

1-МАВЗУ: ТЕРМОДИНАМИКАДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА АНИҚЛИКЛАР.

Кўриладиган масалалар.

1. Термодинамик тизим.
2. Ҳолатнинг асосий кўрсаткичлари.
3. Турғун ва нотурғун ҳолатлар.
4. Ҳолат тенгламаси.
5. Иссиқлик ва иш энергия узатиш кўринишида.
6. Термодинамик жараён.
7. Қайтар ва қайтмас жараёнлар.
8. Айланма жараёнлар (цикллар)

Таянч сўз ва иборалар.

Техниковий термодинамика; услуги; кўрсаткичлари; термодинамик тизим; ҳолат тенгламаси; жараён; иш; иссиқлик.

1. Техниковий термодинамика фани ва унинг услуги.

Термодинамика назарий физиканинг бир қисми бўлиб, турли энергияларнинг бир бирига айланиши тўғрисидаги (энергиянинг айланиш қонуниятлари) фан ҳисобланади. Бу фан табиатнинг турли ҳодисаларини кўради ва кимёвий; механикавий ва физиковий ҳодисаларини кенг миқёсда қамрайди.

Ҳозирги замонда термодинамика уч қисмга бўлиниши мумкин: умумий ёки физикавий термодинамикага; кимёвий термодинамикага; техниковий термодинамикага.

Умумий термодинамика қатиқ, суюқ ва газсимои жисмларда энергиянинг айланиш, турли жисмларнинг нурланиш, магнит ва электр ходисаси жараёнларини ўрганади, шунинг билан биргаликда термодинамик миқдорларларнинг ўзаро математиковий боғлиқлигини ўрнатади.

Кимёвий термодинамика кимёвий, иссиқлик, физиковий-кимёвий жараёнларни, турғунлик ва турғунликка ташқи шароитни таъсирини термодинамиканинг умумий қонунларига асосан ўрганади.

Техниковий термодинамика иссиқликни ишга ўзаро айланиш қонуниятларини кўради. Иссиқлик ва совитгич машиналарида рўй берадиган иссиқлик, механик ва кимёвий жараёнларнинг ўзаро боғлиқлигини ўрганади, газларда, буғларда содир бўладиган жараёнларни, ҳамда бу жисмларнинг турли физик шароитдаги хусусиятларини ўрганади.

Термодинамика иккита асосий қонунга асосланади. **Термодинамиканинг биринчи** қонуни энергиянинг айланиш жараёнларининг миқдорий томонини

белгилайди, **иккинчи қонуни** эса физиковий тизимларда содир бўладиган жараёнларнинг сифат томонини белгилайди.

XX-асрнинг бошларида термодинамиканинг иккита қонуни Нернстни иссиқлик назарияси билан тўлдирилган. Жисмни хусусиятини паст ҳароратда аниқлашга имкон берадиган бу назария асосан кимёвий термодинамикада фойдаланилади ва уни қўлланиши чекланган.

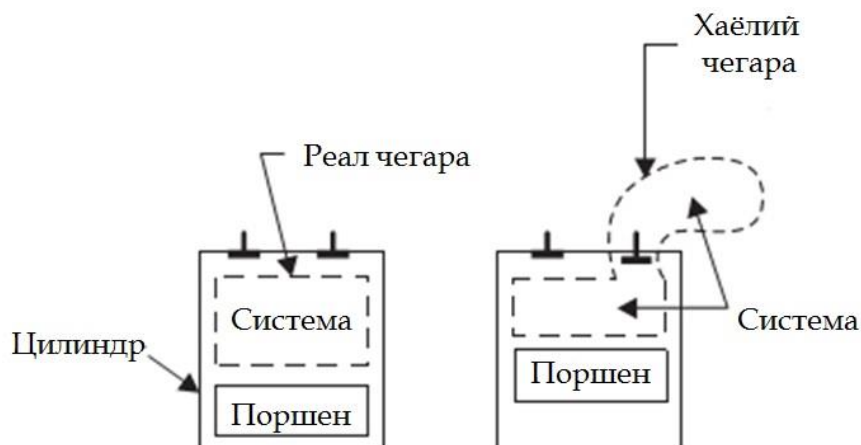
Термодинамикада тадқиқотларни иккита услуби қўлланилади: **айланма жараёнлар** услуби ва **термодинамиковий функциялар** ва геометрик тасвирлаш услуби.

2. Термодинамик тизим.

Табиатнинг исталган ходисасида бир қанча турли жисмлар ўзаро боғланган ҳолда иштирок этади. Қандайдир ходисани термодинамикавий ўрганишда тадқиқот объекти сифатида жисмлар гуруҳи ёки бир жисм ёки унинг айрим қисми ажратилади. Ўрганиладиган объект **термодинамиковий тизим** деб аталади, унинг чегарасидан ташқарисида бўлганларнинг ҳаммаси **атроф мухит** деб аталади.

Бир бири билан ва атроф мухит билан энергия алмашадиган макроскопик жисмларнинг йғиндиси (мажмуаси) термодинамиковий тизим деб аталади.

Поршенли цилиндрдаги газ термодинамиковий тизимга оддий мисол бўлиши мумкин. Атроф мухитга цилиндр, поршен, ҳавони киритиш мумкин.



1.1-расм. Термодинамик тизим.

Агарда термодинамиковий тизим атроф мухит билан ўзаро таъсирланмаса изоляцияланган ёки **ёпиқ тизим** деб аталади.

Тизим атроф мухит билан иссиқлик алмашишга имкон бермайдиган адиабатли қобик билан ўралган бўлса иссиқлик изоляцияланган ёки **адиабатли тизим** деб аталади.

Идеал иссиқлик изоляцияси билан қопланган идишдаги жисм атроф мухит билан иссиқлик алмашиш имкони бўлмагунлиги учун изоляцияланган тизимга мисол бўлади.

Ўзининг ҳамма қисмида бир ҳил таркиб ва физик хусусиятга эга бўлган тизим

бир жинсли тизим деб аталади.

Ичида ажратадиган сатхи бўлмаган бир жинсли термодинамик тизим **гамогенли тизим** деб аталади (масалан, сув, муз, ҳаво, газлар).

Қисмлари бир бири билан кўринадиган ажратиш сатхи билан ажралган бўлса бундай тизимлар **гетерогенли тизим** деб аталади (масалан, муз ва сув, буғ ва сув ва б.)

3. Термодинамик ҳолатининг асосий кўрсаткичлари.

Жисмнинг берилган физик ҳолатини аниқлайдиган айрим миқдорлар термодинамикада ҳолатнинг кўрсаткичлари деб аталади. Бир неча миқдорлар ҳолат кўрсаткичлари бўлиши мумкин; *солиштирма ҳажм, босим, ҳаракат, ички энергия, энталпия, энтропия, концентрация, изохор-изотермли потенциал ва бошқалар.*

Куч майдони иштирок этмаганда (гравитацияли, энергомагнитли ва б.) бир жинсли жисмнинг ҳолати учта кўрсаткичлар билан аниқланиши мумкин, техниковий термодинамикада **солиштирма ҳажм, абсолют ҳарорат ва босим** кўрсаткичлар сифатида қабул қилинади. Бу учта кўрсаткичлар асосий кўрсаткичлар деб аталади ва улар ўзаро бир бири билан математик боғлиқликка эга.

Солиштирма ҳажм.

Берилган жисмнинг масса бирлигини эгаллаган ҳажми бир жинсли жисмнинг солиштирма ҳажми деб аталади, ўлчам бирлиги m^3/kg да бўлади.

$$v = \frac{V}{m} \quad (1.1)$$

бу ерда V - ихтиёрий миқдордаги жисмнинг ҳажми, m^3 ; m - келтирилган ҳажмдаги жисмнинг миқдори, kg .

Босим.

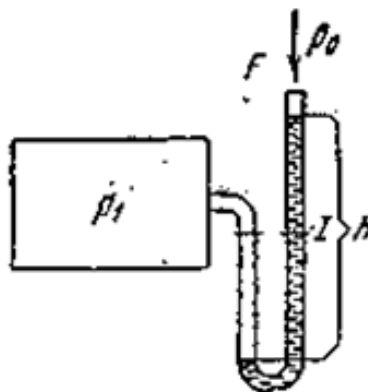
Идишдаги газнинг тартибсиз узлуксиз ҳаракати натижасида идишнинг деворига молекулярининг ўртача урилишининг нагижаси молекуляр-кинетик назарияси нуқтаи назаридан босим деб аталади ва нормал ташкил этувчи кучи бўлиб юза бирлигига таъсир қилади. Босимни ўлчаш учун турли бирликлар: паскал (Па), бар, сув ёки симоб устуни миллиметри ишлатилади. Амалий ҳисоблашларда $1m^2$ сатхга таъсир қилаётган килонютон (kN/m^2), меганютон (MN/m^2) лардан фойдаланиш мумкин.

1.2-расмда газли идиш тавсирланган. Идишдаги босим P_1 , атмосфера босими эса P_0 , у ҳолда $P_1 > P_0$. Босимининг $P_1 - P_0$ фарқи натижасида суюқлик найчанинг ўнг томонида кўтарилади ва идишдаги ортиқча босим билан мувозанатлашади. Бундан қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$P_1 F = P_0 F + h F \rho g \quad (1.2)$$

бу тенгламадан

$$h = \frac{P_1 - P_0}{\rho g} \quad (1.3)$$



1.2 - расм.

Демак суюқлик устуни баландлиги идишдаги босимнинг фарқига тўғри пропорционал ва суюқликнинг зичлигига тескари пропорционалдир.

Агарда босимларнинг фарқи 1 бар деб қабул қилинса, унда найчани сумоб билан тўлиш баландлиги h қуйидагига тенг бўлади.

$$h = \frac{10 \times 10^4}{13595,10 \times 9,81} = 750,10 \text{ мм сумоб устуни.} \quad (1.4)$$

Бу ерда $\rho = 13595,10 \text{ кг/м}^3 - 0^0 \text{C}$ даги сумобнинг зичлиги; $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ эркин тушиш тезлиги.

Босимни ўлчаш учун **барометрлар** ёки **манометрлар**, сийракланишни ўлчаш учун **вакуумметрлар** ишлатилади. Барометр билан атмосфера босими, манометр билан эса атмосфера босимидан юқорн бўлган (ортиқча) босим ўлчанади. Атмосфера босимидан ортиқ бўлган босим ортиқча босим деб аталади.

Фақат абсолют босим ҳолатнинг термодинамиковий кўрсаткичи бўлиб ҳисобланади. Босимнинг абсолют нўлидан ёки абсолют сийракланишидан бошлаб ҳисобланадиган босимлар абсолют босим деб аталади. Абсолют босимни ўлчашда икки ҳолат бўлиши мумкин:

- 1) идишдаги босим атмосфера босимидан ортиқ;
- 2) идишдаги босим атмосфера босимидан кам.

Биринчи ҳолатда идишдаги абсолют босимни миқдори манометр билан барометр кўрсаткичларини йғиндисига тенг бўлади.

$$P_{абс} = P_{атм} + P_{изб} \quad (1.5)$$

Иккинчи ҳолатда идишдаги абсолют босим барометрнинг кўрсаткичидан вакуумметр кўрсаткичини йиғиндисига тенг бўлади.

$$P_{аб} = P_{орт} + P_{вак} \quad (1.6)$$

Ортиқча босим ва сийракланиш ҳолатнинг кўрсаткичини бўлиб ҳисобланмайди, чунки бир ҳил абсолют босимда атмосфера босимига нисбатан улар турлича қийматларга эга бўлиши мумкин.

Ҳарорат.

Ҳарорат жисмнинг исиш даражасини белгилаб, унинг молекулалари илгариланма ҳаракатини ўртача кинетик энергияси ўлчами ҳисобланади, яъни ҳарорат молекулаларнинг ҳаракатини ўртача жадаллигини белгилайди, молекуланинг ўртача ҳаракат тезлиги қанча кўп бўлса, жисмнинг ҳарорати шунча юқори бўлади. Агарда жисмларнинг молекулаларининг ҳаракатини кинетик энергияси турлича бўлган икки жисм бир бирига теккизилса молекуласини ўртача кинетик энергияси юқори бўлган жисм энергиясини молекуласини ўртача кинетик энергияси кам бўлган жисмга беради. Бу жараён икки жисмнинг молекулаларини кинетик энергияларининг тенглашгунича давом этади, яъни икки жисмнинг ҳароратларини тенглашгунича. Икки жисмнинг бундай ҳолати **иссиқлик турғунлиги** деб аталади.

Иссиқлик турғунлигида материянинг кинетик назарияси молекуланинг илгариланма ҳаракатнинг ўртача кинетик энергияси $mV^2/2$ ни идеал газнинг абсолют ҳарорати T билан боғлайди ва бу қийматлар тўғридан-тўғри ўзаро боғлиқлигини ўрнатади.

$$m\varpi^2/2 = \frac{3}{2}kT \quad (1.7)$$

Бу ерда m -молекуланинг массаси; ϖ^2 -молекуланинг илгариланма ҳаракатининг ўртача тезлигини квадрати; T -абсолют ҳарорат; $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ ж/град}$ - Болцман доимийлиги. Ҳароратнинг қиймати абсолют нол бўлганда молекуланинг иссиқлик ҳаракати тўхтайдди.

Ҳароратнинг ўлчаш учун техникада жисмларнинг турли хусусиятларидан фойдаланилади: **суюқлик термометрларда** жисмнинг исишидан кенгайиши; ўзгармас босимда ҳажмнинг ўзгариши ёки ўзгармас ҳажмда босимнинг ўзгариши, **газли термометрларда**; **қаршилик термометрларида** электр ўтказувчиларни исиганида қаршилигини ўзгариши; термопаралар занжирида, уларнинг учи совитилган ёки истилганда, электр юритувчи кучнинг ўзгариши.

Ҳароратларни ўлчашда иккита ҳарорат шкаласидан фойдаланилади: термодинамик ҳаракат шкаласи, бу шкала термодинамиканинг иккинчи қонунига асосланган; ҳалқаро амалий ҳарорат шкаласи, бу шкала термодинамик шкалани

реперли (таянчли) нуқталар ва интерполяцилаш тенгламаси ёрдамида амалий амалга оширмоқ ҳисобланади.

Ҳарорат иккала шкалада ҳам Келвин градусида ($^{\circ}K$) ва Целсий градусида ($^{\circ}C$) ўлчаниши мумкин.

Сувнинг суяқ, буғ ва қаттиқ фазаларини турғун ҳолати Келвин градуси бўйича $273,15^{\circ}K$, Целсий градуси бўйича $0,01^{\circ}C$ ҳароратга тўғри келадиган сувнинг учлик нуқтаси деб аталади.

Келвин градуси билан Целсий градусида ифодаланган ҳароратлари ўртасида қуйидагича боғлиқлик бор.

$$T^{\circ}K = 273,15 + t^{\circ}C$$

Абсолют ҳарорат ҳолат кўрсаткичи ҳисобланади, абсолют ҳарорат Келвин градусида ўлчанади. Абсолют ҳароратни градус шкаласи сон жихатида Целсий градус шкаласига тенг, яъни $dT=dt$.

4. Термодинамик жараён.

Бир жинсли жисмнинг ҳолатини термодинамик кўрсаткичлари P , V ва T бири бирига боғлиқ ва ўзаро маълум математик тенглама орқали $F(P, V, T)=0$ кўринишида боғланган. Бундай боғлиқлик термодинамикада **ҳолат тенгламаси** деб аталади.

Вақт, массаси ва таркиби бўйича ўзгармас ва бир жинсли содда тизимларни ҳолатини аниқлаш учун, агарда ҳолат тенгламаси маълум бўлса, урта ўзгарувчидан иккитасини билиш кифоя қилади.

$$P = f_1(V, T); \quad V = f_1(P, T); \quad T = f_1(V, P) \quad (1.8)$$

Агарда термодинамик тизим турган ташқи муҳитни шароити ўзгарса тизимнинг ҳолати ҳам ўзгаради. Бир турғун ҳолатдан иккинчи турғун ҳолатга ўтишида термодинамик тизимнинг ҳолатини ўзгаришини йғиндиси **термодинамик жараён** деб аталади.

Жисмнинг ҳажмини барча нуқталарида босими, ҳарорати, солиштира ҳажми ва бошқа ҳамма физик хусусиятлари бир ҳил бўлса жисмнинг ҳолатини **турғун (мувозанат) ҳолат** деб аталади.

Тизимнинг ҳолатини ўзгариш жараёни турғун бўлиши мумкин. Агарда жараён кечишида турғун ҳолатлардан ўтса бундай **жараённи турғун** деб аталади. Термодинамик тизимни турғун ҳолатини ва ҳолатининг ўзгаришини турғун жараёнини термодинамика биринчи галда кўриб чиқади. Фақат турғун ҳолатни ҳолат тенгламаси орқали миқдорий кўрсатилиши мумкин. Клапейрон, Клапейрон-Менделеев, Ван-дер-Ваалс тенгламалари ҳолатнинг содда тенгламалари ҳисобланади.

Турғун жараён ташқи шароитни чексиз секинлик билан ўзгаршида тизимнинг ҳолатини белгилувчи кўрсаткичларининг ўзгариши кўрсаткичларнинг миқдорига нисбатан чексиз кичик бўлганда содир бўлади. Масалан, цилиндрда газнинг тезлик билан кенгайишида ёки тезлик билан сиқишда ҳарорат ва босим ишчи жисмнинг

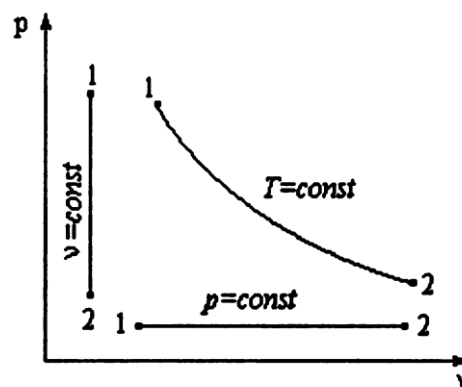
ҳажмини барча нуқталарида бир ҳил бўлмайди, яъни нотурғун ҳолатга эга бўлади, жараённинг ўзи эса **нотурғун бўлади**.

Ҳолат тенгламаси $F(V,P,T)=0$ математик нуқтаи назаридан уч ўқли координат тизими P , V , ва T га термодинамик сатх деб аталадиган айрим сатхларни ифодалайди. Термодинамик тизимнинг ҳолатини ўзгаришини турғун жараёнини (графикда) чизмада тасвирлаш мумкин.

Агарда термодинамик сатхни координата ўқиға параллел бўлган текисликлар билан кесилса сатхда қуйидаги чизиклар пайдо бўлади: $V = const$ текислик билан кесими P,T координатида босимни ҳароратга боғлиқ равишда ўзгариш жараёнини белгиловчи чизикни беради; бу чизик билан тасвирланадиган жараён ўзгармас ҳажмда кечади ва **изохорик жараён** деб аталади; $P=const$ бўлгандаги текислик билан кесими V, T координатада солиштирма ҳажмнинг ҳароратга боғлиқ равишда ўзгариш чизигини беради; бу чизик билан тасвирланадиган жараён ўзгармас босимда кечади ва **изобарик жараён** деб аталади; $T=const$ бўлгандаги текислик билан кесим P,V координатада босимни солиштирма ҳажмга боғлиқ равишда ўзгариш чизигини беради; бу чизик билан тасвирланадиган жараён ўзгармас ҳароратда кечади ва **изотермик жараён** деб аталади.

Турғун термодинамик жараёнларни тадқиқот қилиш учун техник термодинамикада икки ўқли P,V координат тизимидан фойдаланилади. Абсцисса ўқи солиштирма ҳажм, ордината ўқи эса босим ҳисобланади.

P,V координат тизимида тик чизик ўзгармас ҳажмдаги жараён изохорни тасвирлайди, горизонтал чизик ўзгармас босимдаги жараён изобарни тасвирлайди, гиперболола шаклидаги эгри чизик ўзгармас ҳароратдаги жараён изотермикни тасвирлайди (2.2-расм).



2.2-расм.

Термодинамик жараёнларни ўрганаётганда бекик ёки айланма жараёнлар муҳим аҳамиятга эга. Кетма-кет қатор ҳолатларни ўтиб бошланғич ҳолатига қайтиб келадиган тизим жараёни айланма жараён деб аталади. Айланма жараён цикл деб ҳам аталади.

Исталган термодинамик жараёнда ҳолат кўрсаткичларни ўзгариши жараённинг турига боғлиқ бўлмайди, унинг бошланғич ва охириги ҳолати билан

аниқланади. Шунинг учун исталган ҳолат кўрсаткичлари ҳолатнинг функцияси ҳам ҳисобланади.

Кўрсаткичлар тизимининг массасига боғлиқ ва боғлиқ бўлмаслиги мумкин. Ҳолатнинг кўрсаткичлари тизимининг массасига боғлиқ бўлмаса **интенсив кўрсаткичлар** деб аталади (босим, ҳарорат). Тизимининг массасига пропорционал бўлган **кўрсаткичлар аддитивли ёки экстенсивли кўрсаткичлар** деб аталади (ҳажм, энергия, энтропия ва б.).

5. Иссиқлик ва иш.

Жисмнинг термодинамиковий жараёнини кечишида иштирок этувчилари ўзаро энергия алмашадилар. Бунинг натижасида айрим жисмларнинг энергияси ошади, айримларини энергияси камаяди. Бир жисмдан бошқасига энергия узатиш жараёнини икки усул билан амалга ошириши мумкин.

Биринчи усулда энергия узатиш жисмларнинг тўғридан тўғри бир-бирига тегиши натижасида бўлади. Бунда ҳарорати турлича бўлган жисмларнинг молекулярининг ўзаро кинетик энергияларини алмашиш йўли билан амалга ошади. Молекуласини ўртача кинетик энергияси кўп бўлган жисмдан молекуласини ўртача кинетик энергияси кам бўлган жисмга энергия ўтади. Биринчи усулда бир жисмдан бошқа жисмга узатилган энергия миқдори **иссиқлик миқдори** деб аталади, усулни ўзи эса энергия узатиш иссиқлик кўринишида бўлади. Иссиқлик жоулларда ва киложоулларда ўлчанади. Ихтиёрий иссиқлик миқдорини Q , солиштирма иссиқликни эса q билан белгилаш қабул қилинган. Берилган иссиқлик мусбат, олинган иссиқлик манфий деб ҳисобланади.

Иккинчи усулда энергия узатиш куч майдонини ёки ташқи босимнинг мавжудлиги билан боғлиқ. Бу усулда энергияни узатиш учун жисм куч майдонида силжиши керак ёки ўзининг ҳажмини ташқи босим таъсиридан ўзгартириши керак. Энергиянинг бундай усулда узатилиши энергия **узатишни иш** кўринишида деб аталади, жараёнда берилган энергияни эса **иш** деб аталади.

Умумий ҳолда энергияни иссиқлик ва иш кўринишида узатилиши бир вақтда бўлиши мумкин.

Иш энергиянинг макрофизикавий кўринишидаги узатиши ҳисобланади, иссиқлик эса микрофизикавий жараёнларнинг йғиндиси ҳисобланади.

Иссиқлик ва иш миқдорлари энергиянинг ўлчамлари бўлиб, жисмни иш ва иссиқлик кўринишида узатишидир.

Элементар иш ql ва элементар иссиқлик dQ ҳолат кўрсаткичларини тўлиқ дифференциали бўлаолмайди ва уларни иссиқлик ва ишни кўпайиши деб айтиш мумкин эмас, ql ва dQ элементар жараёнда иштирок этувчи чексиз кичик иссиқлик ва иш. Шунинг учун оҳирги жараённи қуйидагича ёзиш мумкин эмас.

$$\int_1^2 dQ = Q_2 - Q_1 \quad \text{ва} \quad \int_1^2 dl = l_2 - l_1$$

1-2 ҳолат жараённинг кечиш шarti берилганда келтирилган иккита интегрални олиш мумкин. Шунинг учун интеграллашни фақат қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$\int_1^2 dQ = Q_{2-1} \quad \text{ва} \quad \int_1^2 dl = l_{2-1} \quad (1.9)$$

Мавзуга оид назорат саволлари.

1. Техниковий термодинамикада қандай масалалар кўрилади?
2. Қайси кўрсаткичлар термодинамик кўрсаткичларнинг асосийлари деб ҳисобланади?
3. Абсолют босим билан манометрик босимни фарқи нимадан иборат?
4. Қандай ҳарорат шкаллари мавжуд?
5. Термодинамик жараён нима?
6. Термодинамик тизм деб нимага айтилади?
7. Бир жисмда иккинчи жисмга энергия қандай кўринишда узатилади?
8. Турғун ҳолат деб нимага айтилади?