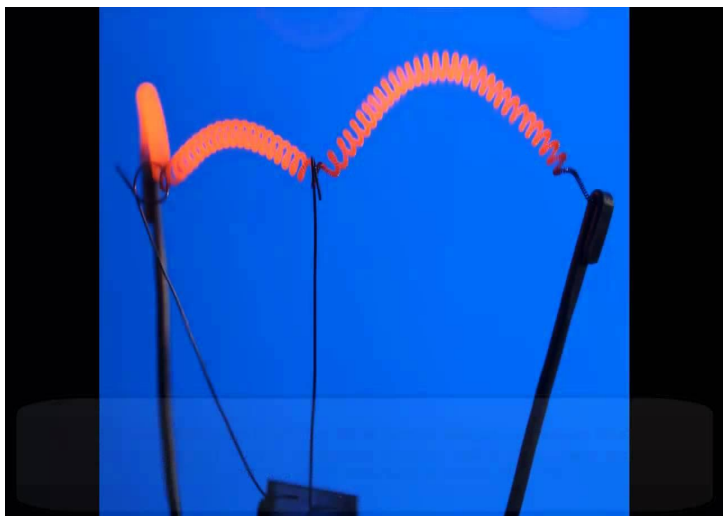


Миға шабуыл



- Вольфрам қылын 3000°C дейін қыздырғанда ол ақ түсті жарық шығарады.
- Қыздырылған үтік немесе жылу батареясы жарық шығарады деп айта аламыз ба?



Кванттық физика

Жылулық сәулелену.

**Стефан-Больцман және Вин заңдары
Ультракүлгін апат. Планк формуласы.**

Оқу мақсаттары

11.8.1.4 - Стефан-Больцман, Винн заңдарын және Планк формуласын ультракүлгін апаттын негіздеу мен абсолют қара дененің жылулық сәулеленуін сипаттау үшін қолдану

Бағалау критерийлері

- Стефан-Больцман, Винн заңдары арқылы ультракүлгін апаттын негіздей алады;
- Стефан-Больцман, Винн заңдары мен Планк формуласын абсолют қара дененің жылулық сәулеленуін сипаттау үшін қолданады

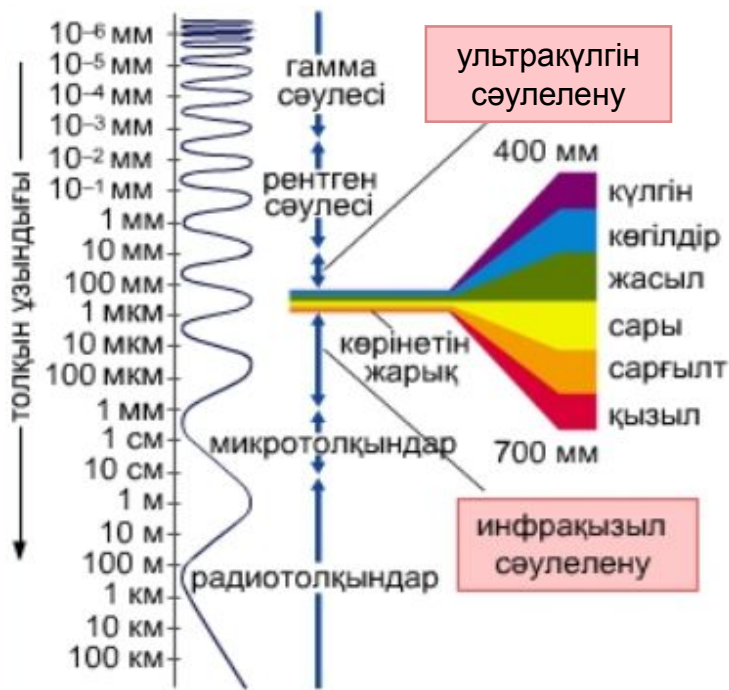
Жылулық сәулелену дегеніміз не?

XX ғасырдағы ғылыми ойдың ұлы жеңісі – кванттық теорияны қалыптастыруда қызған дененің сәуле шығаруын эксперименттік зерттеу үлкен рөл атқарды.

Жоғары температураға дейін қыздырғанда дене әртүрлі түске еніп, сәуле шығара бастайтынын білеміз. Мысалы, қатты қыздырылған темір, Күн, жұлдыздар, т.б.

Қызған денелердің сәуле шығарып, электромагниттік энергия таратуын *жылулық сәулелену* деп атайды.

Жылулық сәулелену тек қызған денелерде бола ма?



Жылулық сәулелену құбылысы тек қызған денелерде ғана емес, салқын денелерде де орын алады.

Дене температурасы төмендеген сайын денелер көрінбейтін **инфрақызыл** сәулелер шығарады.

Инфрақызыл сәулелерінің жиілігі көрінетін ақ жарықтың жиілігінен төмен.

Денелердің температурасы тым жоғары болса, олар көрінбейтін **ультракүлгін** сәулелер шығарады.

Ультракүлгін сәулелерінің жиілігі ақ жарықтың жиілігінен жоғары

Жарық сияқты **жылулық сәулелердің барлық түрі – электромагниттік толқын** түріне жатады. Олар бір-бірінен тек жиіліктеріне немесе толқын ұзындықтарына карай ажыратылады.

Энергетикалық жарқырау

- Жылулық сәулеленудің интенсивтілігін оның қуаты арқылы сипаттауға болады.
- Сәулеленіп тұрған дене бетінің аудан бірлігінен барлық бағытта шығатын сәулелену қуатын осы дененің **интергалдық энергетикалық жарқырауы (R)** деп атайды (өлшем бірлігі $[\frac{Вт}{м^2}]$). Ол температураға тәуелді.
- Әртүрлі жиілік (толқын ұындығы) диапазонында жылулық сәулеленудің интенсивтілігі де әртүрлі болады. Сондықтан энергетикалық жарқырау үшін **дененің сәулелену қабілеті** деген ұғым енгізілген.

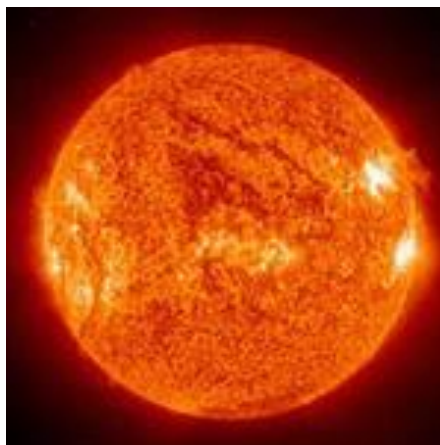
Дененің сәулелену қабілеті

- **Дененің сәуле шығару қабілеті (E)** деп – оның аудан бірлігінен жиілік интервалының бірлік енінде шығатын сәулелік қуатын айтады.
- Сәулелену қабілеті де температураға тәуелді.
- Дененің түскен сәуле энергиясын жұтуы **спектрлік жұту қабілеті** деген ұғыммен сипатталады. Ол дененің жұтқан энергия ағынының оған түскен сәулелік энергия ағынына қатынасымен анықталады.

$$a = \frac{\Delta\Phi'}{\Delta\Phi}$$

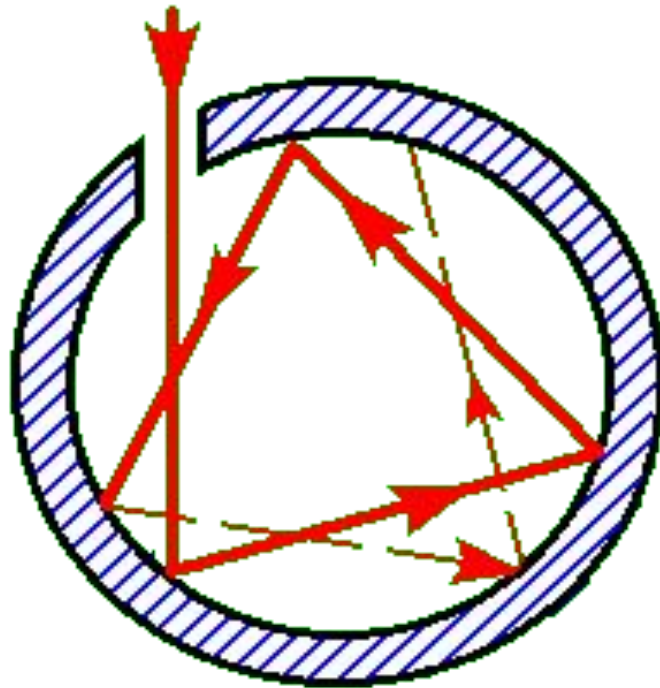
Денелердің жылулық сәулелерді шығарумен қатар оларды жұта да алатын қасиеті бар.

- Өзіне түскен барлық жиіліктегі сәулелердің энергиясын толығымен жұтатын денелерді **абсолют қара денелер** деп атайды. Абсолют қара дене үшін $a = 1$, ал кез келген басқа денелер үшін $a < 1$.
- Күн сыртқы ортаға жарық шығарумен қатар, өзіне түскен кез келген жиіліктегі сәулелерді жұтып алады. Сондықтан ол абсолют қара дене қатарына жатады.



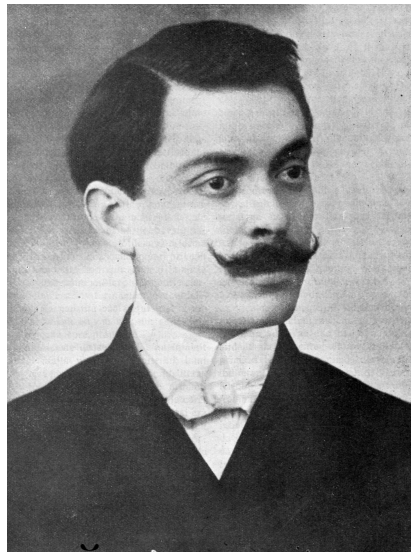
Абсолют қара дене

- <https://bilimland.kz/kk/courses/physics-kk/kvanttyq-fizika/zharyq-kvanty/lesson/zhylulyq-saulelenu-stefan-bolczman-zangy>



Абсолют қара дене энергиясы

- Абсолют қара дененің сәулелену энергиясы температураға тура пропорционал өзгеретінін 1879 жылы Вена университетінің профессоры Йосиф Стефан эксперимент жүзінде, ал 1884 жылы оның оқушысы Людвиг Больцман аналитикалық формула түрінде ашты.



Йосиф Стефан



Людвиг Больцман

Стефан – Больцман заңы

- Абсолют қара дененің толық сәуле шығару қабілеті оның абсолют температурасының төртінші дәрежесіне тура пропорционал:

$$R = \sigma T^4$$

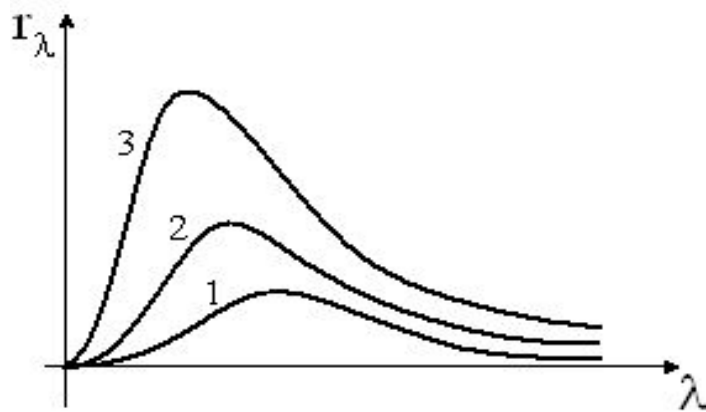
R – дененің сәуле шығару қабілеті

T – абсолют температура

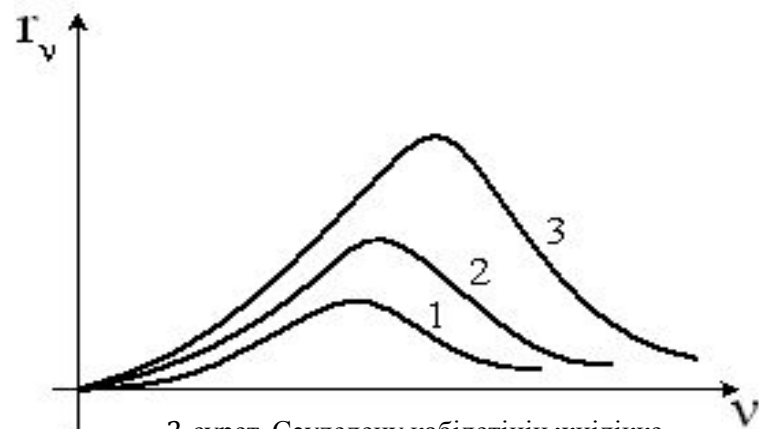
$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ – Стефан тұрақтысы

Абсолют қара дененің интегралдық энергетикалық жарқырауы тек температураға тәуелді екенін көруге болады.

Алайда бұл заң абсолют қара дененің спектрлік құрамы туралы ешқандай ақпарат бере алмады. Сондықтан алдымен абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының сәулелену қабілетінің жиілікке (толқын ұзындығына) тәуелділігі зерттелді.



1-сурет. Сәулелену қабілетінің толқын ұзындығына тәуелділігі



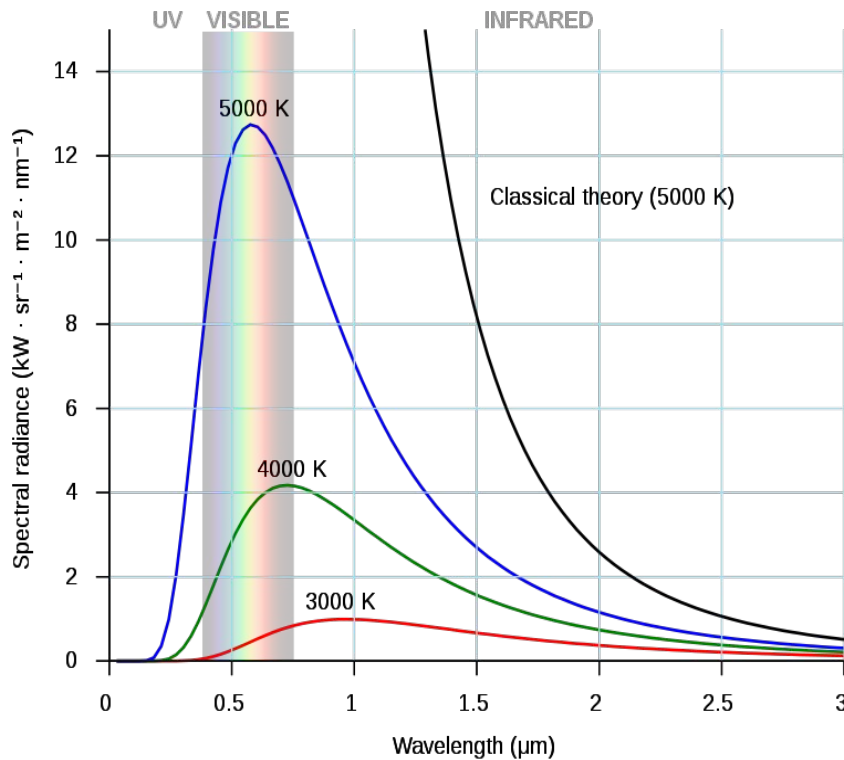
2-сурет. Сәулелену қабілетінің жиілікке тәуелділігі

Абсолют қара дененің сәулелену спектрінде энергияның таралуы біркелкі емес екені байқалады. Барлық қисықтарда айқын максимум бар, ол температура өскен сайын қысқа толқындар (1) (үлкен жиіліктер (2)) жағына қарай ығыса береді. Осы себепті де металл кесегін қыздырған кезде ол алдымен қызыл, содан кейін қызғылт сары, одан әрі ақ сары жарық шығарады.

Винның ығысу заңы

- Абсолют қара дененің энергетикалық жарқырауының сәулелену қабілетінің максимумына сәйкес келетін толқын ұзындығы (жиілігі) дененің абсолют температурасына тура пропорционал:

$$\lambda = \frac{b}{T} \quad \text{немесе} \quad \frac{\nu}{T} = b$$



мұндағы $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – Вин тұрақтысы

Ультракүлгін апаты

Классикалық физика температура артқан сайын дененің шығаратын сәулелерінің толқын ұзындығы азаятындығын (жиілігінің артатынын) түсіндіре алмады. Себебі оның заңдылықтарына сәйкес жиілік артқан сайын сәулелену интенсивтілігі де артуы қажет еді. Ал бұл жағдайда дене температурасының максимумына жеткеннен кейін ол азая бастады. Бұндай теория мен эксперименттік бақылаулар фактілерінің арасындағы қарама-қайшылық сол кездегі физиктер арасында *ультракүлгін апаты* деген атпен танымал болды.

Планк гипотезасы

- 1900 жылы Макс Планк бұл парадоксты түсіндіру үшін өзінің *жарықтың үзіктілігі* туралы гипотезасын ұсынуына жол ашты.
- *Планк гипотезасы:* Абсолют қара дене жылулық сәулелерді үздіксіз шығара да, жұта да алмайды; ол сәулені тек үзікті үлес - *квант* түрінде ғана шығарады немесе жұтады.
- Сәуле арқылы тарайтын немесе жұтылатын бір үлес энергия *квант* деп аталады.

Планк формуласы

- Электромагниттік сәулелердің квант энергиясы осы сәуленің жиілігіне тура пропорционал:

$$E_0 = h\nu \quad \text{немесе} \quad E_0 = \frac{hc}{\lambda}$$

мұндағы

$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – Планк тұрақтысы

E_0 – бір квант энергиясы

ν – электромагниттік сәуле жиілігі

λ – электромагниттік сәуленің толқын ұзындығы

Жылулық сәулеленудің қолданылуы

Қатты қыздырылған денелердің температурасын анықтау үшін Стефан – Больцман заңының негізінде жасалған құралдар қолданылады. Мұндай тәсілді **пирометрия** деп, ал аспаптар **пирометрлер** деп аталады. **Жылудидар** (тепловизоры) деп аталатын құралдар арқылы инфрақызыл сәулелерді «көруге» болады. Осы сәулелердің көмегімен түрлі заттардың беттеріндегі сызықтар, ақаулар анықталады және өндірісте, түрлі технологиялық процестерде, автосервистерде сапаны анықтауға мүмкіндік береді. **Медицинада ИҚ** (инфрақызыл) – термография әдісімен адам ағзасындағы қабыну, ісіктер мен қан айналуының бұзылуы сияқты көптеген ауруларды, анықтауға мүмкіндік береді.



Есептер шығару

Дескрипторлары:

- ✓ Есептің қысқаша берілгенін жазады;
- ✓ Қажетті физикалық формулаларды қолданады;
- ✓ Математикалық түрлендірулер мен есептеулер жүргізеді
- ✓ Есептің жауабын дұрыс анықтайды.

Бағалау критерийлері

- Стефан-Больцман, Винн заңдары арқылы ультракүлгін апаттын негіздей алады;
- Стефан-Больцман, Винн заңдары мен Планк формуласын абсолют қара дененің жылулық сәулеленуін сипаттау үшін қолданады

Рефлексия

- Не білдім?
- Не үйрендім?
- Не қиындық тудырды?