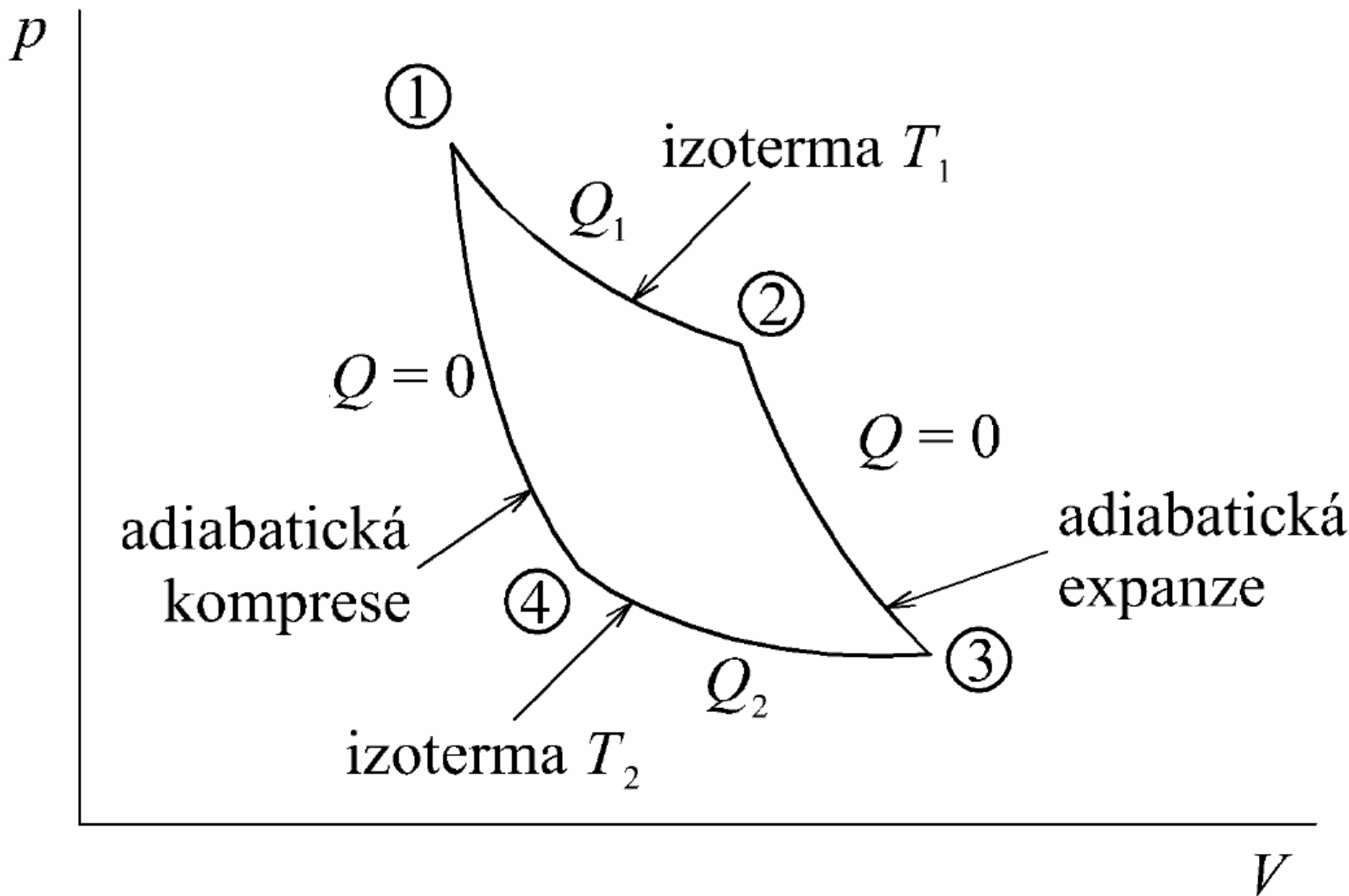


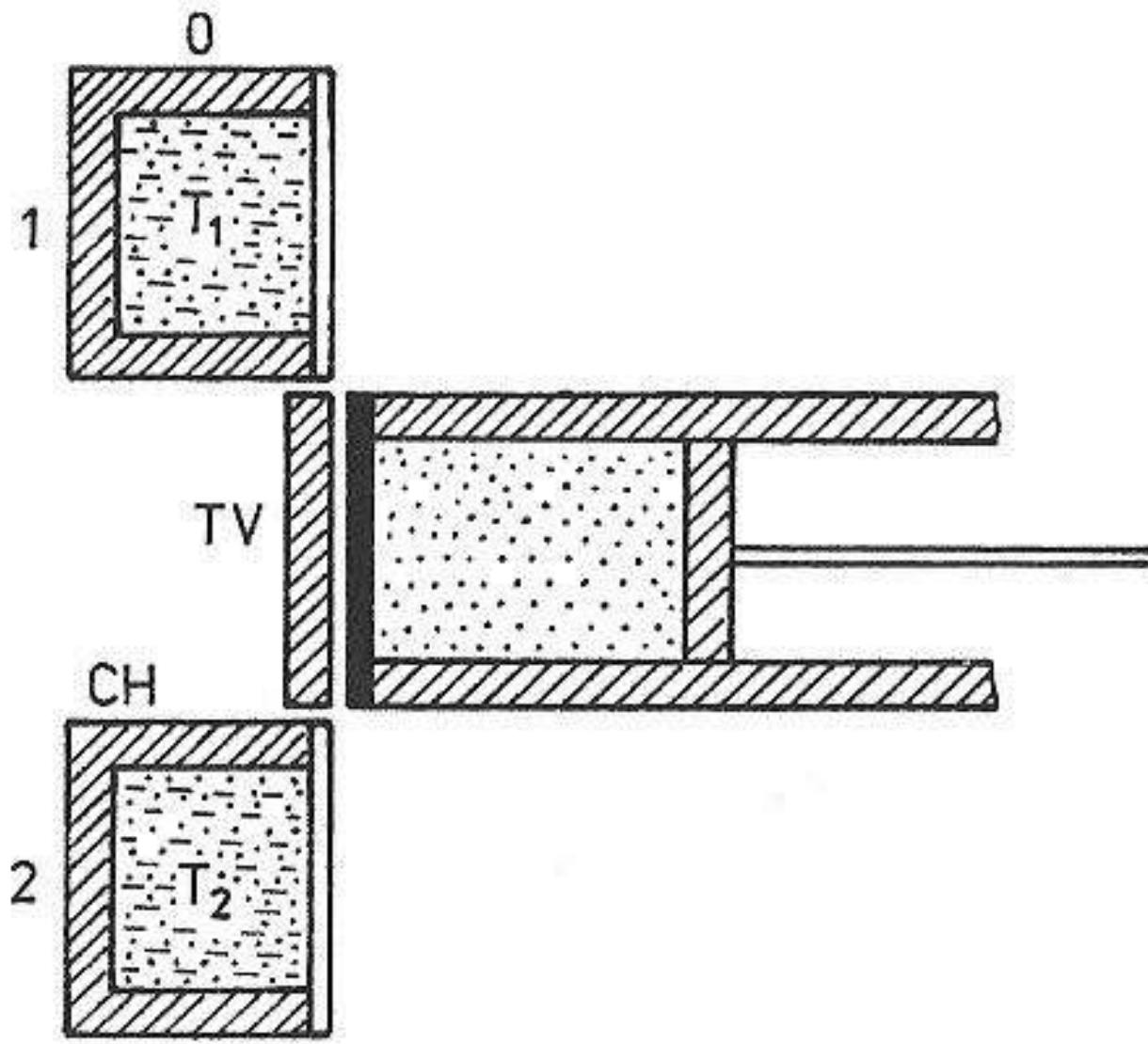
Carnotův cyklus

3. zákon termodynamiky

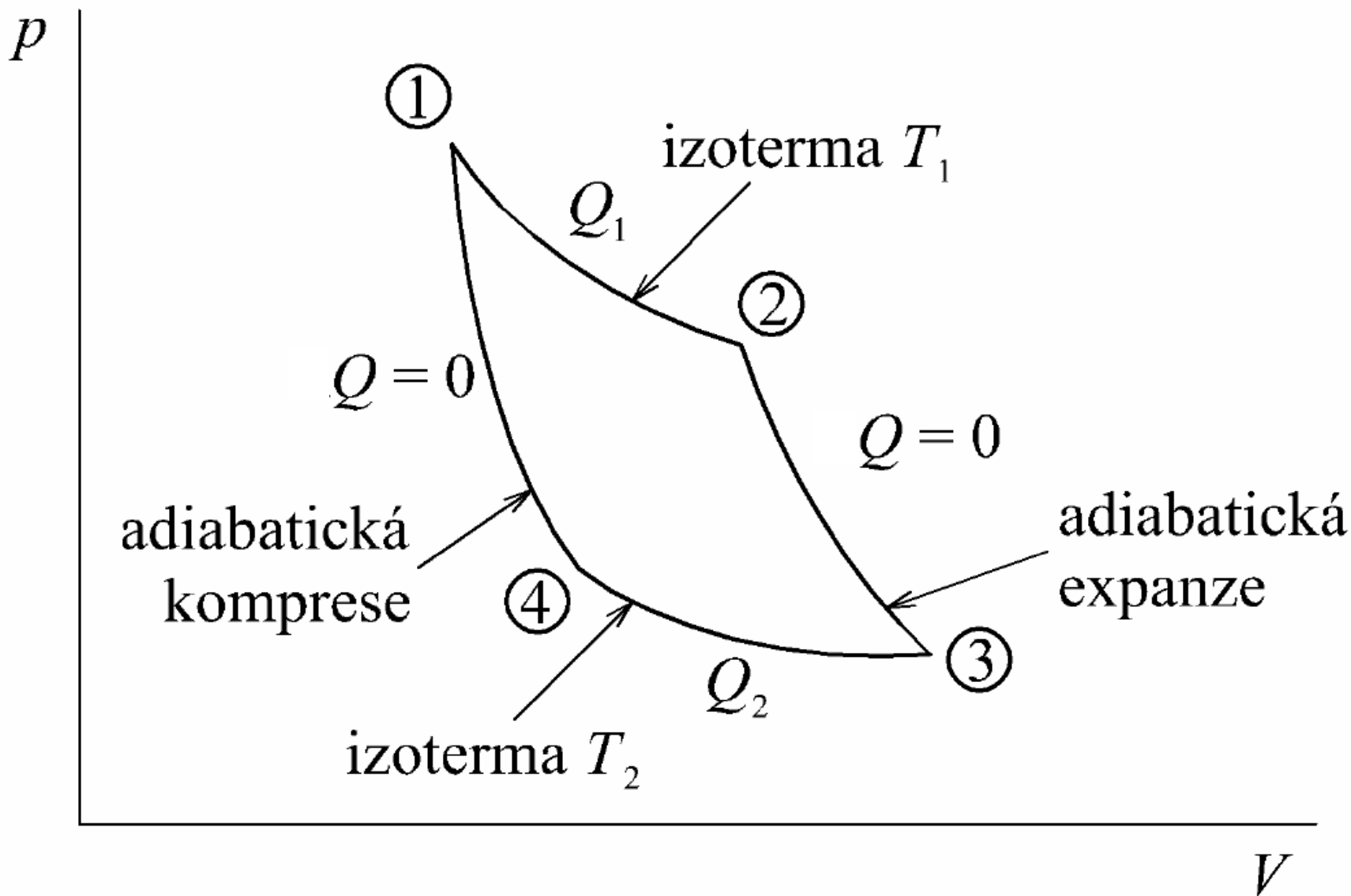
Fázové přechody

Carnotův cyklus





Carnotův cyklus



$$Q_1 = A_1 = nR_m T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_2 = 0$$

$$A_2 = -nC_{mV} (T_2 - T_1) = nC_{mV} (T_1 - T_2)$$

$$Q_3 = A_3 = nR_m T_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$Q_4 = 0$$

$$A_4 = -nC_{mV} (T_1 - T_2)$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = nR_m T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + nR_m T_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$A = nR_m \left(T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - T_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \right) = nR_m (T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1}$$

$$\eta = \frac{nR_m (T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}}{nR_m T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

$$\eta = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1}$$

$$T_1 V_2^{\kappa-1} = T_2 V_3^{\kappa-1}$$

$$T_2 V_4^{\kappa-1} = T_1 V_1^{\kappa-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

Jiný způsob výpočtu účinnosti Carnotova cyklu

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\Delta S = \oint \frac{dQ}{T} = 0$$

$$\Delta S = \oint \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{dQ}{T_1} + \int_3^4 \frac{dQ}{T_2} = \frac{1}{T_1} \int_1^2 dQ + \frac{1}{T_2} \int_3^4 dQ = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

$$\frac{Q_1}{T_1} = -\frac{Q_2}{T_2} \Rightarrow Q_2 = -\frac{T_2}{T_1} Q_1 \quad \text{záporné znaménko u tepla } Q_2 \text{ znamená, že se jedná o teplo plynu odebrané}$$

$$|Q_2| = \frac{T_2}{T_1} Q_1$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2 Q_1}{T_1 Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$T_2 = 0 \text{ K} \Rightarrow \eta = 100 \%$$

3. zákon termodynamiky

Čistou pevnou látku nelze konečným pochodem ochladit na nulovou termodynamickou teplotu.

Planckova formulce

Stirlingův motor

$$\eta = \frac{(T_1 - T_2)}{T_1}$$

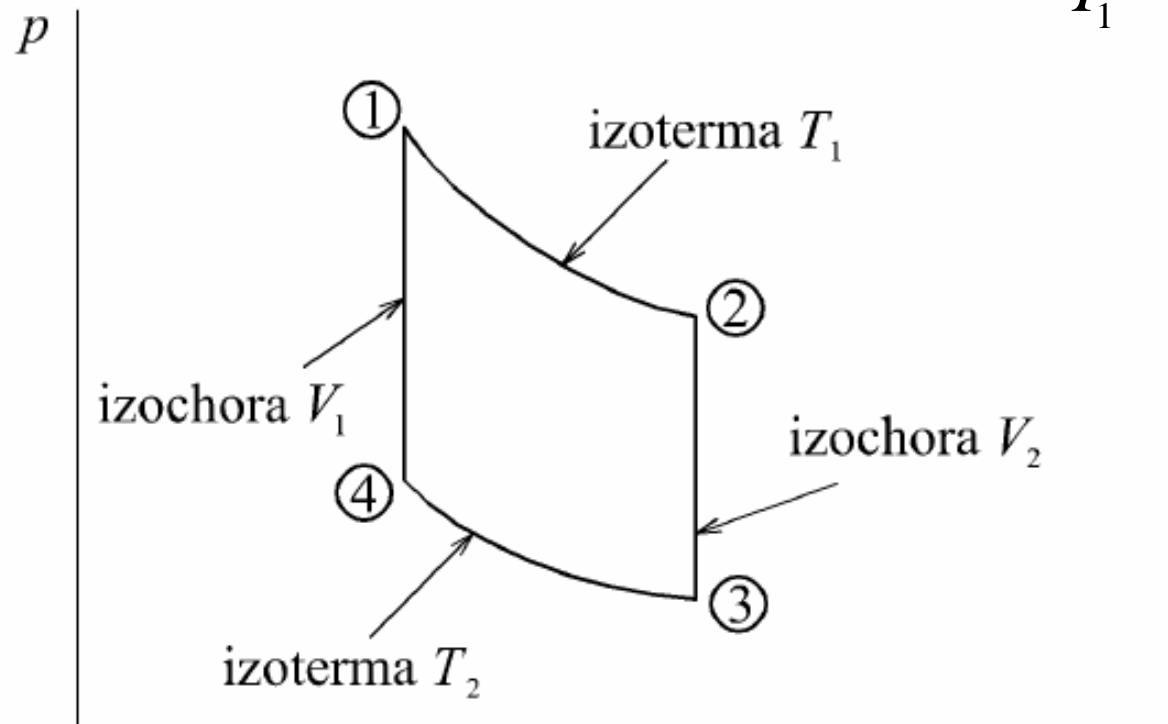
$$A_1 = nR_m T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q_1 = A_1$$

$$A_2 = 0 = A_4$$

$$Q_4 = -Q_2$$

$$Q_3 = A_3 < 0$$



$$A_3 = nR_m T_2 \ln \frac{V_1}{V_2} = -nR_m T_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

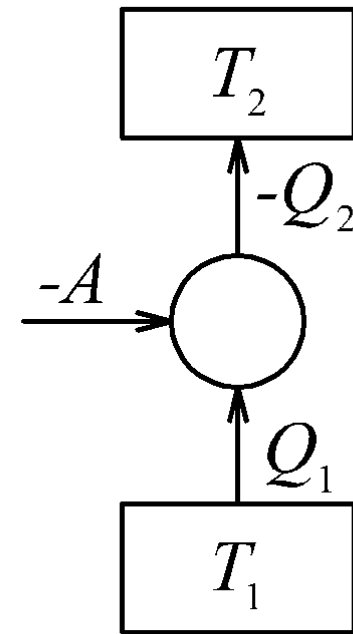
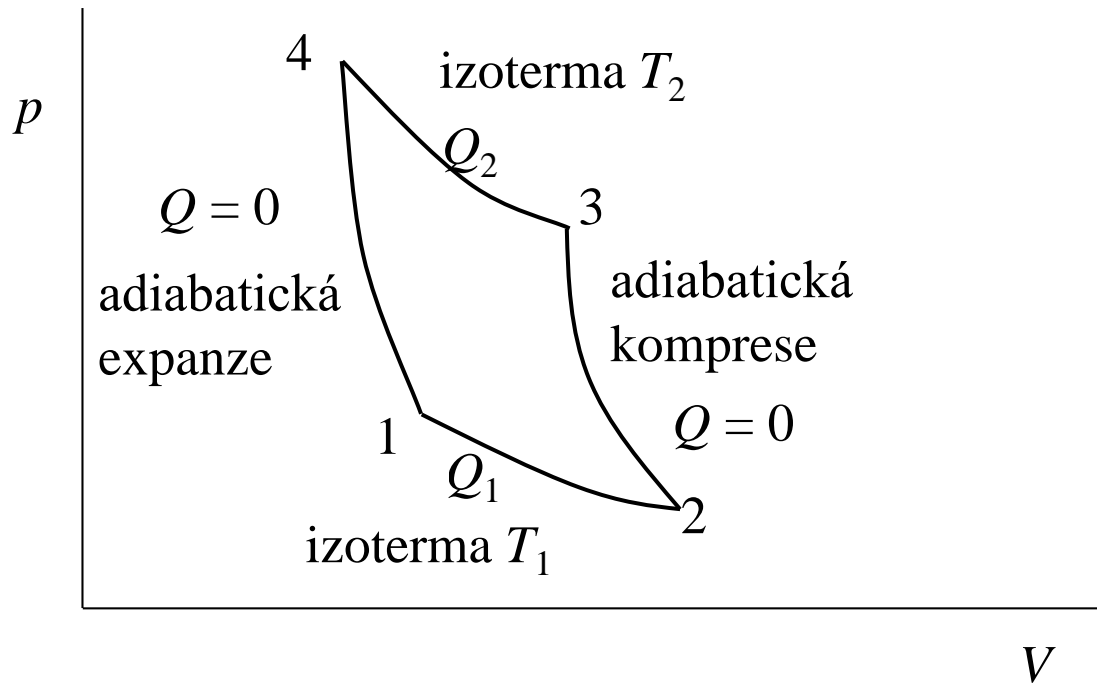
$$\eta = \frac{nR_m (T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}}{nR_m T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Alpha_Stirling.gif

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Stirling_Animation.gif

<https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/decentralizovana-energetika/decentralizovane-energeticke-zdroje-podrobne/stirlinguv-motor/vyklad>

Idea chladničky a tepelného čerpadla



chladičí faktor
činitel chlazení

$$K = \frac{|Q_1|}{|A|} = \frac{|Q_1|}{|Q_2| - |Q_1|} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

chladička $K \leq 1 \vee K \geq 1$

$$K = \frac{|Q_2|}{|A|} = 1 + \frac{|Q_1|}{|Q_2| - |Q_1|} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$

topný faktor $K > 1$
tepelné čerpadlo

Fázové přechody

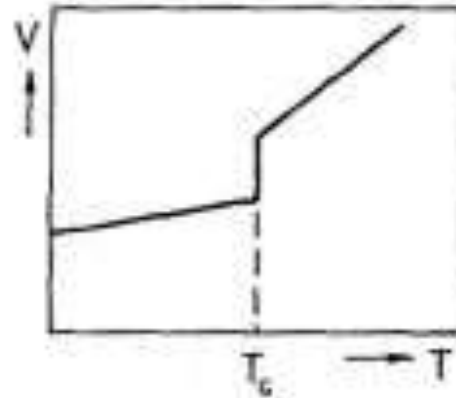
soustava homogenní, heterogenní

Pro jakýkoli fázový přechod se volná entalpie nemění.

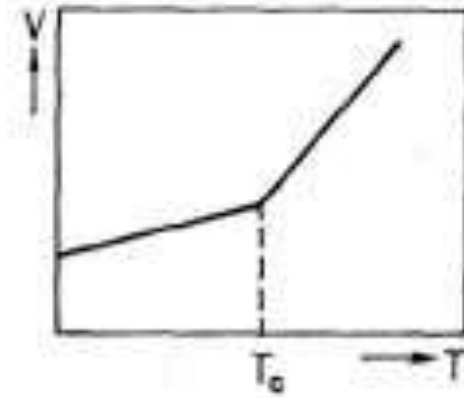
$$(dG)_{p,T} = 0 \quad G_1(p,T) = G_2(p,T)$$

$$dG = Vdp - SdT$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S; \quad \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V$$



I. druhu



II. druhu

Svoboda E., Bakule R.:
Molekulová fyzika, Academia
Praha, 1992

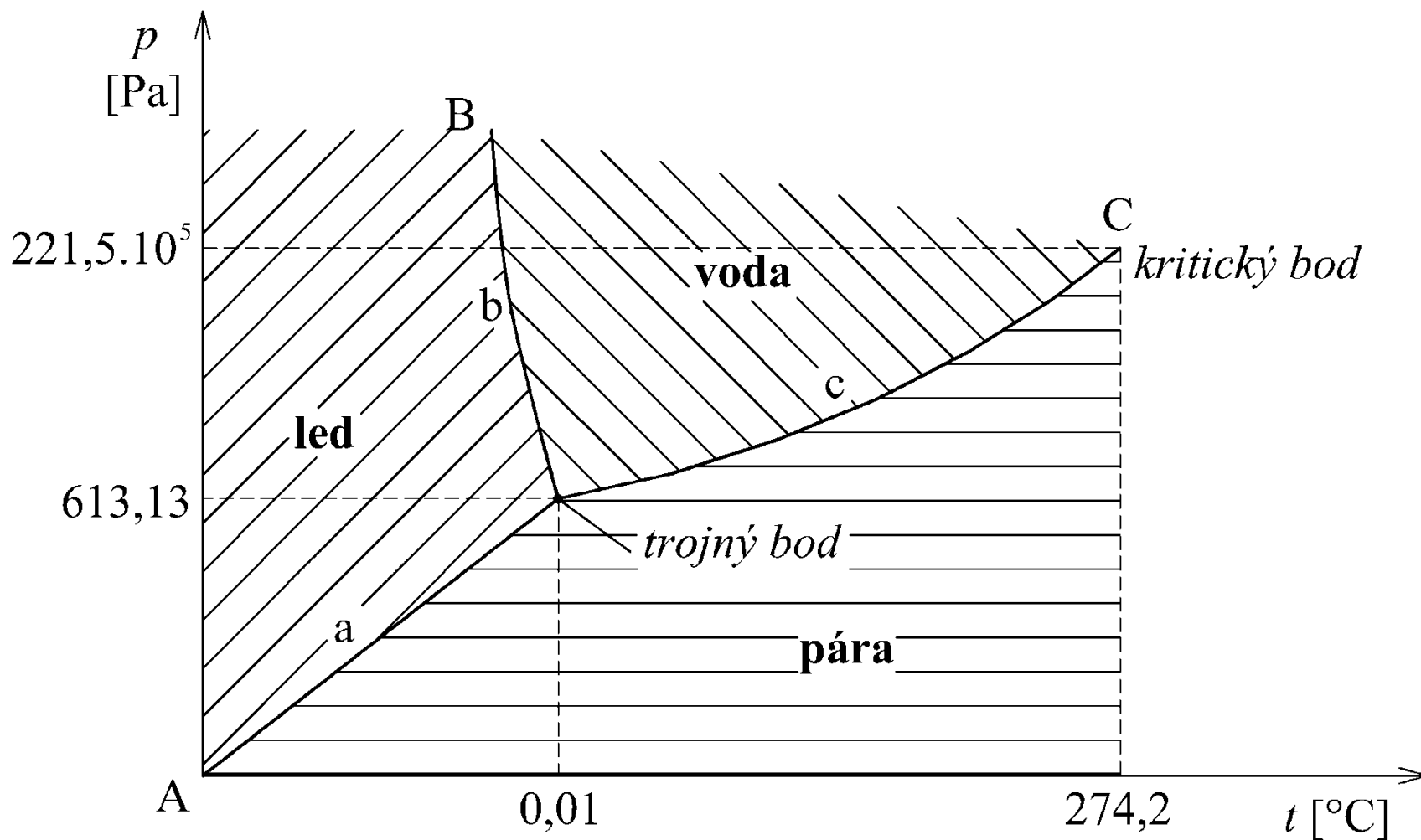
Skupenské přeměny

fázové přechody I. druhu

$$\Delta V \neq 0 \quad \Delta S \neq 0$$

skupenské teplo L

měrné skupenské teplo $l \quad l = \frac{L}{m}$



Toho dne se na Gallii udála jistá změna. Nutno však říci, že se tak stalo zásluhou samotných kolonistů.

Když se celá kolonie po přestěhování z ostrova Gurbi usadila na Teplé zemi, pokládala za nutné vyvolat umělé zamrznutí hladiny Gallického moře. Kolonisté by tím získali snadné spojení s ostrovem Gurbi po ledě a lovci by si tak mohli rozšířit své loviště. Proto kapitán Servadac, hrabě Timašev a poručík Prokop shromáždili v ten den všechno obyvatelstvo na skaliskách, která vyčnívala z moře na samém konci výběžku.

Moře přes značný pokles teploty dosud nezamrzlo. Byl to důsledek naprosté nehybnosti hladiny, protože její povrch nečeril ani nejslabší vánek. A je známo, že za takových okolností může mít voda i několik stupňů pod nulou, aniž by zamrzla. Stačí však prostý náraz a voda náhle ztuhne.

Malá Nina a její přítel Pablo nesměli u toho pochopitelně chybět.

„Tak co, maličká,“ zeptal se kapitán Servadac Niny, „dokázala bys hodit do moře kus ledu?“

„Ano,“ odpovědělo děvče, „ale Pablo by ho hodil mnohem dál.“

„Jen se o to pokus,“ pokračoval Hector Servadac a podal Nině kus ledu.

Pak dodal:

„Dívej se dobře, Pablo! Uvidíš, jaká je naše malá Nina kouzelnice!“ Nina se dvakrát, třikrát rozmáchla a hodila led do klidné vody...

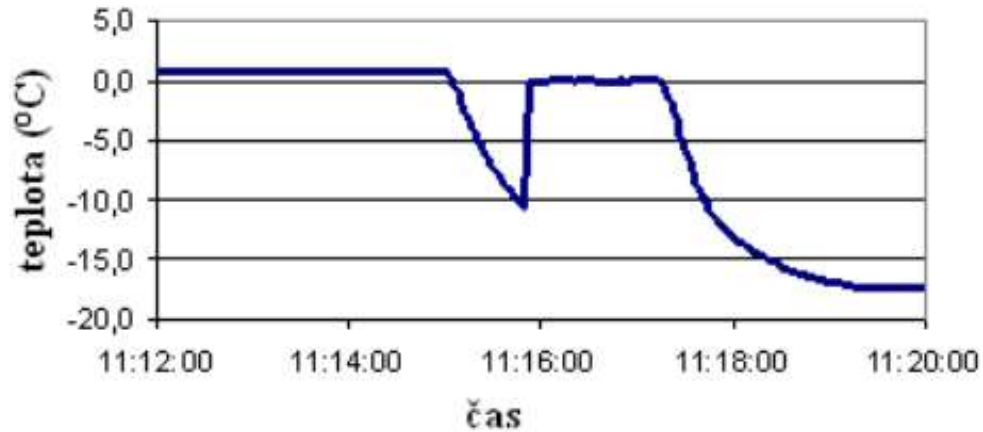
Okamžitě zazněl silný praskot, který se nesl až k obzoru.

Gallické moře na celém povrchu zamrzlo.

Jules Verne: Na kometě

http://www.youtube.com/watch?v=DpiUZI_3o8s

Reálně pozorované přechlazení vody



<http://fyzweb.cz/odpovedna/index.php?id=4322>

