

**ФИЗИКА ВА  
КИМЕ  
КАФЕДРАСИ**

# **МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ТЕРМОДИНАМИКА**

**10 - маъруза**

**Газларда кучиш ходисаси. Ута  
суюлтирилган газлар. Реал газ холат  
тенгламаси**

**2016**

# Маъруза режаси

- Термодинамик мувозанатда бўлмаган тизимларда кўчиш ҳодисалари.
- Диффузия.
- Иссиқлик ўтказувчанлиги.
- Ички ишқаланиш.
- Кўчиш ҳодисаларининг молекуляр - кинетик назарияси.
- Реал газ ҳолат тенгламаси

# Термодинамик мувозанатда бўлмаган тизимларда кўчиш ходисалари

Термодинамик мувозанатда бўлмаган тизимлардаги фазовий энергияни (иссиқлик ўтказувчанлиги), массани (диффузия) ва импульсни (ички ишқаланиш) кўчишлари кузатиладиган қайтмас ходисалар *кўчиш ходисалари* деб аталади.

$\langle v \rangle$  — средняя скорость теплового движения

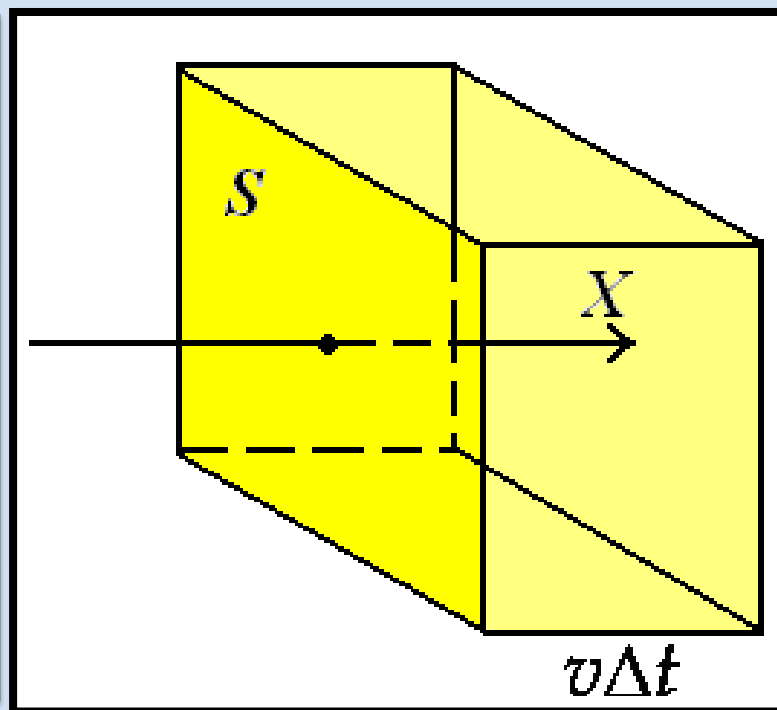
молекул

$\langle l \rangle$  - средняя длина свободного пробега

молекул

$\rho$  — плотность газа

$n$  — концентрация молекул

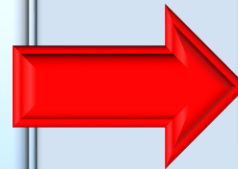


# Диффузия

Иккита туташган газ, суюқлик ва қаттиқ жисмларда заррачаларнинг концентрация градиенти мавжудлиги ва бетартиб ҳаракати туфайли, ичкарига кириш ва аралashiш жараёнига - *диффузия ҳодисаси* деб аталади.

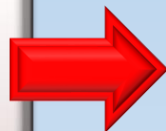
Газ зичлиги бир жинсли бўлмаганда зичликни камайиши томон молекулалар оқими хосил бўлади.

Х ўқи йўналишидаги  
молекуляр оқим зичлиги



$$j = \frac{N}{S\Delta t} = \frac{1}{6} n v$$

$$j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$$



Бирлик вақт ичида бирлик юза орқали диффузия жараёнида ўтадиган, миқдор жиҳатдан моддалар массасига тенг бўлган масса оқимининг зичлигидир

$$[j_m] = \left[ \frac{кг}{с \cdot м^2} \right]$$

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle l \rangle$$



*Диффузия коэффиценти молекулалар ҳаракатининг эркин югуриш йўли ва ўртача тезлигига пропорционалдир, шу сабабли газ температурасини ошиши ва концентрациясини камайиши билан орта боради.*

$$[D] = \left[ м^2 / с \right]$$

$$\frac{d\rho}{dx}$$



Зичлик градиенти

$$\frac{d\rho}{dx}$$



юза нормали йўналишида бирлик узунликдаги зичлик ўзгариши тезлигига тенг бўлган *зичлик градиентидир*.

Минус ишора, масса кўчишининг зичлик камайиши йўналишида содир бўлишини кўрсатади.

$$j_m \text{ ва } \frac{d\rho}{dx}$$

ишораси бўйича  
қарама - қаршидир

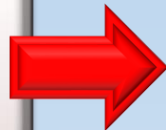
*Диффузия оқими* концентрация градиентига пропорционалдир ва унинг камайиши томон йўналгандир.

# Иссиқлик ўтказувчанлик

Агар, газнинг бир қисмида молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси бошқа қисмига қараганда каттароқ бўлса, натижада, вақт ўтиши билан молекулаларнинг доимий тўқнашишлари сабабли, уларнинг ўртача кинетик энергиялари фазо бўйича тенглаша боради, бошқача қилиб айтганда, фазо бўйича температура тенглаша боради.

Энергиянинг иссиқлик кўринишда кўчиши Фурье қонунига бўйсунди

$$j_E = -\lambda \frac{dT}{dx}$$



Бирлик вақтда, бирлик юзадан  
иссиқлик кўринишида кўчадиган,  
энергия билан аниқланадиган  
иссиқлик оқимининг зичлигидир

$$[j_E] = \left[ \frac{Вт}{м^2} \right]$$

$$\lambda = \frac{1}{3} c_v \rho \langle v \rangle \langle l \rangle$$



Иссиқлик ўтказувчанлиги  
коэффициенти  $\lambda$  - температура  
градиенти бирга тенг бўлганда  
иссиқлик оқими зичлигига тенг бўлган  
катталиқдир

$$[\lambda] = \left[ \frac{Вт}{м \cdot К} \right]$$



$$\frac{dT}{dx}$$



юза нормали йўналишида бирлик  $dx$  узунликка тўғри келган температура ўзгаришига тенг бўлган *температура градиентидир*

Минус ишора иссиқлик ўтказувчанлик жараёнида, температура паст бўлган йўналишда энергия кўчишини кўрсатади.

$j_E$  ва  $\frac{dT}{dx}$  ишораси бўйича қарама қаршидир.

Электрон массаси газ молекуласи массасига нисбатан минг марта кичик бўлгани сабабли, металллар иссиқлик ўтказувчанлиги шунча марта каттадир.

Мисол учун: пўлат -  $\lambda = 46 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  
мис -  $\lambda = 385 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

**Конвекция - бу суюқлик ёки газнинг совуқ ва иссиқ қисмларини механик аралашидир. Бу жараёнда, иссиқлик ўтказувчанликка нисбатан, температура жуда тез текислашади.**

**Босим унча юкори буламаган, температура юкори булган холларда Менделев Клайперан тенгламаси реал газларни анча яхши характерлайди. Ушбу тенгламага узатишлар киритиш йуллари билан реал газ холатини тулик ифодалайдиган тенглама олиш мумкин.**

**Менделеев - Клапейрон тенгламаси идеал газ ҳолатини ифодалайди. Бундай газнинг молекулаларини бир - бири билан таъсирлашмайдиган материал нуқталар деб қараш мумкин. Лекин реал газларнинг молекулалари, кичик бўлсада, маълум ҳажмга эга бўладилар ва улар ўзаро кичик кучлар билан боғланганлар. Кичик температураларда ёки юқори босмларда (молекулалар бир - бирига яқин турганда) уларнинг ҳажмлари ва улар орасидаги таъсир кучлари рол ўйнай бошлайди. Бунда идеал газ тенгламаси ишламай қолади. Реал газнинг ҳолатини ифодалаш учун голланд физиги Ван - дер - Ваалс 1873 йилда Менделеев - Клапейрон тенгламасига молекулаларнинг ҳажмини ва улар ўртасидаги тортишиш кучларини ҳисобга оладиган ҳадларни киритди**

# Ван-дер-Ваальс тенгламаси

Исталган атом ва молекулалар орасида пайдо бўлувчи умумийроқ кўринишда бўлган боғланиш кучлари - *Ван-дер-Ваальс кучларидир*. Умумий ҳолда Ван-дер-Ваальс кучлари ўзига *дисперсиявий, ориентациявий ва индукциявий* таъсир кучларини қамраб олади.

Ван-дер-Ваальс кучлар биринчи бўлиб қаттиқ фаза ҳолатида бўлган реал газлар ҳолат тенгламасига киритилган эди.

$$\left( p + \frac{a}{V_m^2} \right) (V_m - b) = RT$$

бу ерда  $a$  ва  $b$  – қўшимча ҳадлар, қаттиқ ҳолатдаги реал газ молекулалари орасидаги тортишиш ва итариш кучларини ҳисобга олиш учун киритилган,  $b$  – молекулаларнинг ўзи эгаллаган ҳажми,  $a$  – молекулалар орасидаги тортишиш кучи.

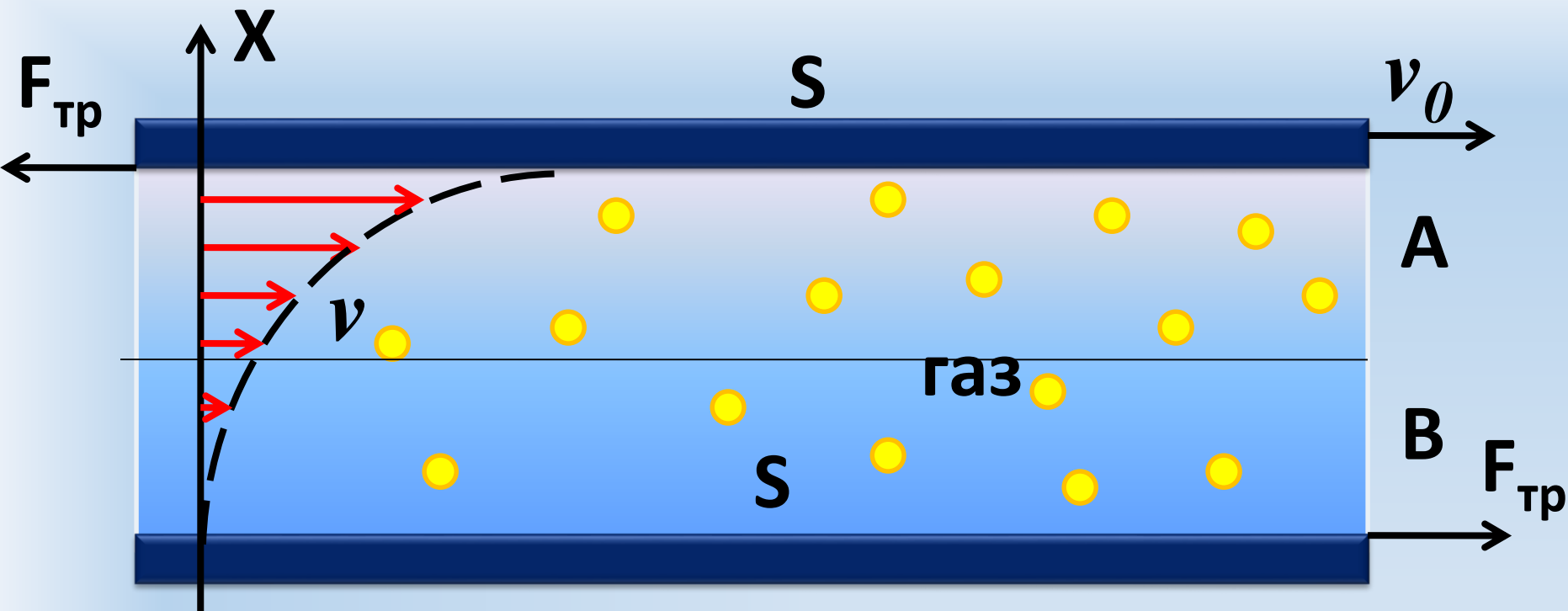
***Реал газларнинг ички энергияси. Жоул-Томсон эффекти.***

**Техникада газларни суюлтириш учун мусбат Жоул - Томсон эффектига асосланган Линде машинаси ишлатилади.**

**Жоул - Томсон эффектининг 2 хили бор:**

- 1. Бошланғич паст температурада ҳамма газлар кенгайганда совийдилар (мусбат Жоул - Томсон эффекти).**
- 2. Бошланғич юқори температурада ҳамма газлар кенгайганда исийдилар (манфий Жоул - Томсон эффекти).**

**Реал газлар ички энергияси молекулаларнинг кинетик ва потенциал энергиялари йиғиндисидан иборат: Агар газ ташқи иш бажармасдан кенгайса ва ташқи мухит билан иссиқлик алмашмаса, унинг ички энергияси ўзгармай қолиш керак.**



Ҳар хил қатламлардаги газ молекулалари тартибсиз иссиқлик ҳаракати натижасида бир қатламдан иккинчисига ўтиб, қатламларнинг тартибли ҳаракати импульсини  $mv$  кўчирадилар. Натижада  $A$  қатламнинг тартибли ҳаракати импульси камаяди,  $B$  қатламнинг импульси ошади. Бошқача қилиб айтганда, тез ҳаракатланаётган  $A$  қатлам секинлашади,  $B$  қатлам эса тезлашади. Суюқлик ёки газлар ҳар хил қатламлари оқимлари тезликларини бундай тенглашиши *ички ишқалиш* ёки *ёпишқоқлик* деб аталади.

Кўчиш ҳодисаларини ифодаловчи математик ифодаларни таққосласак, барча кўчиш ҳодисалари бир-бирига ўхшаш эканлиги кўринади. Тартибсиз ҳаракат жараёнида молекулаларнинг молекуляр механизм асосидаги аралashiши умумийлиги кўриниб турибди.

$\lambda, D, \eta$

лар ораларидаги боғланишлар

$$\eta = \rho D \quad \frac{\lambda}{\eta c_v} = 1 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \eta c_v$$

# Фойдаланилган адабиётлар

- Glencoe Science Physics. “principles and problems” 2012
- Halliday Resnick “Fundamentals of Physics” 2012
- Абдурахманов К.П., Эгамов У. Физика курси , 2011 й.
- Огурцов Н.А. Курс лекций по физике, Харьков, 2007.
- Колмаков Ю.Н. Курс лекций по физике, Тула, 2002.
- Оплачко Т.М., Турсунметов К,А. Физика, Ташкент, 2007
- <http://phet.colorado.edu/>
- <http://www.falstad.com/mathphysics.html>
- <http://www.quantumatomica.co.uk/download.htm>
- <http://school-collection.edu.ru>



# Таълим сайтлари ва Интернет ресурслари

1. fizika.uz – талабалар ва физика ўқитувчилари учун сайт
2. neutrino.usoz.ru- ТАТУ Физика кафедраси доценти О.Э.Тигайнинг шахсий сайти.
3. fizik.ru - ТАТУ Физика кафедраси катта ўқитувчиси В.С.Хамидовнинг шахсий сайти.
4. estudy.uz- ТАТУ талабалари учун физикадан масофавий таълим тизими
5. Yenka.com
6. <http://phet.colorado.edu/>
7. <http://www.falstad.com/mathphysics.html>
8. <http://www.quantumatmica.co.uk/download.htm>
9. <http://school-collection.edu.ru>