

# Кіріспе. Термодинамикалық жүйе, процесс және тепе-теңдік

№\_1\_ дәріс

2 академиялық сағат

Баймаханова Сауле Баймаханқызы

## Дәріс жоспары

1. Термодинамика анықтамалары және сыныптамасы
2. Термодинамиканың негізгі заңдары
3. Энергия түрлері және жұмысшы дене туралы ұғым
4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы
5. Термодинамикалық жүйе және процесс туралы анықтамалар
6. Термодинамикалық процестер түрлері және олардың геометриялық түсіндірілуі
7. Дене мен процестің тепе-теңдік күйі туралы ұғым
8. Термодинамикалық күй функциялары

# 1. Термодинамика анықтамалары және сыныптамасы

**Термодинамика** табиғаттағы химиялық, механикалық, физика-химиялық құбылыстар бөліктерін қамтиды, энергияның өзара өзгерісін зерттейді.

Термодинамика қазіргі кезеңде үш бөлімге бөлінеді:

*1. Жалпы термодинамика немесе физикалық термодинамика.* Қатты, сұйық, газтәріздес денелерде энергияның түрленуін, әр түрлі дененің сәулеленуін, магниттік және электр құбылыстары процестерін зерттейді, термодинамикалық шамалар арасындағы математикалық байланысты белгілейді.

*2. Химиялық термодинамика* – химиялық жылулықты, физика-химиялық процестерді, тепе-теңдік пен сыртқы жағдайдың тепе-теңдікке әсерін зерттейді.

*3. Техникалық термодинамика* – жылудың жұмысқа өзара түрленуінің заңдылықтарын қарастырады. Жылу және мұздатқыш машиналарда жүретін жылулық, механикалық және химиялық процестер арасындағы өзара байланысты орнықтырады, газ бен буда өтетін процестерді, әртүрлі физикалық жағдайларда осы денелердің қасиеттерін зерттейді.

## 2. Термодинамиканың негізгі заңдары

Термодинамика негізгі екі заңға жүгінеді – термодинамика бастауларына.

*-Термодинамиканың бірінші бастауы – энергияның түрлену және сақталу заңын көрсетеді.*

*Термодинамиканың екінші бастауы – бөлшектердің көп мөлшерінен тұратын жүйелердегі макроскопиялық процестердің бағытын, олардың жүзеге асу шарттарын анықтайды. Сондықтан, екінші бастауы шектеулі қолданылады.*

# 3. Энергия түрлері және жұмысшы дене туралы ұғым

Табиғатта энергия отынның, судың, желдің, күннің, ядролық энергия түрінде болады.

Туынды және түзілетін энергия:

- отынды жағу арқылы жылу энергиясын аламыз, ол негізінен денелерді қыздыруға пайдаланылады.
  - станоктарды, машиналарды, ұшақтарды және т.б. қозғалысқа келтіру үшін механикалық энергия талап етіледі. Ол отын жанған кезде бөлінетін жылуды механикалық энергияға түрлендіретін қозғалтқыштардан алынады.
  - қозғалыстағы судың, желдің, жылулық және ядролық энергияны электр энергиясын алу үшін қолданады; энергияның бұл түрі техникада, тіршілікте кеңінен қолданылады, оны қашықтыққа жеткізу оңай, сымдар көмегімен.
- Электрэнергиясын арнайы машиналар мен аппараттарда қайтадан жылулық немесе механикалық энергияға түрлендіруге болады.

## 4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы

- Дененің физикалық күйі, осы күйді сипаттайтын кейбір шамалармен анықталады, олар – күй параметрлері. Бірқатар шамалар күй параметрлері бола алады: меншікті көлем, абсолюттік қысым, абсолюттік температура, ішкі энергия, энтальпия, энтропия, концентрация, изохора-изотермиялық потенциал және т.б.
- Күш өрісі болмаған кезде (гравитациялық, электрмагниттік және т.б.) біртекті дененің күйі тек үш параметрмен ғана анықталады. Олар техникалық термодинамикада:
  - меншікті көлем,
  - абсолюттік температура,
  - қысым.
- Бұл үш параметр, **негізгілер** деп аталады, олар тәуелсіз шамалар емес және өзара белгілі бір математикалық тәуелділіктермен байланысады.

## 4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы

**Біртекті заттың меншікті көлемі** – көлемнің массаға қатынасымен анықталатын шама, өлшем бірлігі – м<sup>3</sup> /кг :

$$v = V/m, \quad (1)$$

мұндағы  $V$  - зат мөлшерінің көлемі, м<sup>3</sup>  
 $m$  – осы заттың массасы, кг.

**Заттың тығыздығы** - массаның көлемге қатынасымен өлшенетін шама, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = m/V. \quad (2)$$

Меншікті көлем тығыздыққа кері шама, яғни:

$$v = 1/\rho; \quad \rho = 1/v; \quad v\rho = 1.$$

#### 4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы

- **Қысым** - Молекулярлық-кинетикалық теория тұрғысынан карағанда, қысым үздіксіз хаосты қозғалыста болатын газ молекуласының ыдыс қабырғасына соқтығысуының орташа нәтижесі және күштің қабырғаға перпендикуляр құраушысының бет ауданына қатынасымен анықталады, яғни

$$p = F_n / A$$

мұндағы  $p$  – қысым;

$F_n$  – нормальді құраушы күш;

$A$  – әсер етуші күшке перпендикуляр беттің ауданы

Қысым  $\text{н/м}^2$  немесе  $\text{Па}$  өлшенеді.



## 4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы

- Күйдің термодинамикалық параметрі тек абсолюттік қысым болады, яғни қысымның абсолюттік нөлінен немесе абсолюттік вакуумнан есептелетін қысым.

Абсолюттік қысымды анықтау екі жағдайда жүреді:

- 1) Ыдыстағы қысым атмосфералықтан жоғары және
- 2) Ол атмосфералықтан төмен.

- **Бірінші жағдайда** ыдыстағы абсолюттік қысым манометр мен барометрдің көрсеткіштері қосындысына тең :

$$P_{абс} = P_{арт} + P_{атм} \quad (3)$$

Егер барометрлік қысымның шамасы белгісіз болса, онда қысымды бармен өлшегенде абсолюттік қысым

$$P_{абс} \approx P_{арт} + 1 \text{ – ге тең.} \quad (4)$$

- **Екіншіде** – барометрдің көрсеткішінен вакуумметр көрсеткіші алынады:

$$P_{абс} = P_{атм} - P_{вак} \quad (5)$$

## 4. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері туралы ұғым және олардың математикалық сипатталуы

Температура дененің қызу дәрежесін сипаттайды, молекулалар қозғалысының орташа қарқындылығын көрсетеді. Қаншалықты молекула қозғалысының жылдамдығы жоғары болса, дененің температурасы да жоғары болады. Молекуланың үдемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы  $mw^2/2$  мен абсолюттік температура арасында тікелей байланыс бар:

$$mw^2/2 = 3/2kT, \quad (6)$$

мұндағы  $m$  – молекула массасы;  $w$  – молекуланың үдемелі қозғалысының орташа квадраттық жылдамдығы;  $T$  – абсолюттік температура;  $k$  – Больцман тұрақтысы, ол  $1,38 \cdot 10^{23}$  Дж/К тең.

Абсолюттік температура әр қашанда оң шама. Температура  $T=0$  кезінде молекулалардың жылулық қозғалысы тоқтайды ( $w = 0$ ). Бұл шекті минимал температура және абсолюттік температураны есептеудің бастамасы. Техникада температураны өлшеу үшін денелердің әртүрлі қасиеттері қолданылады.

## 5. Термодинамикалық жүйе және процесс туралы анықтамалар

- Құбылыстарды термодинамикалық зерттеу кезінде, зерттеу объектісі ретінде денелердің бір тобы, не дене бірлігі немесе оның бір бөлігі алынады. Зерттелінетін объект **термодинамикалық жүйе**, ал одан сырт жатқандар – **қоршаған орта** деп аталады. **Термодинамикалық жүйе**— бір-бірімен де, қоршаған ортамен де энергия алмастыратын макроскопиялық денелердің жиынтығы.
- Егер термодинамикалық жүйе қоршаған ортамен ешқандай әрекетке түспесе, онда ол **оқшауланған** немесе **тұйықталған жүйе**.
- Қоршаған ортамен жылуалмасу болмайтын, адиабаттық қауызбен қоршалған жүйе **жылуоқшауланған** немесе **адиабаттық жүйе** деп аталады.
- Өзінің барлық бөліктерінде бірдей құрам мен физикалық қасиеттерде болатын жүйе **физикалық біртекті жүйе** деп, ал ішінде бөліну беттігі жоқ біртекті термодинамикалық жүйе **гомогенді** (мысалы: мұз, су, газдар), ал әртүрлі физикалық қасиеттері бар, бірнеше макроскопиялық бөлшектерден тұратын, бір-бірінен көрінетін бөліну беттерімен ажыратылған жүйе (мысалы: мұз бен су, су мен бу және т.б.) **гетерогенді** деп аталады.

## 5. Термодинамикалық жүйе және процесс туралы анықтамалар

- Басқа бөліктерінен бөлінудің көрінетін беттіктерімен дараланған жүйенің гомогенді бөлігі фаза деп аталады.
- Фазаларының санына қарай гетерогендік жүйелер екіфазалы және үшфазалы (газ тәріздес, сұйық және қатты күй) бола алады. Термодинамикалық жүйенің компоненті – деп кез келген химиялық біртекті жүйені атауға болады.

## 5. Термодинамикалық жүйе және процесс туралы анықтамалар

Біртекті дене күйінің негізгі термодинамикалық параметрлері  $p$ ,  $v$  және  $T$  бір-біріне тәуелді және өзара математикалық теңдеумен өрнектеледі:

$$f(p, V, T)=0, \quad (7)$$

оны термодинамикада күй теңдеуі деп атайды.

Егер, күй теңдеуі белгілі болса, онда қарапайым жүйенің күйін анықтау үшін – біртектілер және уақыт, масса, құрамы бойынша тұрақтылар (бірфазадан тұратын және химиялық өзгермейтін) – үшеудің ішінен екі тәуелсіз ауыспалыны білу жеткілікті:

$$P=f_1(v, T); \quad v=f_2(p, T); \quad T= f_3(v, P) \quad (8)$$

Егер термодинамикалық жүйенің сыртқы жағдайы өзгерсе, онда жүйенің күйі де өзгереді. Термодинамикалық жүйенің бір тепе-теңдік күйден екінші тепе-теңдік күйге өтуі кезіндегі күй өзгерісінің жиынтығы термодинамикалық процесс деп аталады. Егер процесс тепе-теңдікті күйде өтсе, онда ол тепе-теңдікті процесс.

## 5. Термодинамикалық жүйе және процесс туралы анықтамалар

- Дененің тепе-теңдікті күйі – оның көлемінің барлық нүктелерінде қысымның, температураның, меншікті көлемнің және басқа физикалық қасиеттердің бірдей болуы.
- Жүйе күйінің өзгеру процесі тепе-теңдікті және тепе-теңдіксіз бола алады.
- Егер процесс тепе-теңдікті күй арқылы өтсе, онда ол тепе-теңдікті.
- Нақты процестердің тепе-теңсіздігі, олардың сыртқы жағдайлар әсерінен түпкілікті жылдамдықпен өтуімен және жұмысшы денеде тепе-теңдікті күйдің орнығып үлгермеуімен анықталады.
- **Мысалы:** цилиндр поршені астындағы газдың жылдам кеңеюі мен сығылуы кезінде жұмысшы дененің көлеміндегі әртүрлі нүктелердегі температура мен қысым бірдей болмайды, яғни тепе-теңсіз күй орын алады, ал процесс тепе-теңсіз болады.

# 6. Термодинамикалық процестер түрлері және олардың геометриялық түсіндірілуі

## Термодинамикалық процестер түрлері:

Күй теңдеуі  $f(p, v, T) = 0$  жүйенің үш осьті координатасында  $p$ ,  $v$  және  $T$  кейбір бетті сипаттайды, бұл беттік термодинамикалық бет деп аталады.

Егер термодинамикалық бетті координата өстеріне параллель жазықтықтармен қиса, онда бетте қисықтар пайда болады:

- $v = \text{const}$  жазықтығымен қимасы  $p$ ,  $T$  координаталарындағы температураға тәуелді қысымның өзгеру процесін сипаттайтын түзуді береді; осы түзумен сипатталатын процесс тұрақты көлемде өтеді және изохоралық деп аталады  $p = f(T)$ ;
- $p = \text{const}$  жазықтығымен қимасы  $v$ ,  $T$  координаталарындағы температураға тәуелді көлемнің өзгеру процесін сипаттайтын түзуді береді; осы түзумен сипатталатын процесс тұрақты қысымда өтеді және изобаралық деп аталады  $v = f(T)$
- $T = \text{const}$  жазықтығымен қимасы изотермиялық деп аталады  $P=f(v)$  көрсетеді.

## 6. Термодинамикалық процестер түрлері және олардың геометриялық түсіндірілуі

- Техникалық термодинамикада тепе-теңдікті термодинамикалық процестерді зерттеу үшін көбінесе екі өсті  $p, v$  координат жүйесі пайдаланады: абсцисса өсі бойынша меншікті көлем, ал ордината өсі бойынша қысым салынады.
- $p, v$  – координат жүйесіндегі
  - тік сызық тұрақты көлемдегі изохорлы процесті,
  - көлбеу сызық тұрақты қысымдағы изобарлық процесті, ал
  - қисық гиперболола түріндегі сызық (газ тәріздес күй үшін) температура тұрақты болған кездегі изотермиялық процесті көрсетеді.
- Термодинамикалық процестерді зерттеу кезінде тұйықталған немесе айналымды деп аталатын процестер ерекше орын алады, бұл кезде жүйе бірқатар бірізді күйлерден өте отырып, бастапқы күйге қайта оралады. Айналымды процесс цикл деп аталады. Параметрлер жүйенің массасына тәуелді де, тәуелсіз де бола алады. Жүйенің массасына тәуелді емес күй параметрлері *қарқынды параметрлер* (қысым, температура, т.б.), ал мәні жүйенің массасына пропорционал болатын параметрлер *аддитивтік* немесе *экстенсивтік* параметрлер (көлем, энергия, энтропия және т.б.) деп аталады.



# Бақылау сұрақтары:

1. Техникалық термодинамика пәні және оның маңызы.
2. Термодинамика неше бөлімге бөлінеді?
3. Термодинамиканың бірінші бастауы?
4. Термодинамиканың екінші бастауы нені белгілейді?
5. Жұмысшы дене, анықтамасы.
6. Күйдің негізгі термодинамикалық параметрлері.
7. Термодинамикалық жүйе деген не?
8. Термодинамикалық процеске анықтама беріңіз.
9. Тепе-теңдікті және тепе-теңдіксіз термодинамикалық процестер.
10. Термодинамикалық тепе-теңдік.
11. Термодинамикалық процестің графикалық кескіні.
12. Термодинамикалық процестер күйінің функциялары.