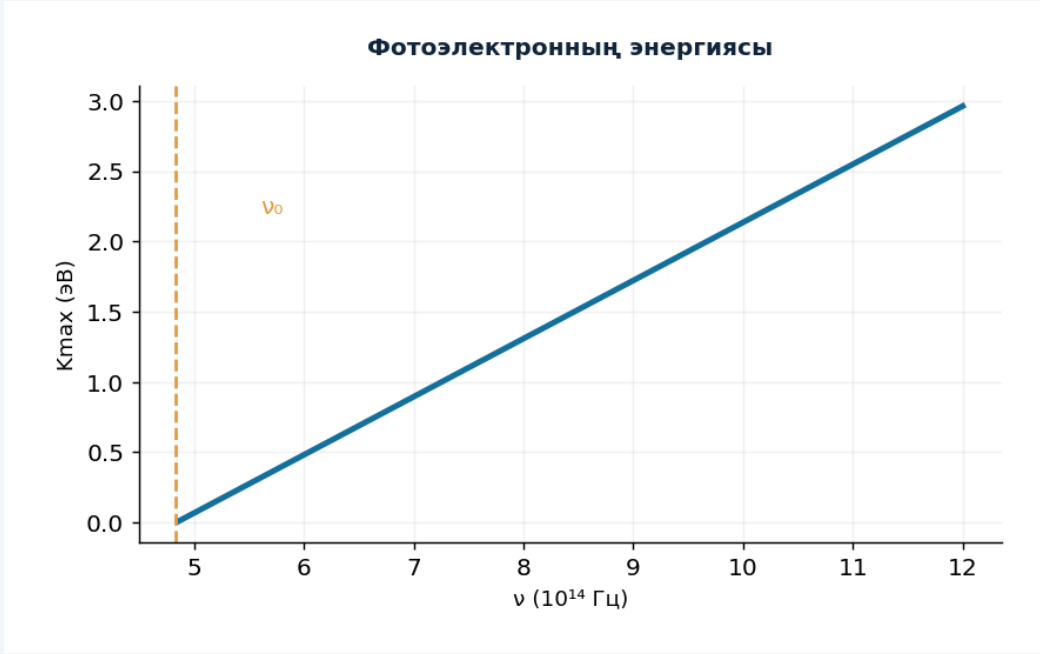

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Шекті жиілік және қызыл шекара

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Фотоэффект $\nu \geq \nu_0$ шарты орындалғанда мүмкін.
- Шекті толқын ұзындығы $\lambda_0 = hc/A$ арқылы табылады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$\nu_0 = \frac{A}{h}, \quad \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

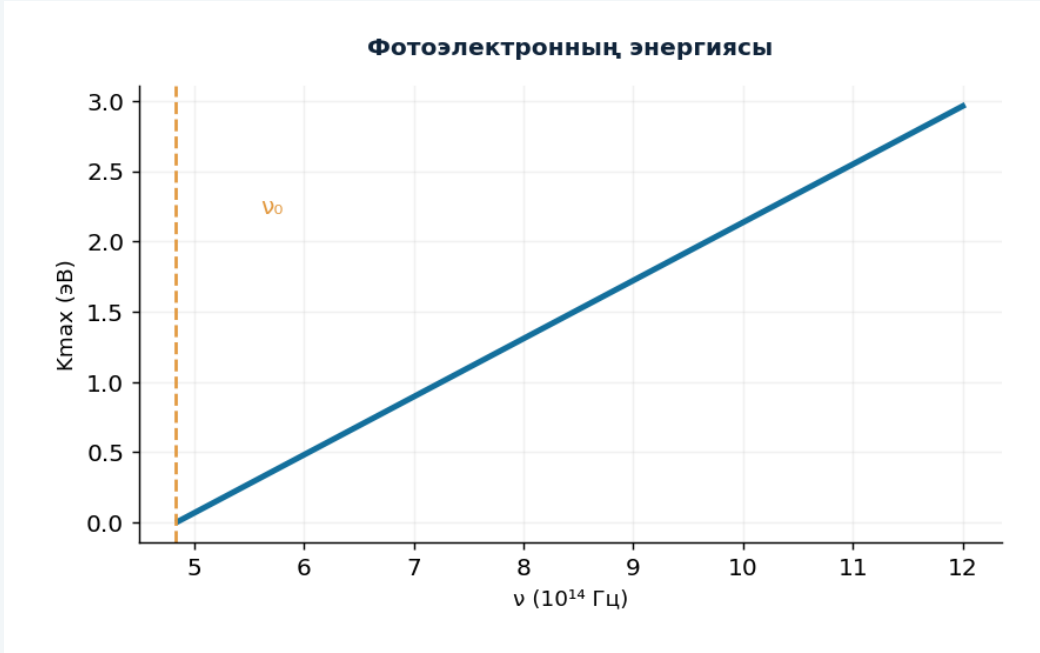

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Тоқтатушы кернеу

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Тоқтатушы потенциалдың модулі максимал кинетикалық энергияны береді.
- Ток нөлге түскенде электрондар коллекторға жетпейді.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$K_{max} = e|U_{stop}|$$

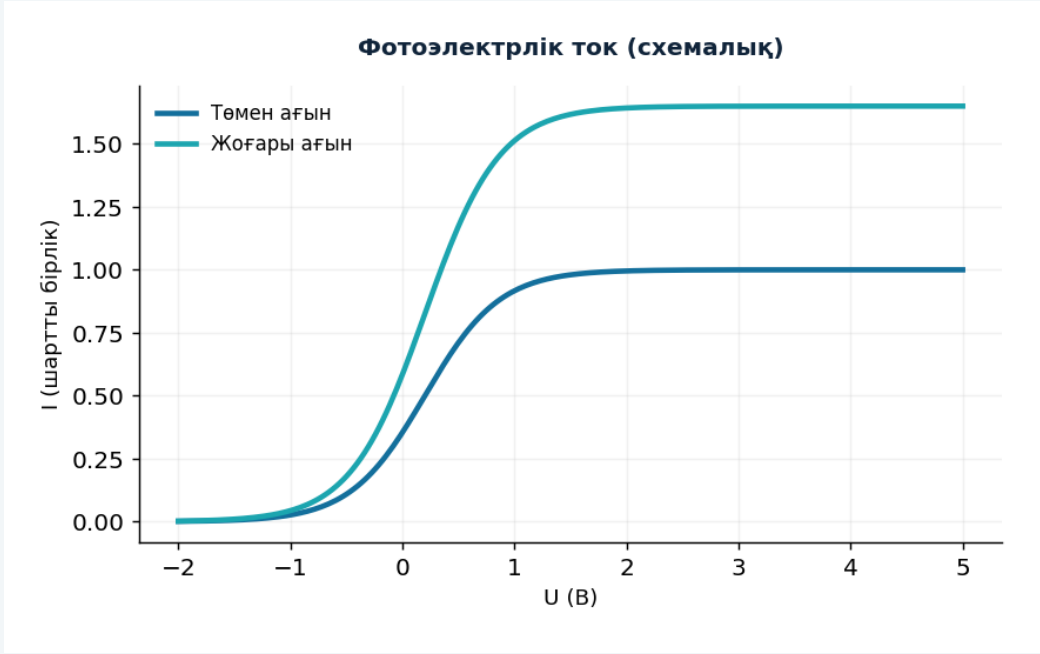

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Жарық қарқындылығының әсері

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Жиілік өзгермесе, жарық ағынын арттыру электрон санын арттыруы мүмкін.
- Ал максимал электрон энергиясы қарқындылықпен анықталмайды.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

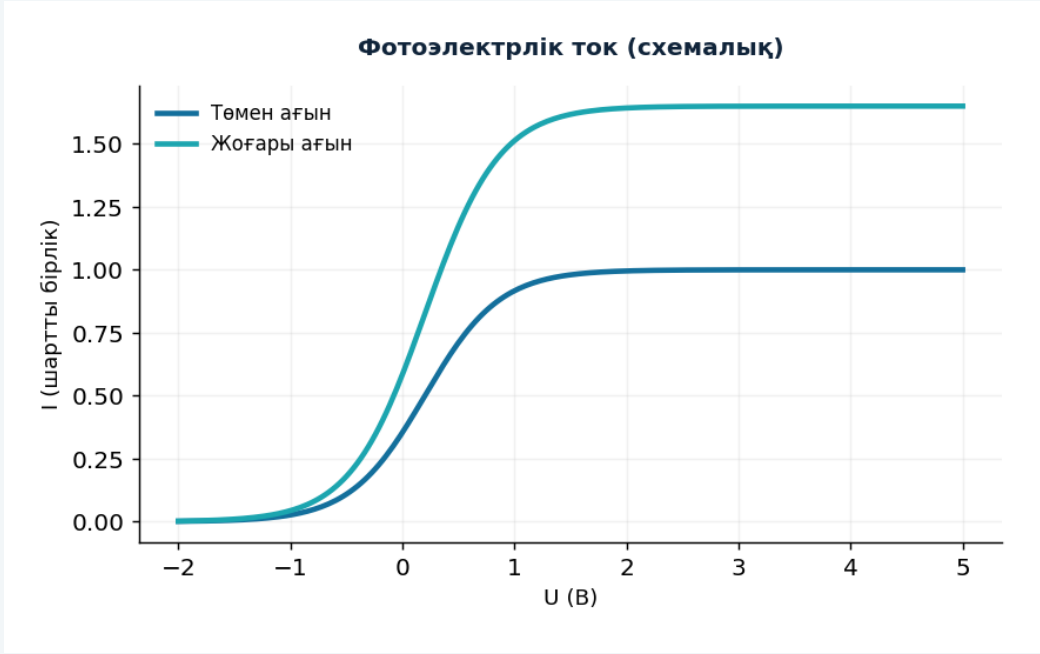

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Есеп: металл шығу жұмысы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- A = 2,0 эВ, Eф = 3,1 эВ болса Kmax = 1,1 эВ.
- Тоқтатушы кернеу модулі шамамен 1,1 В болады.

НЕГІЗГІ ФОРМУЛА

$$K_{max} = h\nu - A$$

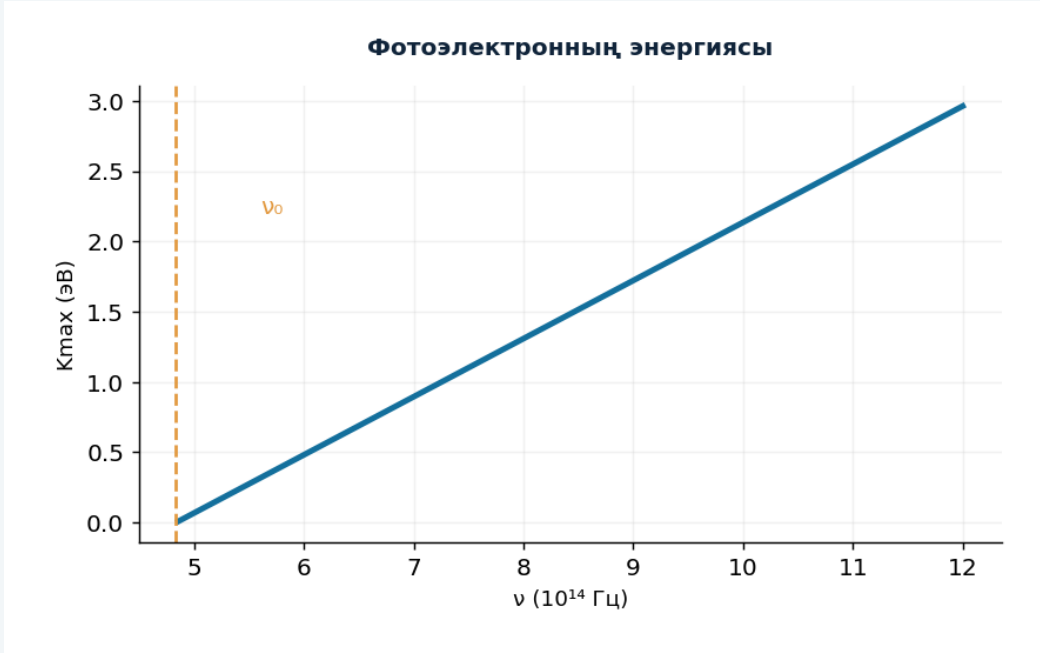

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Техникадағы қолданылуы

ТҮСІНІКТЕМЕ

- Фотоэлемент, фотодиод және фотоэлектрондық датчиктер жарықты тіркейді.
- Сыртқы фотоэффект пен ішкі фотоэффект механизмдерін ажырату керек.

НЕГІЗГІ ҰҒЫМ

Физикалық мағынасын сызбадағы белгілермен байланыстырыңыз.

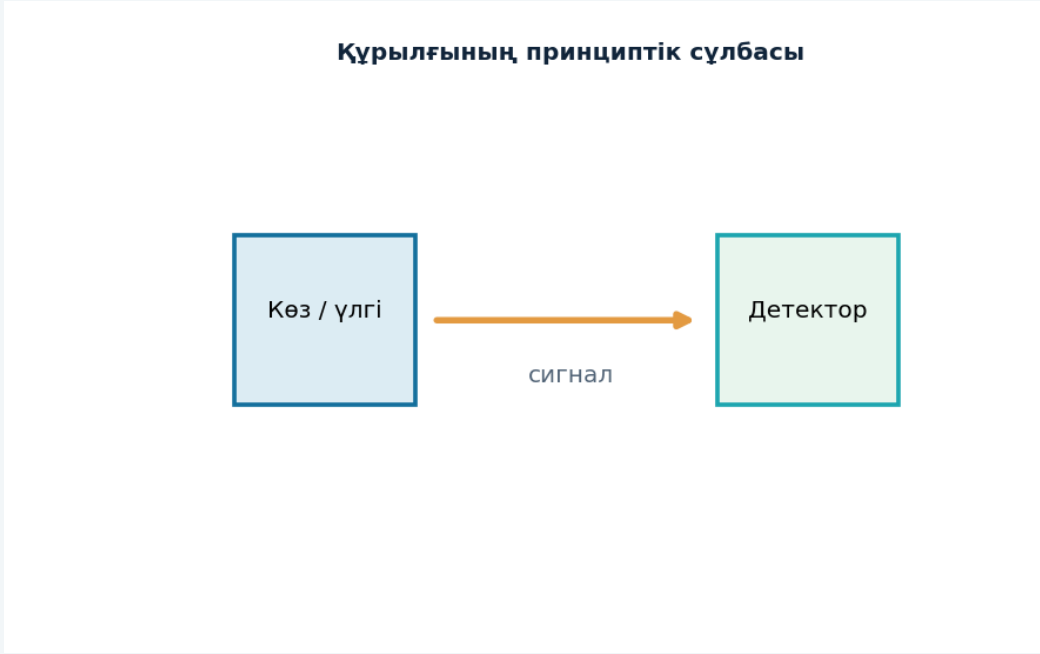

График есептелген немесе сызба шартты түрде берілген

Дәріс қорытындысы

ЕСТЕ САҚТАУ КЕРЕК

- ✓ Абсолют қара дененің спектрін температурамен байланыстыру
- ✓ Вин және Стефан–Больцман заңдарын қолдану
- ✓ Фотоэффекттің тоқтатушы кернеуін және шығу жұмысын есептеу

ӨЗІНДІК ТЕКСЕРУ

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

Бақылау сұрақтары және дереккөздер

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Температура екі есе өссе, қара дененің толық сәуле шығаруы қанша өзгереді?
2. Фотоэффекттің шекті жиілігі нені көрсетеді?
3. Жарық қарқындылығы фотоэлектронның максимал энергиясын өзгерте ме?

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.