

Siltums

Absolūtā nulle - teorētiski viszemākā iespējamā temperatūra - $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ķermeņa iekšējā enerģija - visu ķermeņa molekulu kopējo kinētiskās un potenciālās enerģijas summu sauc par ķermeņa iekšējo enerģiju.

Siltumkustība - ķermeņa molekulu haotisko kustību sauc par siltumkustību, jo molekulu kustības ātrums ir atkarīgs no temperatūras.

Siltuma apmaiņa - ja ķermeņi ar dažādu temperatūru nonāk ciešā saskarē, tad ķermeņi ar augstāku temperatūru atdod daļu siltumenerģijas ķermeņiem ar zemāku temperatūru.

Siltuma apmaiņas veidi:

siltumvadīšana - enerģija pāriet no siltākā ķermeņa uz aukstāko tiešā saskarē, vai no ķermeņa siltākās daļas uz aukstāko. (Pati viela nepārvietojas! Enerģiju pārnes daļiņu sadursmes.)

konvekcija - enerģiju pārnes vielas kustība šķidrumos un gāzēs. Enerģiju pārnes pati viela.

siltuma starojums - enerģiju pārnes infrasarkanā starojuma - elektromagnētisko viļņu veidā. Šo starojumu izstaro visi ķermeņi, kuru temperatūra ir augstāka par apkārtējās vides temperatūru.

Temperatūra - fizikāls lielums, kas raksturo ķermeņu sasiluma pakāpi. Temperatūras mērīšanai izmanto: Celsija skalu un Celsija grādus ($^{\circ}\text{C}$). 0°C ir ledus kušanas temperatūra, un 100°C ir ūdens vārīšanās temperatūra pie 760 mm Hg spiediena.

Fārenheita skalu (ASV un c.). Ledus kušanas temperatūra 32°F , ūdens vārīšanās temperatūra 212°F .

Kelvina skalu (zinātnē). 0 K - teorētiski viszemākā iespējamā temperatūra jeb $-273,15^{\circ}\text{C}$. Kelvina grāds 1 K ir vienāds Celsija grādu 1°C .

Siltuma daudzums - enerģiju, ko ķermenis atdod atdziestot vai saņem sasilstot, sauc par siltuma daudzumu. Apzīmē ar Q un mēra enerģijas vienībās J .

Termodinamiskais līdzsvars - ja noteiktā telpas apgabalā nonāk ķermeņi ar dažādam temperatūrām, tad starp viņiem notiek siltuma apmaiņa, līdz temperatūras izlīdzinās un iestājas siltuma vai termodinamiskais līdzsvars. (No ledusskapja saldējamās kameras izņemts un virtuvē atstāts saldējums, automātā uzvārīta un telpā atstāta kafijas tase.)

Vielas īpatnējā siltumietilpība - rāda, kāds siltuma daudzums jāpievada 1 kg vielas, lai tās temperatūru izmainītu par 1 K ($1^{\circ}\text{C}=1\text{ K}$) **Apzīmē ar c** . Mērvienība $\text{J/kg}\cdot\text{K}$

Ķermeņa siltumietilpība - rāda, kāds siltuma daudzums jāpievada ķermenim, lai tā temperatūru izmainītu par 1 K . **Apzīmē ar C** . Mērvienība J/K .

Par **siltumapmaiņu** sauc siltumenerģijas izplatīšanās procesu ķermeņos vai ķermeņu sistēmās. Siltumapmaiņa var notikt trīs veidos: siltuma **vadīšana**, siltuma **starojums** un **konvekcija**. Visi trīs uzskatāmi parādīti attēlā.



Konvekcija ir siltumapmaiņa, kas notiek vienlaikus ar vielas pārneš.

Konvekcijas cēlonis ir temperatūras, blīvuma vai spiediena starpība. Tā ir iespējama šķidrumos un gāzēs. Konvekcija notiek, sajaucoties un pārvietojoties lielām molekulu grupām. Izšķir brīvo konvekciju, kad sajaukšanās notiek patvaļīgi un piespiedu konvekciju, piemēram, ar sūkņiem vai ventilatoriem.

Brīvā konvekcija notiek atsevišķu šķidruma vai gāzes daļiņu nevienmērīgas sasilšanas rezultātā. Vairāk sasildās daļiņas, kurām ir augstāka temperatūra, ir ar mazāku blīvumu, kā rezultātā tās ceļas uz augšu.

Siltumapmaiņu konvekcijas ceļā starp cietu ķermeni un šķidrumu vai gāzi sauc par **siltumatdevi**.

Siltumatdevi starp diviem siltumnesējiem caur atdalošo sienību sauc par **siltumpāreju**.

Siltuma vadīšana ir siltumapmaiņa, kas notiek vielās temperatūru starpības dēļ.

Siltuma vadīšana iespējama cietos, šķīdros un gāzveida ķermeņos. Tā notiek, **saskaroties atomiem un molekulām**.

Apgabalos ar sākotnēji atšķirīgu temperatūru siltuma vadīšanas ceļā izlīdzinās vielas daļiņu siltumkustības intensitāte.

Siltuma starojums ir elektromagnētiskais starojums, ko izstaro sakarsēti ķermeņi un kas nodrošina siltumapmaiņu arī vakuumā.

Piemēram, Zeme saņem siltuma starojumu no Saules.

Jebkurš ķermenis, kura temperatūra ir lielāka par absolūto nulli ($T > 0 \text{ K}$), izstaro siltuma enerģiju infrasarkanā staru veidā.

Jo augstāka temperatūra, jo vairāk siltuma tiek izstarots. Ķermeņa virsma savukārt absorbē to siltumu, ko izstaro citi ķermeņi. Tas nozīmē, ka siltumapmaiņa notiek arī starp ķermeņiem, kam ir vienāda virsmu temperatūra.

Ķermenis ir saņēmis vai atdevis noteiktu enerģijas daudzumu - siltuma daudzumu. Šo siltuma daudzumu var aprēķināt pēc sakarības:

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

c - vielas īpatnējā siltumietilpība, $\text{J/kg}\cdot\text{K}$

m - ķermeņa masa, kg

t_2 - ķermeņa temperatūra siltumapmaiņas procesa beigās, $^{\circ}\text{C}$

t_1 - ķermeņa temperatūra siltumapmaiņas procesa sākumā, $^{\circ}\text{C}$

Ja aprēķinu rezultātā iegūts negatīvs rezultāts - tas nozīmē vienīgi to, ka ķermenis siltumu atdevis!

$$Q = cm \Delta t \text{ vai } Q = cm \Delta T.$$

Ķermeņa siltumietilpību C aprēķina: **$C = cm$**

$$Q = C \Delta t \text{ vai } Q = C \Delta T$$

Ja ķermeņa iekšējo enerģiju palielina ar **sildītāja palīdzību**, var noderēt **kurināmā sadegšanas siltuma** aprēķināšanas formula:

$$Q = \eta qm$$

η - sildītāja lietderības koeficients, procenti pārveidoti
decimāldaļā

q - kurināmā īpatnējais sadegšanas siltums, J/kg

m - kurināmā masa, kg

Q - sildītāja atdotais siltuma daudzums ķermenim, J

Siltuma bilances vienādojums:

Ja siltumapmaiņa notiek starp vairākiem ķermeņiem, tad siltuma daudzums, ko vieni ķermeņi atdod ir vienāds ar siltuma daudzumu, ko citi saņem. Matemātiski šo vienādojumu pieraksta šādi:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

Dažos gadījumos šo vienādojumu vienkāršāk pierakstīt formā:

$$Q_{\text{atd.}} = Q_{\text{saņ.}}$$

1. Ķermeņa kinētiskās enerģijas pāreja iekšējā enerģijā:

Ja ķermenis atrodas kustībā un kāda iemesla dēļ tas apstājas, tad ķermeņa kinētiskā enerģija pāriet tā iekšējā enerģijā - uzsilda ķermeni:

$$\begin{aligned} W_k &= Q \Rightarrow \\ \frac{mv^2}{2} &= cm(t_2 - t_1) \Rightarrow \\ v^2 &= 2c(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

v - ķermeņa kustības ātrums, m/s

m - ķermeņa masa, kg

c - ķermeņa īpatnējā siltumietilpība, J/kg·K

t_1, t_2 - ķermeņa sākuma un beigu temperatūras, °C vai K.

Ja procesā iekšējā enerģijā pāriet tikai daļa η no iekšējās enerģijas, tad

$$\eta \frac{mv^2}{2} = cm(t_2 - t_1) \Rightarrow \eta v^2 = 2c(t_2 - t_1)$$

Piemēram: lodes trieciens pret nekustīgu šķērsli vai izlidošana cauri šķērslim (kinētiskās enerģijas izmaiņa pāriet siltumā), bremžu kluču sakaršana, nobremzējot transporta līdzekli, divu ķermeņu absolūti neelastīga sadursme u.c.

2. Ķermeņa **potenciālās enerģijas** izmaiņas pāreja iekšējā enerģijā:

$$\begin{aligned} \Delta W_p &= Q \Rightarrow \\ mgh &= cm(t_2 - t_1) \Rightarrow \\ gh &= c(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

g ir brīvās krišanas paātrinājums, $g=9,8 \text{ m/s}^2$

h = augstums, no kura krīt ķermenis, m

Ja procesā iekšējā enerģijā pāriet tikai daļa η no iekšējās enerģijas, tad
 $\eta gh = c(t_2 - t_1)$

Piemēram: ķermenis krīt no augstuma h un atduras pret nekustīgu šķērsli.

3. **Ārēja spēka veikta darba** rezultātā var pieaugt ķermeņa iekšējā enerģija:

$$\begin{aligned} A &= Q / A = Fl / \Rightarrow \\ Fl &= cm(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

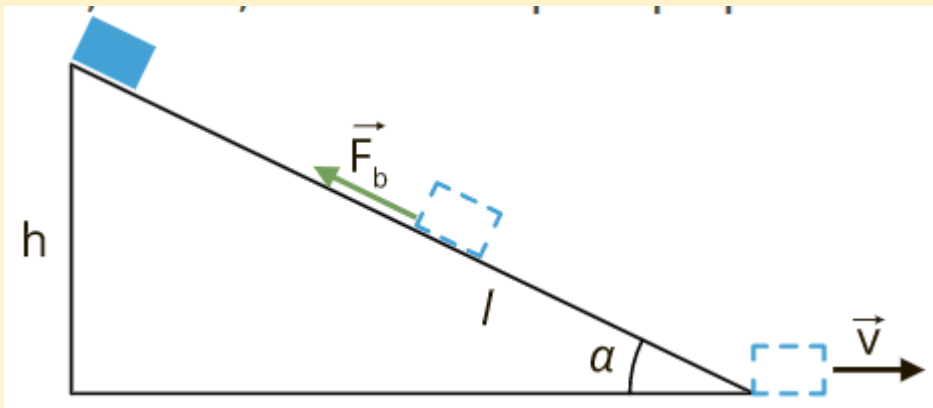
A - ārēja spēka veiktais darbs, J

F - spēks, kurš veic darbu, N

l - attālums, kurā spēks darbojas uz ķermeni, m.

piemēram: vada locīšanas gadījumā sasilst locījuma vieta u.c.

4. Ķermeņa slīdēšana pa slīpo plakni.



ķermeņa potenciālā enerģija tiek izmantota berzes spēka darba veikšanai un kinētiskās enerģijas piešķiršanai

$$\begin{aligned}W_p &= A_{Fb} + W_k \\W_p &= Q + W_k \\mgh &= F_b l + \frac{mv^2}{2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}mgh &= cm(t_2 - t_1) + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \\gh &= c(t_2 - t_1) + \frac{v^2}{2} \\F_b l &= cm(t_2 - t_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu mg \cos \alpha l &= cm(t_2 - t_1) \\\mu g \cos \alpha l &= c(t_2 - t_1) \\\eta \mu g \cos \alpha l &= c(t_2 - t_1)\end{aligned}$$

h - slīpās plaknes augstums, m

μ - slīdes berzes koeficients,

η - kāda daļa no berzes spēka darba pāriet siltumā, % vai decimāldaļa

α - leņķis, ko slīpā plakne veido ar pamatu.

Ideālas gāzes iekšējās enerģijas aprēķināšanas sakarības

Vienatoma gāzes (He, Ne, Ar, Kr, Xe) vienas molekulas siltumkustības vidējā kinētiskā enerģija ir:

$$W_{1k} = \frac{3}{2}kT$$

k - Bolcmaņa konstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
 T - gāzes temperatūra, K.

Ideālas gāzes modelī netiek ņemta vērā molekulu mijiedarbības enerģija un tāpēc ideālas gāzes iekšējā enerģija ir vienāda ar visu molekulu kopējo kinētisko enerģiju:

$$U = W_k + W_p$$

$$U = W_k$$

Ja zināms gāzes molekulu skaits N , tās masa m , molmasa M vai daudzums $\frac{m}{M}$, tad kopējo vienatoma ideālas gāzes iekšējo enerģiju var aprēķināt:

$$U = NW_{1k} = \frac{3}{2}NkT = \frac{3}{2}\frac{m}{M}N_A kT = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT$$

$\frac{m}{M}$ - gāzes daudzums, mol

N_A - Avogadro skaitlis, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ - molekulu skaits vienā molā vielas

$$N = \frac{m}{M}N_A$$

$$R = N_A k$$

R - gāzu universālā konstante, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Divatomu gāzēm (H_2 , O_2 , N_2 u.c.) palielinās molekulu kustības brīvības pakāpju skaits un līdz ar to arī iekšējā enerģija. Vienkāršākajā gadījumā šādas gāzes iekšējo enerģiju aprēķina pēc sakarības:

$$U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} RT$$

Izmantojot Mendelējeva - Klapeirona un iekšējās enerģijas aprēķināšanas sakarības varam iegūt vienkāršu formulu iekšējas enerģijas aprēķināšanai (piemērā vienatoma gāzei):

Izteiksmi $\frac{m}{M} RT$ enerģijas aprēķināšanas formulā aizstājam ar pV :

$$\begin{cases} pV = \frac{m}{M} RT \\ U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT \end{cases} \Rightarrow U = \frac{3}{2} pV$$

Gāze var veikt darbu tikai tad, ja tā maina tilpumu.

Termodinamikā pieņemts:

gāzes darbu uzskatīt par pozitīvu, ja gāze, veicot darbu, izplešas - $A > 0$;

gāzes darbu uzskatīt par negatīvu, ja ārēju spēku iedarbībā gāze tiek saspiesta - $A < 0$.

Mainoties gāzes tilpumam, iespējams, mainās arī citi gāzes termodinamiskie parametri: spiediens p un temperatūra T . Tādēļ vienkāršāk gāzes darbu ir aprēķināt kādā no izoprocesiem.

Gāzes darbs izobāriskā procesā, gāzei izplešoties - spiediens p nemainīgs.

izobāriskā procesā ir:

$$A = p\Delta V.$$

$$A = \frac{m}{M}R\Delta T$$

R - gāzu molārā konstante, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}.$

Gāzes darbs izotermiskā procesā - nemainīga gāzes temperatūra T .

$$A = \frac{m}{M}RT \ln \frac{V}{V_0}$$

kur:

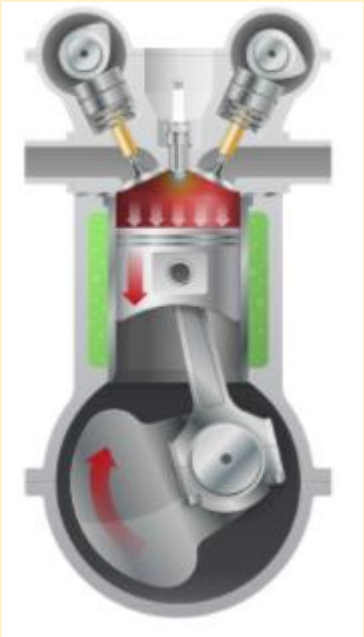
$\ln \frac{V}{V_0}$ - naturālā logaritma vērtība no tilpumu attiecības.

Gāzes darbs izohoriskā procesā: $A=0$.

Gāze darbu nedara, jo tās tilpums nemainās.

Darbs termodinamikā

Siltumprocesā darbs tiek veikts tad, ja gāze pārvieto kādu ķermeni.



Piemēram, **dzinēja cilindrā gāze pārvieto virzuli**. Šādā gadījumā mainās gāzes tilpums V , bet ķermeņa kustību izraisa gāzes spiediena radītais spēks.

Tieši spiediens un lielums tiek lietoti, lai izteiktu gāzes darbu matemātiski.

Gāzes darbu aprēķina pēc formulas $A = p * \Delta V$, kur

A – darbs,

p – spiediens,

ΔV – tilpuma izmaiņa.

Pieņemts: $A < 0$, ja darbu veic ārējie spēki, un $A > 0$, ja gāze pati veic darbu

Ja gāzei pievada siltuma daudzumu Q , tad gāze var veikt darbu A un tai var palielināties iekšējā enerģija ΔU .

$$Q = \Delta U + A$$

Šo sakarību sauc **par pirmo termodinamikas likumu**.

Šo likumu mēdz saukt arī par enerģijas nezūdamības likumu, jo tas nosaka, ka enerģija var pāriet no viena veida citā, bet tā nevar pazust vai rasties klāt no jauna.

Ja starp gāzi un tās apkārtni nenotiek siltumapmaiņa ($Q=0$), tad procesu sauc par **adiabātisku** un pirmais termodinamikas likums ir: **$A = -\Delta U$** .

Process	Nosacījums	1. Termodinamikas likums
Izotermisks	$T = \text{const} \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$	$Q = A$
Izohorisks	$V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$	$Q = \Delta U$
Izobārisks	$p = \text{const}$	$Q = \Delta U + A$
Adiabātisks	$Q = 0$	$0 = Q = \Delta U + A,$ $A = -\Delta U$

Sildot cietas vielas un šķidrumus, to tilpums mainās maz, tāpēc iekšējās enerģijas izmaiņa ΔU ir vienāda ar pievadīto siltuma daudzumu Q , ko parasti aprēķina ar sakarību:

$$Q = cm\Delta T, \text{ kur}$$

Q – siltuma daudzums, c – vielas īpatnējā siltumietilpība, m – ķermeņa masa, ΔT – temperatūru starpība.

Adiabātisks process

Dabā un tehnikā ir procesi, kuri notiek ļoti strauji (piemēram - sprādzieni). Šādos procesos nenotiek gāzes siltuma apmaiņa ar apkārtējo vidi (nepaspēj notikt). Termodinamikā šādus procesus sauc par **adiabātiskiem**.

Izmantojot 1. termodinamikas likumu $Q=A+\Delta U$ un ievērojot, ka $Q=0$, jo siltumapmaiņa ar apkārtējo vidi nenotiek, iegūstam:

$$A = -\Delta U$$

Varam secināt, ka gāze veic darbu uz savas iekšējās enerģijas rēķina. Veicot darbu, samazinās gāzes iekšējā enerģija - tātad samazinās arī gāzes temperatūra.

Piemēram: atverot šampanieša pudeli ar "sprādzienu", pavērojiet sīkus miglas pilieniņus pudeles kakliņā - gāze atdziestot kondensējusies sīkos pilieniņos.

Adiabātisks process iespējams arī gadījumā, ja darbu ar gāzi veic ārēji spēki. Ja ārējo spēku darbs, saspiežot gāzi, ir A , tad gāzes darbs uzskatāms par $-A$ (negatīvs). Tā kā siltumapmaiņa ar apkārtējo vidi nenotiek $Q = 0$, tad 1. termodinamikas likums šim gadījumam ir:

$$0 = -A + \Delta U \text{ vai:}$$

$A = \Delta U$, kas savukārt nozīmē, ka ārējo spēku darbs palielina gāzes iekšējo enerģiju - tātad arī temperatūru. Tuvinājumā par šādu procesu var uzskatīt dīzeļdzinēja darbību - ļoti ātri saspiežot cilindrā iesūkņēto gaisu, tā temperatūra ir pieaugusi līdz tādai, kas liek uzliesmot tur iesmidzinātai degvielai.

Arī intensīvi, ar rokas sūkni pumpējot velosipēda riepu, varam konstatēt, ka sasilst sūkņa cilindrs.

Siltuma mašīnas - iekārtas, kas cikliskā procesā, patērējot siltuma daudzumu, pastrādā mehānisku darbu vai, izmantojot ārēja spēka darbu, pārvieto siltuma daudzumu no ķermeņa uz apkārtējo vidi vai citu ķermeni.

Pie **siltuma mašīnām pieder:**

- a) **siltuma dzinēji** - kuros vielas (degvielas) iekšējo enerģiju pārvērš mehāniskajā enerģijā - lietderīgā darbā (iekšdedzes un reaktīvie dzinēji, tvaika mašīnas)
- b) **dzesēšanas iekārtas** - ar kompresoru saspiesta un sašķidrināta gāze, iztvaikojot, patērē dzesējamās kameras siltumu - tādējādi pazeminot kameras temperatūru. Lai cikls atkārtotos, gāzi atkal saspiež, sašķidrina. Kompresora veiktā darba un kondensācijas rezultātā izdalīto siltuma daudzumu atdod apkārtējai videi. (ledusskapji, saldējamās kameras, vitrīnas u. c.)
- c) **siltuma sūkņi** - dzesēšanas iekārtu var izmantot siltuma "sūknēšanai" no apkārtējā gaisa, zemes virskārtas slāņiem vai ūdenskrātuvēm uz apsildāmo telpu.

Katrai **siltuma mašīnai** ir trīs galvenās sastāvdaļas:

- a) **sildītājs** - iekārta, kas piegādā siltuma daudzumu Q_1 darba vielai,
- b) **darba viela** - gāze, tvaiks, kas saņemot siltuma daudzumu Q_1 , izplešas un veic darbu A ,
- c) **dzesētājs** - lai siltuma mašīnu atgrieztu cikla sākumā ar mazāku enerģijas patēriņu, darba viela ir jāatdzesē, no tās aizvadot siltuma daudzumu Q_2 .

Siltuma dzinēju veikto darbu A no enerģētiskā viedokļa varam atrast kā starpību starp sildītāja atdoto siltuma daudzumu Q_1 un dzesētāja saņemto siltuma daudzumu Q_2

$$A = Q_1 - Q_2$$

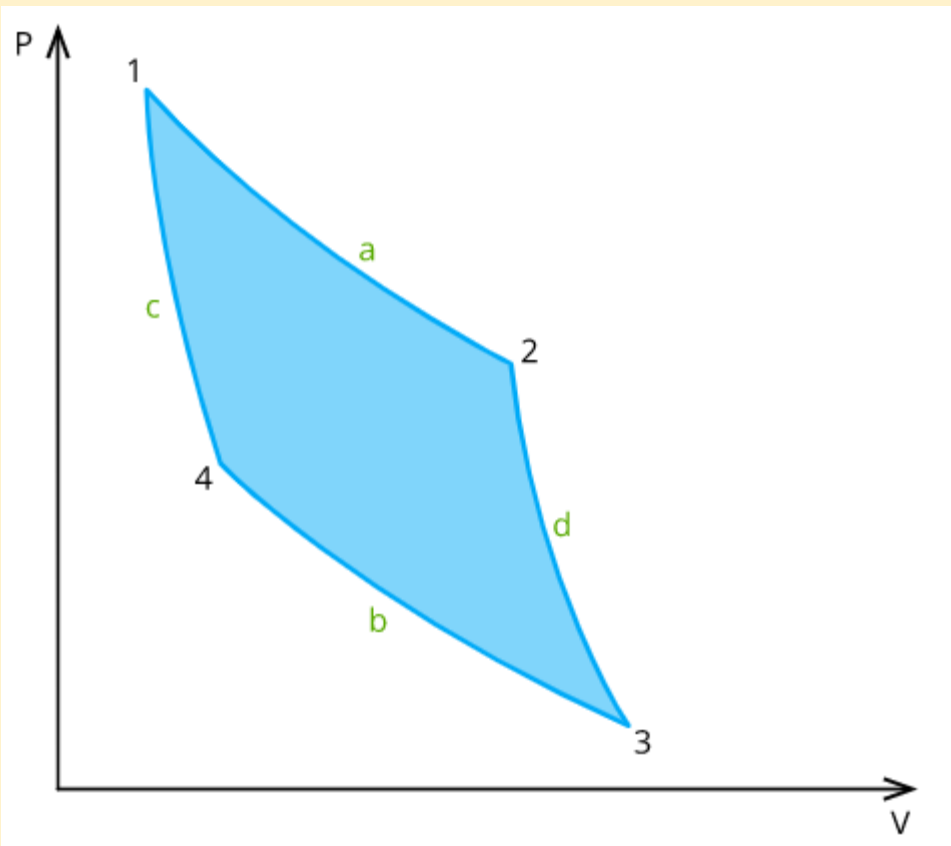
Dzesēšanas iekārtās darba viela no saldējamās kameras saņem siltuma daudzumu Q_2 . Kompresors saspiežot gāzi veic darbu A. Saspiežot gāzi, tā, kondensējoties, apkārtējai videi atdod siltuma daudzumu Q_1 , kurš ir vienāds ar no saldējamās kameras saņemtā siltuma daudzuma Q_2 summu ar kompresora padarīto darbu A.

Līdzīgi ir ar siltuma sūkņiem - darba viela no ārienes saņem siltuma daudzumu Q_2 . Kompresors saspiežot gāzi veic darbu A. Saspiežot gāzi, tā kondensējoties apsildāmai telpai atdod siltuma daudzumu Q_1 , kurš ir vienāds ar no ārienes saņemto siltuma daudzuma Q_2 summu ar kompresora padarīto darbu A.

Par **termodinamisko ciklu** sauc secīgi notiekošu termodinamisko procesu kopumu, kuru gaitā darba ķermenis mainot savu stāvokli, atgriežas sākotnējā stāvoklī.

Tiešajos ciklos (piemēram, siltuma dzinēju ciklī) **darbu iegūst**, apgrieztajos ciklos (piemēram, saldēšanas iekārtu ciklī, kompresoru ciklī) **darbu patērē**.

Vislielāko siltuma daudzumu darbā var pārvērst tādā ciklā, kas sastāv no divām izotermām un divām adiabatām. Šādu ciklu sauc par Karno ciklu. Karno cikls ilustrē ideālas siltuma mašīnas darbu.



Cikls sastāv no divām izotermām a, b un no divām adiabatām c, d.

Siltuma mašīna, patērējot siltuma daudzumu, cikliskā procesā pastrādā mehānisko darbu.

Siltuma mašīnas galvenās fizikālās sastāvdaļas ir: sildītājs, darba viela un dzesētājs.

Sildītājs – sistēma, kas darba ķermenim pievada siltumu,

Darba ķermenis – iekārta, kas siltumu pārvērš mehāniskā enerģijā,

Dzesētājs – iekārtā, kurai darba ķermenis atdod siltumu, lai termodinamiskā sistēma atgrieztos sākuma stāvoklī.

