

# 1. termodynamický zákon

**1. termodynamický zákon** vyjadřuje zákon zachování energie v termodynamickém systému. Matematicky:

$$\Delta U = Q - W$$

kde  $\Delta U$  je celkový přírůstek vnitřní energie dané soustavy,  $Q$  je celkové teplo, přijaté systémem od okolí, a  $W$  je celková práce, kterou systém vykonal na okolí.

Často se setkáme s vyjádřením v diferenciálním tvaru:

$$dU = dQ - dW$$

U rovnice v diferenciálním tvaru se nejedná o hodnoty změněné za dobu trvání celého děje, ale za nekonečně krátký časový úsek.

## Fyzikální interpretace

Jedná se o případ zákon zachování energie:

Energie, o kterou vnitřní energie systému vzroste, nemůže vzniknout z ničeho, ale musí být systému dodána zvenčí (tj. jeho okolím), a to ve formě tepla  $Q$  nebo mechanické práce  $W$ . Anebo, jinak řečeno, při výměně energie mezi systémem a okolím energie nevzniká ani nezaniká:

$$\Delta U - Q + W = 0$$

## Aplikace 1. termodynamického zákona

První termodynamický zákon má velké užití při popisu dějů v ideálním plynu, ve kterém mohou probíhat různé (v praxi využívané) děje. Aby byl jejich popis co nejsnazší a podstata co nejzřetelnější, zavedeme obecné parametry soustavy, na které budou jednotlivé děje popisovány:

Soustava je

1. **uzavřená** (nemůže s okolím vyměňovat hmotu)
2. **neizolovaná** (může s okolím vyměňovat energii)
3. obsahuje **1 mol ideálního plynu**.

Díky prvním dvěma podmínkám můžeme uvažovat formulaci 1.TZ uvedenou výše, díky třetí podmínce můžeme zanedbat člen  $n$  - tj. látkové množství (protože  $n = 1$ ) - a díky poslední podmínce nemusíme uvažovat ztráty způsobené vnitřním třením.

Uvažujme speciální děje, během kterých tato soustava nemění jednu ze svých stavových veličin, tj.  $dX = 0$ , kde  $X$  je daná stavová veličina.

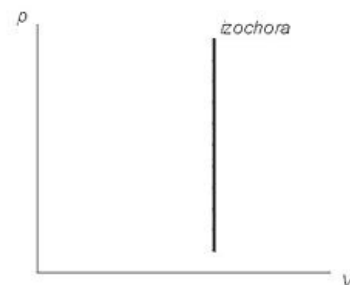
### Izochorický děj

Děj, při němž nedochází ke změně objemu, tj.  $dV = 0$ , nazýváme izochorický (z řec. *isos* - stejný a *choros* - prostor).

Platí  $dW = p dV = 0$ . Z prvního termodynamického zákona po dosazení vyplývá  $dQ = dU$

a tedy veškeré dodané teplo se spotřebuje na zvýšení vnitřní energie  $\Delta U$ .

Křivku závislosti  $p = p(V)$  při ději izochorickém nazýváme izochora.



Izochora

### Izotermický děj

Děj, při němž nedochází ke změně teploty, tj.  $dT = 0$ , nazýváme izotermický (z řec. *isos* - stejný a *therme* - teplo).

Platí  $dU = C_V dT = 0$ , kde  $C_V$  je molární tepelná kapacita daného plynu za konstantního objemu.

Z prvního termodynamického zákona po dosazení vyplývá  $dQ = -dW$

a tedy veškeré dodané teplo se spotřebuje na vykonání práce.

Křivku závislosti  $p = p(V)$  při ději izotermickém nazýváme izoterma.

## Izobarický děj

Děj, při němž nedochází ke změně tlaku, se jmenuje děj izobarický (z řec. "isos" - stejný a "baros" - tíha). Tedy  $dp = 0$ .

Ze stavové rovnice nám vychází matematický popis izobarického děje v ideálním plynu  $V/T = \text{konst.}$ , což je tzv. Gay-Lussacův zákon.

Pro výpočet práce vykonané plynem platí  $dW = pdV$ , po dosazení do rovnice prvního termodynamického zákona dostaneme jeho podobu pro izobarický děj.  
 $dQ = dU + pdV$

Křivku závislosti  $p = p(V)$  při izobarickém ději nazýváme izobara. Vzhledem ke konstantní hodnotě tlaku, práce vykonaná plynem se dá odečíst z grafu jako plocha pod křivkou ohraničená začáteční a výslední hodnotou objemu plynu. Tato plocha je grafickým zobrazením rovnice  $dW = pdV$ .

Teplo přijaté ideálním plynem při izobarickém ději se rovná součtu přírůstku jeho vnitřní energie a práce, kterou plyn vykoná.

Z hlediska platnosti prvního termodynamického zákona je tento děj nejkomplikovanější. Žádná z veličin vystupujících v prvním termodynamickém zákoně nebude nulová (u izochorického děje je nulová práce vykonaná ideálním plynem, u izotermického děje je nulová změna vnitřní energie plynu během daného děje). Praktické využití izobarického děje stejně jako ostatních termodynamických dějů najdeme například u vznětových motorů (Dieselův cyklus).

## Adiabatický děj

Při ději adiabatickém platí  $dQ = 0$ , tedy mezi plynem a okolím buď neprobíhá tepelná výměna (jako v izolovaných soustavách), nebo děj proběhne tak rychle, že se žádná tepelná výměna nestihne uskutečnit. Tudiž je děj velmi komplikovaný na uskutečnění. Reálné děje bývají na pomezí mezi dějem izotermickým a adiabatickým (Polytropický děj). Entropie se u adiabatického děje nemění.

Po dosazení do rovnice prvního termodynamického zákona

$$dW = -dU$$

je vidět, že soustava koná práci na úkor vnitřní energie.

Tato rovnice by se dala dále upravovat, z čeho bychom dostali  $pV^\kappa = \text{konst.}$ . Přičemž  $\kappa$  je Poissonova konstanta a dá se vyjádřit z rovnice  $\kappa = c_p/c_V$ .

Takové vyjádření stanovuje závislost mezi proměnnými  $p$  a  $V$  a tím pádem dovoluje adiabatický děj vyjádřit také na diagramu ( $p$ ,  $V$ ). Tato křivka se jmenuje adiabata. Podobá se izotermě, má však strmější průběh, který odvodíme z rovnice izotermie  $pV^1 = \text{konst.}$  přičemž Poissonova konstanta  $\kappa$  je větší než jedna.

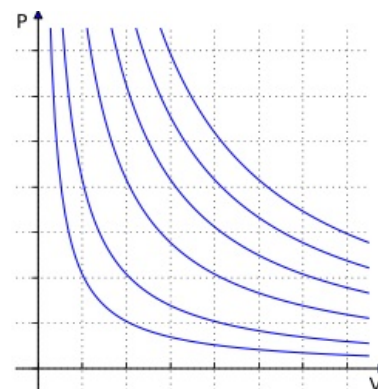
Při adiabatickém stlačování plynu v nádobě se působením vnější síly na píst koná práce, teplota plynu a jeho vnitřní energie se zvětšuje. Při adiabatickém rozpínání koná práci plyn, teplota plynu i jeho vnitřní energie se zmenšuje. Adiabatického rozpínání se používá k dosažení nízkých teplot, adiabatického stlačování se používá u vznětových motorů: adiabatickou kompresí se zvýší teplota vzduchu na zápalnou teplotu nafty, která se po vstříknutí do tohoto vzduchu sama vznítí.

## Odkazy

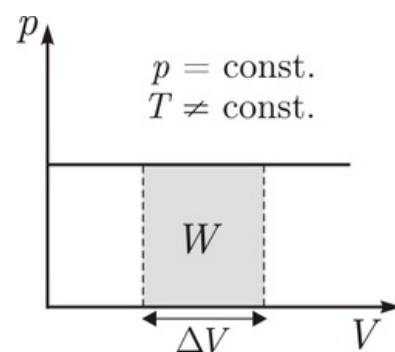
### Související články

- Termodynamické věty

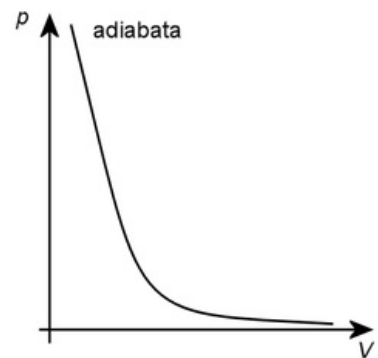
### Zdroje



Izotermie ideálního plynu



Izobara



Adiabata

- MARŠÁK, Zlatěk. Termodynamika a statistická fyzika. 3. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, s. 23-25. ISBN 80-01-01401-0.
- Multimediální encyklopedie fyziky (MEF), 2006-2013, Jaroslav Reichl, Martin Všeticka <http://fyzika.jreichl.com/>