

2-13-МАНВЗУ: ИССИҚЛИК НУРЛАНИШИ.

Режа:

1. Иссиқлик нурланиши. Абсолют қора жисм.
2. Кирхгоф қонуни.
3. Абсолют қора жисм нурланишининг қонунлари.
4. Планк гипотезаси. Планк формуласи.

Иссиқлик нурланиши. Абсолют қора жисм. Тажрибалар кўрсатадики (назария тасдиқлайди) қиздирилган жисм томонидан вақт бирлиги ичида ажралиб чиққан нурланиш абсолют ҳароратнинг тўртинчи даражасига пропорционалдир. Бу шунинг англатадики ҳарорати мос равишда 2000 ва 1000 К бўлган икки жисмни таққосласак, биринчи жисм, иккинчи жисмга қараганда $2^4=16$ марта кўп миқдорда энергия нурлайди. Етарли даражагача қиздирилган жисмлар ўзидан нур чиқара бошлайдилар. Бундай нурланиш иссиқлик нурланиши деб аталади. Текширишлар шунинг кўрсатадики, жисмлар нурланиши учун уларни қиздириш шарт эмас экан, жисмларнинг ҳарорати $T > 0$ бўлса, ҳар қандай нолга тенг бўлмаган ҳароратга эга жисм ўзидан нурланиш чиқаради. Демак, бундай нурланиш ҳамма жисмга ҳос универсал жараёндир. Иссиқлик нурланиши атом ва молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати энергияси ҳисобига юз беради. Унинг спектри узлуксиз бўлиб, спектрнинг максимуми температурага боғлиқ. Юқори температурада асосан қисқа тўлқин узунлигига эга (кўзга кўринувчи ва ультрабинафша нурлар), паст температурада эса асосан катта тўлқин узунлигига эга электромагнит тўлқинлар нурланилади (инфракизил нурлар). Лекин ҳар қандай нур тарқатувчи жисм ўз навбатида бошқа жисмларнинг нурлатган энергияларини ютади, натижада нур чиқариб ва ютиб, жисм атроф муҳит билан мувозанатга келади, бу ҳолатда жисм қанча ёруғлик нурлатса шунчасини ютиб туради. Ана шу ҳолатга мос келган температура мувозанат температураси деб аталади.

Иссиқлик нурланишни ифодалаш учун қуйидаги тушунчалар киритилади: - жисмнинг тўла нур чиқариш қобилияти E – бирлик юзадан 1 сек ичида чиқаётган энергия миқдори, бирлиги $\text{Ж}/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$, - жисмнинг тўла нур ютиш қобилияти A – жисм ютадиган энергиянинг унга тушаётган энергияга бўлган нисбати. A нинг бирлиги йўқ ва у ҳар доим ≤ 1 . E ва A лар жисмнинг табиатига ва тўлқин узунлигига боғлиқ. - жисмнинг $\Delta\lambda$ интервалга тўғри келадиган нур чиқариш қобилияти спектрал нур чиқариш қобилияти деб аталади ва у E_λ деб белгиланади. Худди шундай қилиб спектрал нур ютиш қобилияти таърифланади ва у A_λ билан белгиланади.

Ҳар қандай температурада ҳам ўзига тушган энергиянинг ҳаммасини ютадиган жисм абсолют қора жисм (АҚЖ) деб аталади, АҚЖ учун $A_\lambda = A = 1$. АҚЖ нур ютар экан, ўз навбатида нур ҳам чиқаради. Нур чиқариш ва нур ютиш жараёнлари ўзаро боғлиқдир. Фараз қилайлик икки жисмдан иборат бўлган берк системада жисмлар ҳар ҳил температурага эга, ўзаро фақат нур ютиш ва нур чиқариш орқали энергия алмашадилар. Маълум вақтдан кейин улар ўртасида иссиқлик мувозанати пайдо бўлади: ҳар бир жисм вақт бирлиги ичида қанча энергия ютса, шунча энергия нурлатади. Бу жисмларнинг мувозанат температурасидаги нур чиқариш ва нур ютиш қобилиятлари E', E'' ва A', A'' лар билан белгилаймиз. Биринчи жисм иккинчисига қараганда 1 м^2 юзадан 1 сек ичида n марта кўп энергия чиқаряпти деб ҳисоблайлик (13.1-расм):

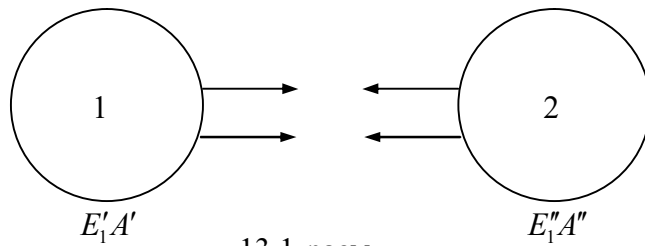
$$E' = nE''$$

Шундай экан, бу жисм ўз навбатида энергияни n марта кўп ютиши ҳам керак:

$$A' = nA''$$

Натижада:

$$\frac{E'}{A'} = \frac{E''}{A''}$$



13.1-рasm

Агар берк системада жисмлар кўп бўлса ва улар орасида бири абсолют қора жисм бўлса, у ҳолда қуйидаги муносабат бажарилади:

$$\frac{E'}{A'} = \frac{E''}{A''} = \frac{E'''}{A'''} = \dots \varepsilon \quad (13.1)$$

ε – АҚЖ нинг нур чиқариш қобиляти, унинг нур ютиш қобиляти $A=1$. (13.1) ифода Кирхгоф қонуни деб аталади: берилган температурада ҳамма жисмлар учун уларнинг нур чиқариш қобилятларнинг нур ютиш қобилятларига бўлган нисбати ўзгармас миқдор бўлиб, у АҚЖ нинг ўша температурадаги нур чиқариш қобилятига тенг. Бу қонун жисмларнинг спектрал нур чиқариш ва нур ютиш қобилятларига ҳам тегишли $E_\lambda = A_\lambda \varepsilon_\lambda$.

Кирхгоф қонунидан қуйидаги 3 та хулосани чиқариш мумкин:

1. Исталган температурада ҳар қандай жисмнинг нур чиқариш қобиляти унинг нур ютиш қобилятининг АҚЖ нинг нур чиқариш қобилятига бўлган кўпайтмасига тенг:

$$\begin{aligned} E &= A\varepsilon \\ E_\lambda &= A_\lambda \varepsilon_\lambda \end{aligned} \quad (13.2)$$

2. Ҳар қандай жисмнинг нур чиқариш қобиляти АҚЖ нинг нур чиқариш қобилятидан кичик ($E = A\varepsilon$, $A < 1$ бўлганлиги учун $E < \varepsilon$).
3. Агар жисм қандайдир тўлқин узунлигида нурни ютмаса, у бундай нурни чиқармайди ҳам ($E_\lambda = A_\lambda \varepsilon_\lambda$, шунинг учун $A_\lambda = 0$ бўлса $E_\lambda = 0$ бўлади).

АҚЖ га тегишли яна иккита қонунни келтирамиз. Стефан–Больцман қонуни. Нурланиш энергиясининг қиймати яна нурланувчи жисм кўндаланг кесим юзасига боғлиқ. Вақт бирлиги ичида нурланиш энергияси қуйидагича ёзилади:

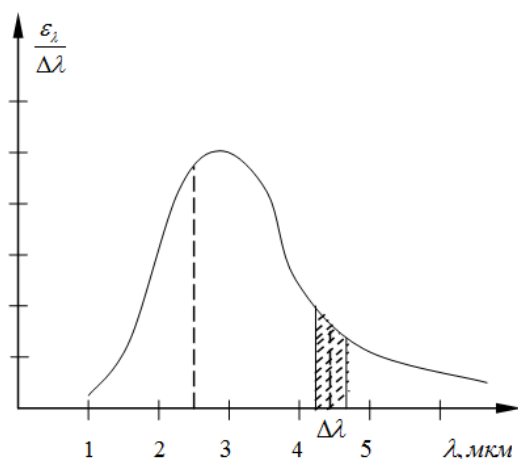
$$\frac{Q}{t} = \sigma \sigma T^4 \quad (13.3)$$

Абсолют қора жисмнинг тўла нур чиқариш қобиляти температуранинг тўртинчи даражасига тўғри пропорционал, бу ерда σ -универсал доимий бўлиб Стефан-Больцман доимийси дейилади, $\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, ϵ -ўлчамсиз катталиқ, унинг қиймати 0 ва 1 оралиқда олинади ва нурланиш қобиляти дейилади, у модданинг хусусиятини характерлайди. Юзаси жуда қора бўлган жисмлар учун ϵ нинг қиймати 1 га яқин, ялтироқ юзали моддалар учун ϵ қиймати нолга яқин.

Виннинг силжиш қонуни. Абсолют қора жисм нур ютиш спектрининг максимумига тўғри келадиган тўлқин узунлиги λ_m унинг температурасига тескари пропорционал:

$$\lambda_m = b/T \quad (13.4) \quad b - \text{Вин доимийси, } b = 0,289 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{град}$$

13.2-рasmда температураси 1260 К бўлган АҚЖ нинг нур чиқариш қобиляти графиги келтирилган, у экспериментда $\Delta\lambda$ спектрал диапазонда аниқланади. График ўраб олган юза (у штрихланган) АҚЖ нинг тўла нур чиқариш қобиляти ε га тенг бўлади. Графикдан кўриниб турибдики, АҚЖ нинг 1260 К даги нурланиш максимуми $\lambda_m = 2,4 \text{ мкм}$ га тўғри келар экан.



13.2-расм

Стефан – Больцман ва Вин қонунлари АҚЖ нурланишининг хусусий холларини ифодалайдилар, улар АҚЖ нурлатадиган энергиянинг тўлқин узунлиги бўйича тақсимланиши $\varepsilon_\lambda = f(\lambda, T)$ ни бера олмайдилар. Планк гипотезаси. Планк формуласи. 1900 йилда немис физиги М. Планк $\varepsilon_\lambda = f(\lambda, T)$ функциянинг тўғри кўринишини топа олди. Унинг асосий гипотезаси қуйидагидан иборат: электромагнит энергиянинг ютилиши, нурланиши ва тарқалиши кичик порциялар (квант) билан юз беради. Аввал бу жараёнлар узлуксиз равишда юз беради, деб ҳисобланган. Шундай қилиб, Планк фанга квант тушунчасини киритди. Демак электромагнит тўлқинни квантлар оқими деб қараш мумкин. Квант – бу энергиянинг кичик бўлагидир. Ҳар бир квантнинг энергияси частотага тўғри пропорционалдир:

$$\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad (13.5)$$

бу ерда c – ёруғлик тезлиги, λ - тўлқин узунлиги, h - Планк доимийси $6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Ж} \cdot \text{с}$ га тенг. Иссиқлик нурланишининг квант табиатини ҳисобга олиб Планк АҚЖ нинг спектрал нурланиш қобилияти учун қуйидаги формулани келтириб чиқарди:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1} \quad \text{ёки} \quad \varepsilon_\nu = \frac{2\pi \nu^2}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (13.6)$$

Стефан – Больцман ва Вин қонунлари ҳам шу формуладан келиб чиқади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Абсолют қора жисм деганда нимани тушунасиш.
2. Жисмнинг нур чиқариш ва нур ютиш қобилиятларини тушунтиринг.
3. Кирхгоф қонунинг ифодасини ёзинг.
4. Степан-Больцман қонунини тушунтиринг.
5. Виннинг силжиш қонунини таърифланг.
6. Планк назариясининг моҳияти нимада.
7. Планк формуласини ёзинг. У қандай ҳулосага олиб келади.

АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google. com