

ТЕРМОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

Режа:

1. Энергиянинг эркинлик даражаси бўйича тақсимот қонуни.
2. Идеал газнинг ички энергияси.
3. Иссиқлик миқдори ва иссиқлик сиғими.
4. Термодинамиканинг биринчи қонуни.
5. Адиабатик жараён. Пуассон тенгламаси.

Эркинлик даражаси – ўзаро боғлиқ бўлмаган ўзгарувчилар сони бўлиб, системанинг фазодаги вазиятини аниқлайди. Идеал газ учун эркинлик даражаси:

Эркинлик даражаси	Бир атомли газ	Икки атомли газ	Кўп атомли газ
Илгариланма	3	3	3
Айланма	-	2	3
Жами	3	5	6

Моддий нуктанинг эркинлик даражаси учга тенг. Ҳар қандай атом ёки бир атомли молекула моддий нукта деб қаралиши мумкин. Агар молекула бир - бири билан эластик тарзда боғланган N та атомдан ташкил топган бўлса, молекуланинг берилган вақтда фазодаги вазиятини тўла аниқлаш учун $3N$ та эркин координата зарур бўлади. Яъни, бундай молекуланинг эркинлик даражаси $3N$ га тенг. Лекин шу молекуладаги исталган икки атом орасидаги масофа аниқ қийматга эга бўлиб, у вақт ўтиши билан ўзгармаса, молекуланинг эркинлик даражаси $3N$ дан битта кам бўлади. Бундай масофа бир нечта бўлса, $3N$ шундай масофалар сонига кам бўлади.

Икки атомли молекула учун молекуланинг иккала атоми орасидаги масофа вақт ўтиши билан ўзгармаса, бундай молекуланинг эркинлик даражаси $3N - 1 = 3 \cdot 2 - 1 = 5$ га ва аксинча, атомлар бир-бири билан эластик равишда боғланган бўлса, яни масофа вақт ўтиши билан ўзгариб турса, 6 га тенг бўлиши керак.

Бир атомли молекуланинг эркинлик даражаси 3 га тенг, икки атомли молекула эркинлик даражаси 5 га ёки 6 га тенг ва ҳоказо. Демак илгариланма ҳаракат эркинлик даражаси ҳамма вақт 3 га тенг, айланма ва тебранма ҳаракат эркинлик даражалари кузатилаётган молекуланинг характериға қараб турли қийматларга эга бўлиши мумкин. Молекуланинг эркинлик даражаси i ни илгариланма, айланма ва тебранма ҳаракатлар эркинлик даражаларининг йиғиндисидан иборат деб қараш мумкин:

$$i = i_{ил} + i_{айл} + i_{теб}$$

Илгариланма ҳаракат эркинлик даражаси 3 га тенг эканлигини этиборга олиб, илгариланма ҳаракатнинг ҳар бир эркинлик даражасига $\frac{1}{2}kT$ энергия тўғри келади деган хулосага эга бўламиз. Умуман, илгариланма, айланма ва тебранма ҳаракатнинг бирортаси иккинчисидан устун равишда ажралиб турмайди.

Статистик физиканинг муҳим қонунларидан бири - энергиянинг эркинлик даражаси бўйича бир хилда тақсимланиш қонуни илгариланма, айланма ва тебранма ҳаракатнинг ҳар бир эркинлик даражасига ўртача $\frac{1}{2}kT$ кинетик энергия тўғри келишини кўрсатади.

Демак, эркинлик даражаси i га тенг бўлган молекуланинг ўртача кинетик энергияси:

$$\varepsilon = \frac{i}{2} kT$$

ифода орқали аниқланади. Лекин i ни аниқлашда қуйидагиларга этибор берилиши керак: молекула илгариланма ёки айланма ҳаракатда қатнашаётган бўлса, у фақат кинетик энергияга эга бўлади, молекуладаги атомлар тебранма ҳаракатда ҳам қатнашаётган бўлса, тебранма ҳаракат ҳам кинетик энергияга, ҳам потенциал энергияга эга бўлади ва кинетик энергиянинг ўртача қиймати потенциал энергиянинг ўртача қиймати билан бир хил бўлади. Шунинг учун тебранма ҳаракатнинг ҳар бир эркинлик даражасига kT энергия тўғри келади.

Моддани ташкил қилган барча молекулалар ва атомлар ҳаракатининг кинетик энергияси ҳамда уларнинг ўзаро таъсир потенциал энергиясининг йиғиндиси жисмнинг ички энергияси дейилади. Ички энергия қуйидаги формуладан аниқланади:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$$

i -эркинлик даражаси, m -газнинг массаси, M -моляр масса, T -температура.

Иссиқлик миқдорининг ўзгариши ΔQ , система массаси m ва ҳароратнинг ўзгариши ΔT боғлиқлиги тажриба орқали аниқланган. Q , m ва ΔT ўртасидаги муносабатни қуйдагича қўринишда ёзиш мумкин

$$Q = mc\Delta T$$

бу ерда c -берилган моддани характерлайди ва солиштирма иссиқлик сиғими дейилади. Иссиқлик сиғими c қандайдир даражада ҳароратга боғлиқ, лекин унча юқори бўлмаган ҳарорат оралиғида уни кўп ҳолларда доимий деб қараш мумкин.

Ташқи муҳитдан ҳимояланган системаларнинг ҳарорати турлича бўлса, иссиқлик ҳарорати юқорисидан ҳарорати пастига узатилади. Системаларнинг ҳарорати тенглашганда иссиқлик мувозанати юз беради. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан системанинг бир қисми йўқотган иссиқлик миқдори, системанинг бошқа қисмининг олган иссиқлик миқдorigа тенг бўлади.

Берилган жисмнинг иссиқлик сиғими деб, шу жисм ҳароратини бир градус ошириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдorigа тенг бўлган физик катталиққа айтилади:

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

Жисмнинг иссиқлик сиғими унинг массасига боғлиқ. Шунинг учун ҳам асосан солиштирма иссиқлик сиғими ва моляр иссиқлик сиғимлари кўп ишлатилади. Бир жинсли модданинг бирлик массасининг иссиқлик сиғими солиштирма иссиқлик сиғими (c) деб аталади. Бир моль жисмнинг иссиқлик сиғими моляр иссиқлик сиғими (c_μ) деб аталади:

$$C = cm$$

$$C = c_\mu M$$

Ҳажм ўзгармас бўлган ҳолат учун ($dQ=dU$ га тенг) иссиқлик сиғимини қуйидагича ифодалаш мумкин: $C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V$. Бир моль идеал газнинг ички энегияси $U_M = \frac{i}{2} RT$ га тенг эканлигини эътиборга олган ҳолда, бу ифодани ҳарорат бўйича дифференциаллаб, C_V ни аниқлаш мумкин:

$$C_V = \frac{i}{2} R$$

Идеал газнинг ҳажми ўзгармас бўлган шароитда иссиқлик сиғими газ молекулаларининг эркинлик даражаси орқали аниқланиб, газ ҳолатини характерловчи параметрларга боғлиқ эмас экан.

Босим ўзгармас бўлган шароитда газга берилаётган иссиқлик миқдори газнинг ички энергиясининг ортишига ва ташқи кучларга қарши иш бажаришга сарф бўлади. Шу сабабли, босим ўзгармас бўлган шароитда иссиқлик сиғими: $C_p = C_V + R$.

C_p нинг C_v га нисбатини γ орқали белгилаб: $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}$ ни ёзиш мумкин. γ нинг

қиймати ҳамма вақт бирдан катта ва газни ташкил этувчи молекулаларнинг эркинлик даражаларига боғлиқ. Классик назария асосида аниқланган иссиқлик сифимлари C_v ва C_p фақат газни ташкил этувчи молекулаларнинг эркинлик даражаларига боғлиқ.

Системанинг ички энергияси система молекулаларининг энергияси сифатида аниқланади. Шунинг учун, системанинг ички энергияси система устида бажарилган иш ёки системага берилган иссиқлик миқдори ҳисобига ортади. Тажрибалардан келиб чиқиб, система ички энергиясининг ўзгариш қонуни қуйидагича қўринишда ёзилади:

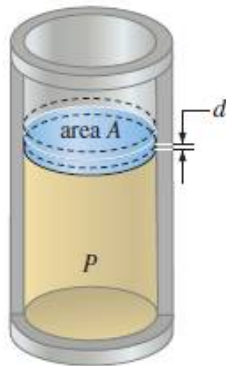
$$\Delta U = Q - A$$

бу ерда Q – системага берилган иссиқлик миқдори, A – системанинг бажарган иши. Агар иш система устидан бажарилса иш манфий бўлади ва системанинг ички энергияси ортади. Термодинамиканинг биринчи қонуни энергиянинг сақланиш қонунининг бир қўринишидир.

Изотермик жараёнда система бажарган иш системага берилган иссиқлик миқдорига тенг: $\Delta U = \frac{i}{2} m \Delta T \rightarrow \Delta T=0 \rightarrow \Delta U=0$, шу сабабли термодинамиканинг 1-қонунидан $Q=A$.

Ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмайдиган жараёнга адиабатик жараён деб аталади, яъни ($Q = 0$). Бу жараён жуда ҳам тез содир бўладиган жараён ҳисобланади, шунинг учун система иссиқлик алмашилишга улгирмайди. Адиабатик жараёнга яқин келадиган мисоллардан бири – ички ёнув двигателларидаги газнинг кенгайишидир. Адиабатик жараёнда $Q = 0 \rightarrow A = -\Delta U$ га тенг.

Ўзгармас босимда бажарилган иш: система кенгайиб, F куч билан масалан поршенни d масофага силжитилади. Бу куч P босимнинг A юзага қўпайтмаси билан ҳисобланади, $F=P \cdot A$. Шунинг сабабли, бажарилган иш $A = Fd = PAd$, $Ad = \Delta V$ бўлгани учун $A = P \Delta V$.



Поршен остидаги газнинг бажарган иши

Изохорик жараёнда ҳажм ўзгармас бўлганлиги учун бажарилган иш нолга тенг бўлади $A = 0$.

Адиабатик жараён деб, ташқи муҳит ва система ўртасида иссиқлик алмашинувисиз содир бўладиган жараёнга айтилади ($dQ=0$). Адиабатик жараёнларга ҳамма тез содир бўладиган жараёнлар киради. Масалан, адиабатик жараёнга овознинг муҳитда тарқалишини мисол қилиш мумкин, чунки овоз тўлкинининг тарқалиш тезлиги шунчалик каттаки, муҳит билан тўлқин ўртасида энергия алмашинуви содир бўлмайди. Адиабатик жараён ички ёнув двигателларида, музлаткич қурилмаларида қўлланилади.

Адиабатик жараён учун газ босими билан ҳажм орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$PV^\gamma = \text{const}$$

бу ерда γ - доимий катталиқ бўлиб у адиабатик кўрсаткич деб аталади ва молекуласи турли атом бирикмаларидан иборат бўлган газлар учун турлича қийматга эга бўлади, масалан бир атомли газлар учун $\gamma=1.67$, икки атомли газлар учун $\gamma=1.4$, уч ва ундан ортиқ атомли газлар учун $\gamma=1.33$ га тенг. Юқоридаги формулани француз физиги Пуассон аниқлангани учун унинг номи билан Пуассон тенгламаси деб аталади.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Жисмнинг эркинлик даражаси деб нимага айтилади.
2. Иссиқлик сиғими нима.
3. Термодинамиканинг биринчи қонунига таъриф беринг.
4. Энергиянинг сақланиш қонуни асосида газнинг сиқилиши натижасида температурасининг ортишини ва газ кенгайганда температурасининг пасайишини тушунтиринг.
5. Қайси жараёнда қўп иш бажарилади: изотермик жараёндами ёки адиабатик жараёнда?
6. Қайси жараёнда ички энергиянинг ўзгариши энг катта бўлади?
7. Ўзгармас ҳажмда иш бажара оладиган системага мисол келтиринг.
8. Системага иссиқлик берилганда ёки системадан иссиқлик олинганда системанинг температураси ўзгармас сақланиши мумкинми? Агар мумкин бўлса мисол келтиринг.
9. Изоляцияланган системанинг температураси ҳамма вақт ҳам ўзгармас сақланадими?
10. Иссиқ ҳаво юқорига қўтарилади, лекин денгиз сатҳидан жудаям баландда ҳаво ҳамма вақт совуқроқ бўлади. Нима учун?

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