

7. Chlazení

Základy energetiky

Vyučující

Luděk Jelínek

Absorpční chlazení

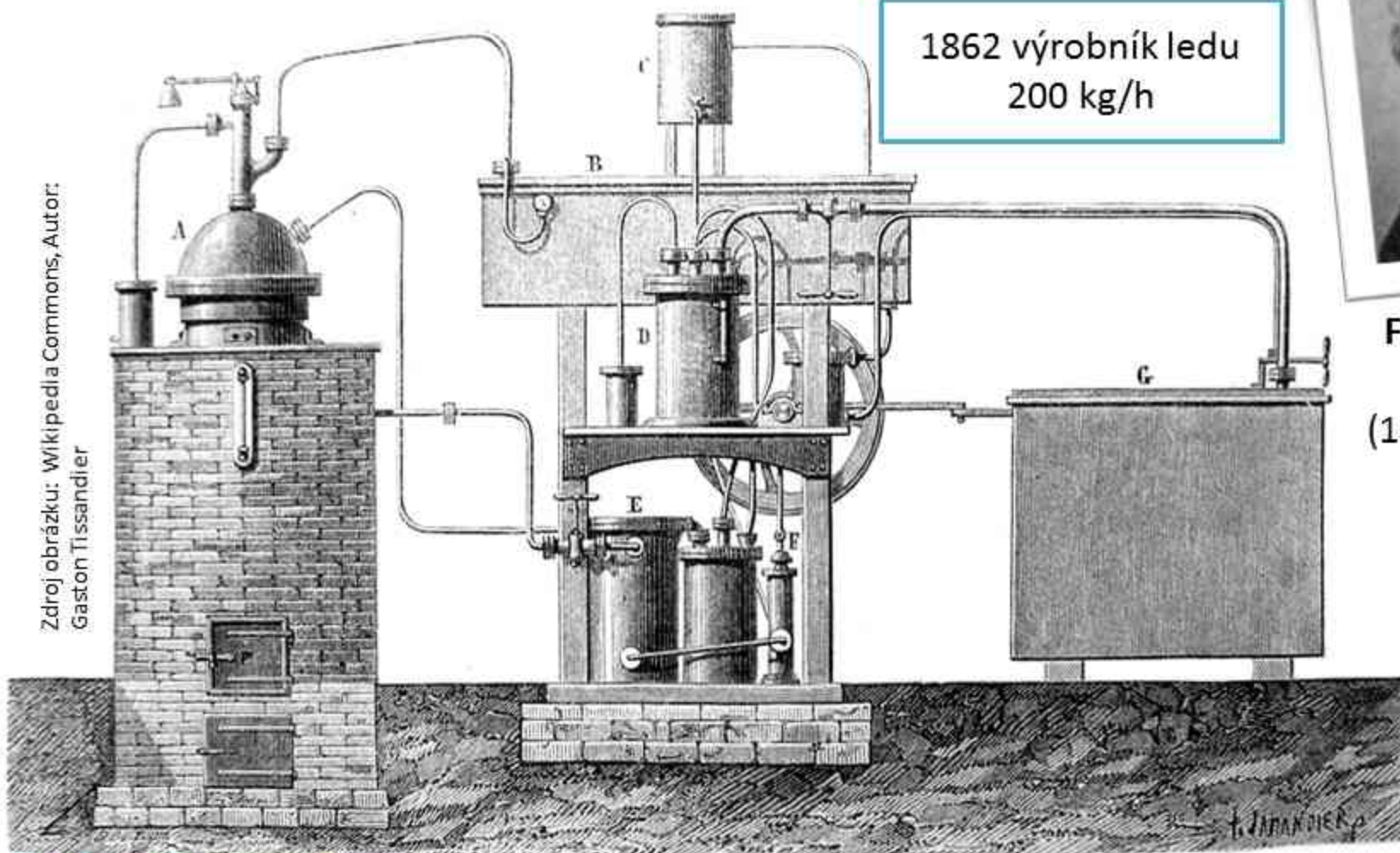
1862 výrobník ledu
200 kg/h



Ferdinand
Carré
(1824–1900)

Zdroj obrázku: Wikipedia-Commons

Zdroj obrázku: Wikipedia Commons, Autor:
Gaston Tissandier



Zdroj obrázku: fluidproperties.blogspot.com
 Posted by: Andrea Chiarelli, Autoři: M.J. Skovrup a H.J.H. Knudsen



Princip

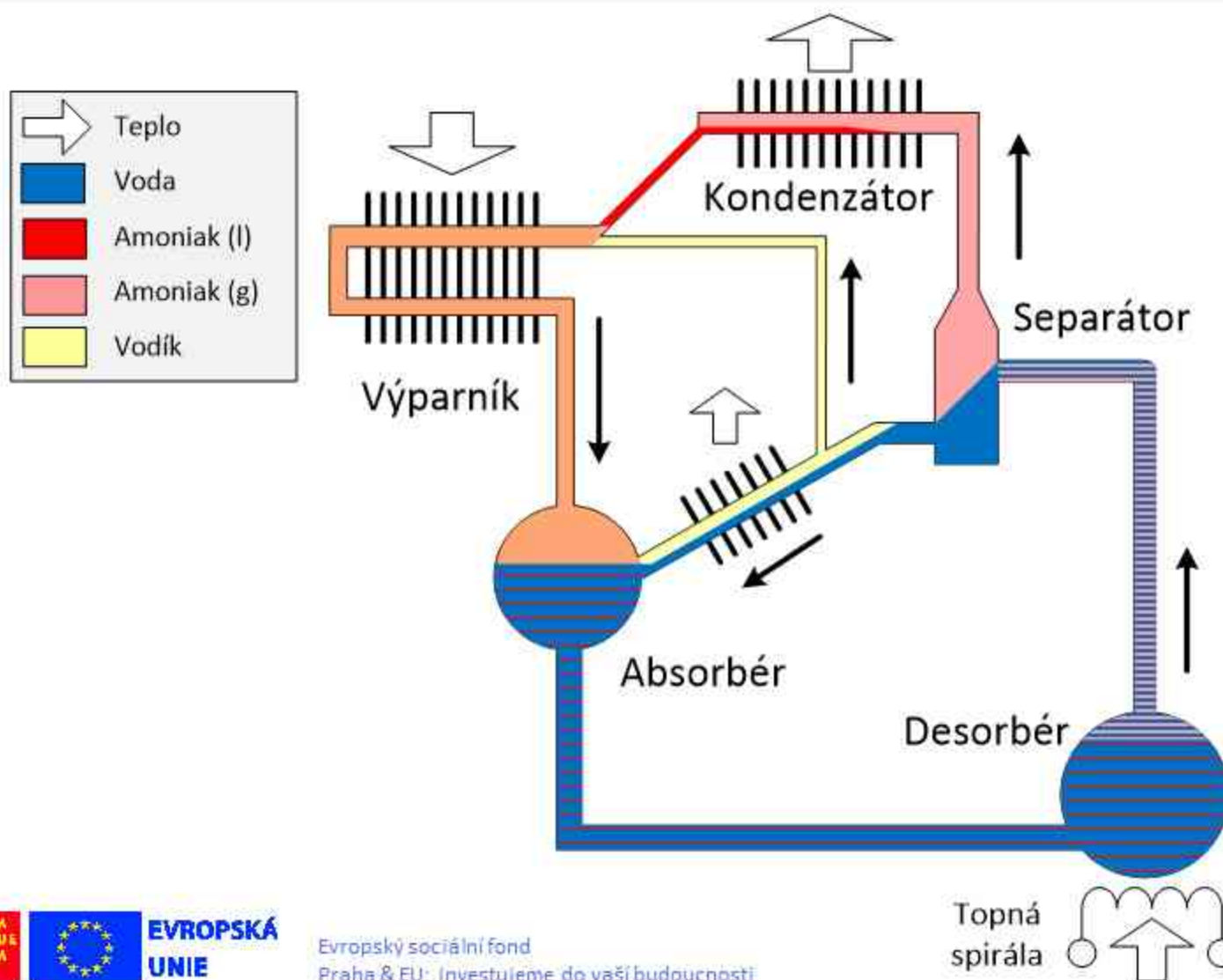
- Amoniak je vysoce rozpustný ve vodě
- Teplem ho lze snadno desorbovat
- Proces absorpce a desorbce nahrazuje kompresi
- Dále je proces podobný kompresorovému chlazení
- Po ochlazení plynného amoniaku dojde ke kondenzaci
- Amoniak expanduje – izoentalpický proces (škrcení)
- Při odpařování se odebírá teplo okolí

Rozpustnost NH_3 ve vodě

t [°C]	NH_3 [hm. %]
0	47
25	31
50	28

Data: D.L. Perry, et al. *Handbook of inorganic compounds*, CRC Press, 1995, p. 17

Schéma absorpční chladničky



Absorpční chladnička

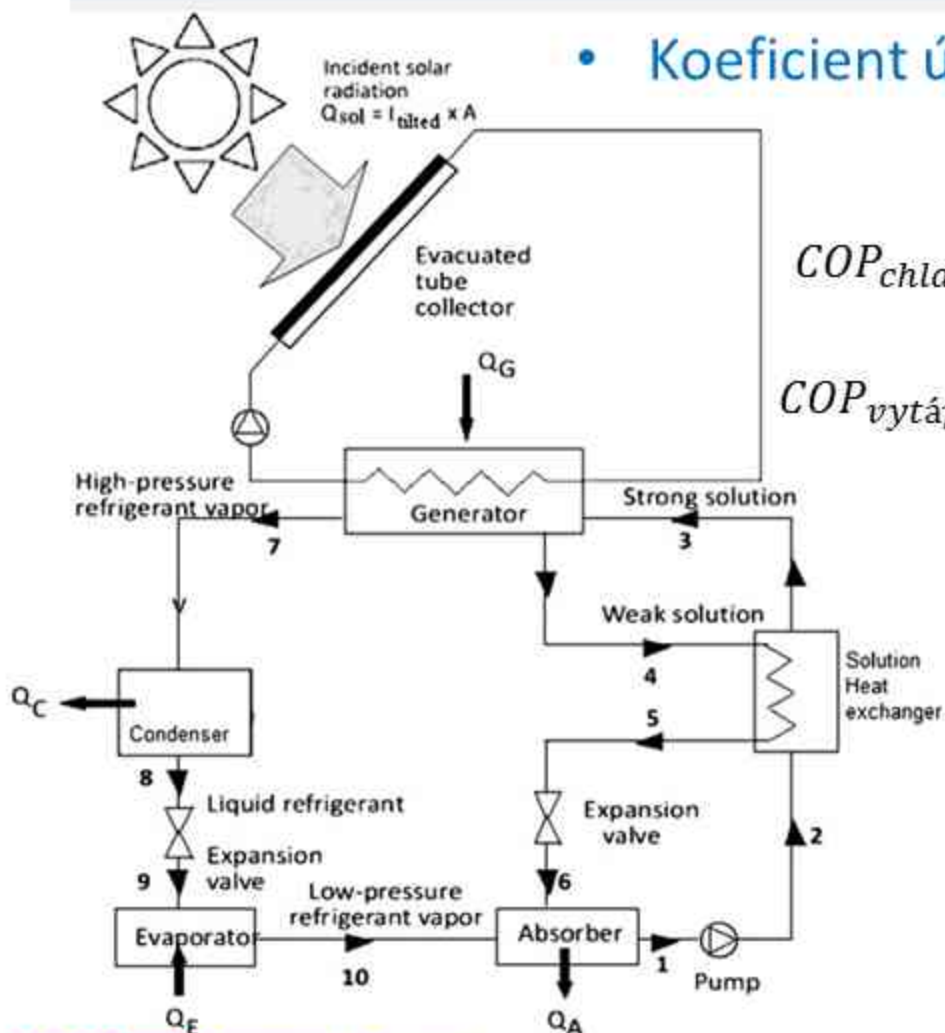
Zdroj obrázku a popisků: Wikipedie a Commons,
Autor: Bohus1



1. Vodík a kapalným amoniak
2. Amoniak + vodík vstupují do vnitřního prostoru chladničky.
Změna tlaku – amoniak se odpařuje
odebírání teplo okolí pak odchází zpět do
absorbéru (7) kde se rozpustí ve vodě a
oddělí od vodíku.
3. Kondenzátor amoniaku (pasivní chladič)
4. Horký amoniak (plyn)
5. Separace vody z plynného amoniaku
6. Zdroj tepla (elektrický)
7. Absorbér

Solární absorpční systémy

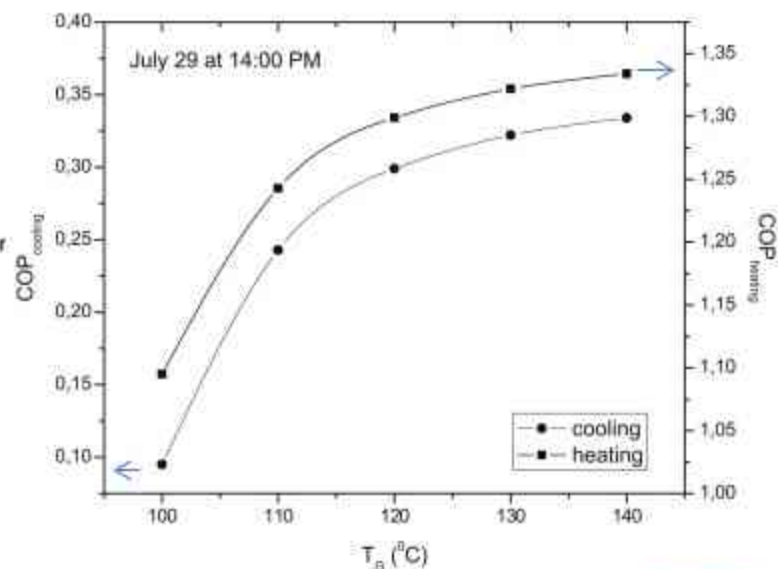
- Koeficient účinnosti (COP) Coefficient of Performance



$$Q_C + Q_A = Q_G + Q_E$$

$$COP_{chlazení} = \frac{Q_E}{Q_G}$$

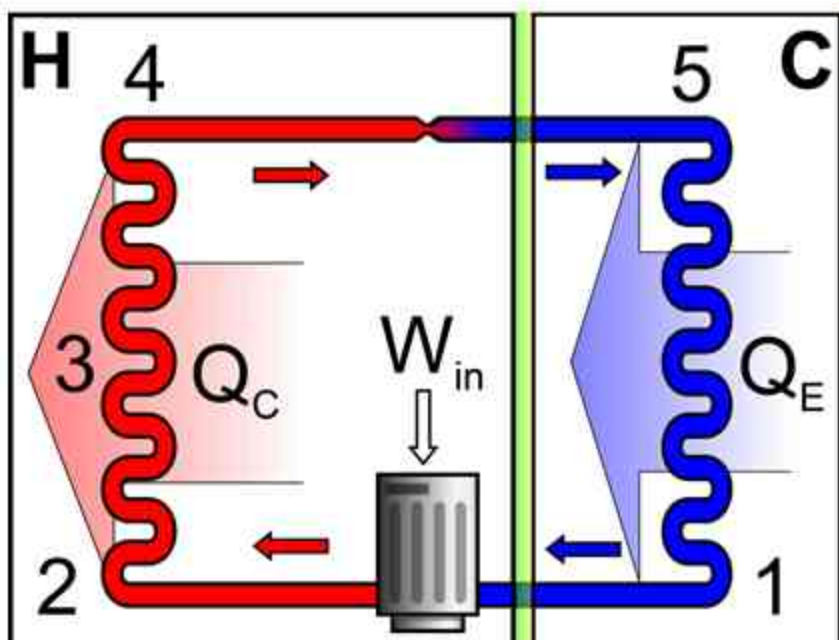
$$COP_{vytápění} = \frac{Q_C + Q_A}{Q_G} = \frac{Q_G + Q_E}{Q_G} = 1 + COP_{chlazení}$$



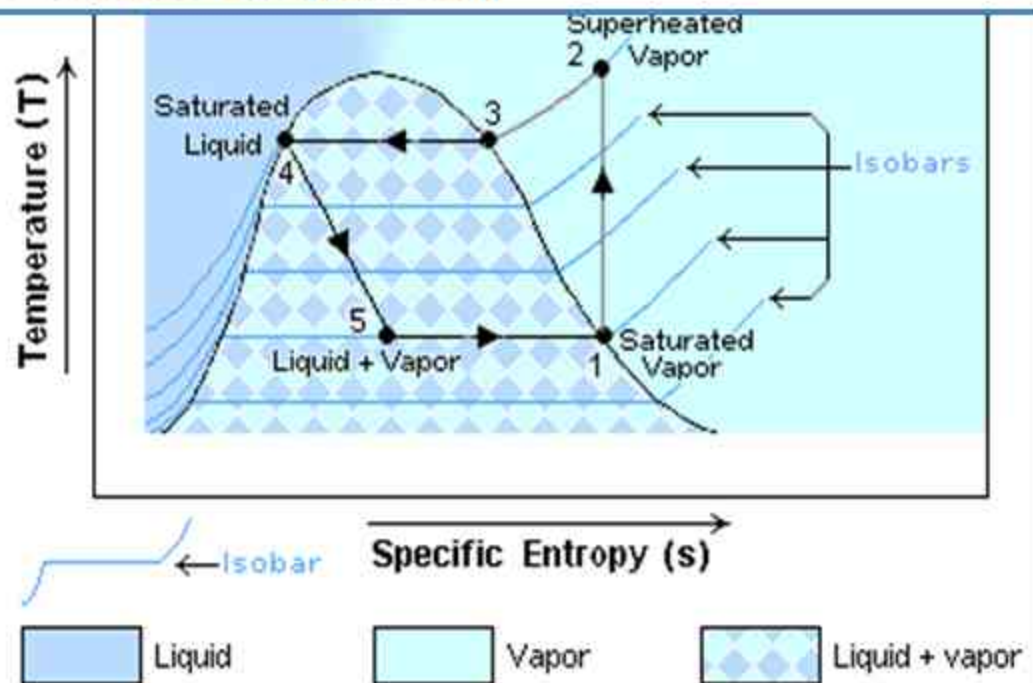
Zdroj obrázků a vztahů: Özgören, M. et al.: Applied Thermal Engineering 40 (2012) 80-90

Kompresorové chlazení - ideální

$$COP_{chlazení} = \frac{Q_E}{W_{in}}$$



- 1-2 Izoentropická (adiabatická) komprese
- 2-3 Izobarické chlazení a kondenzace
- 3-4 Izoentalpické škrcení
- 4-1 Izobarické vypařování



Zdroj obrázku: Wikipedia Commons, Autor: Ilmari Karonen

Zdroj obrázku: Wikipedia Commons, Autor: Keenan Pepper

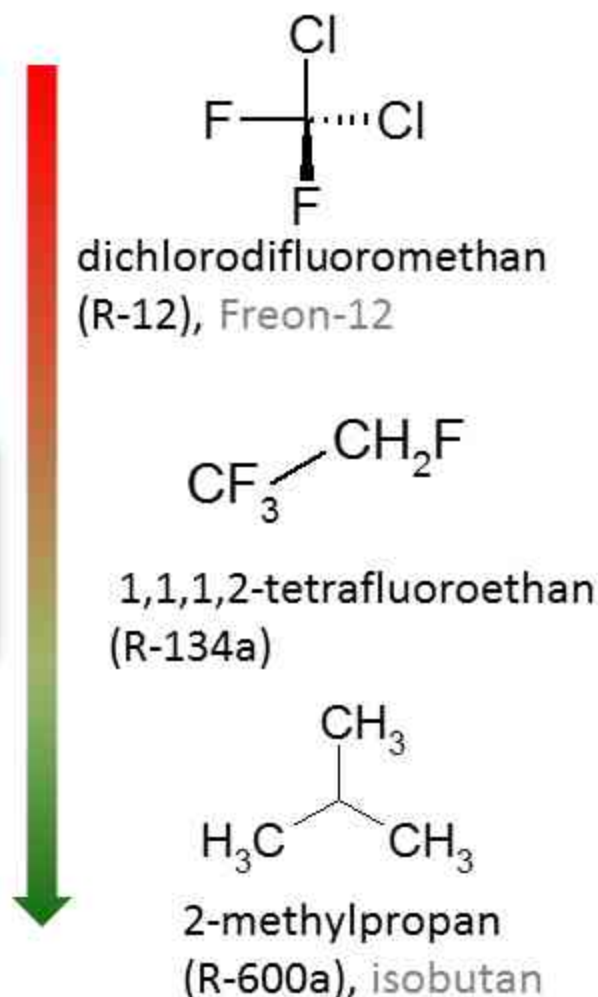
Kompresorová chladnička



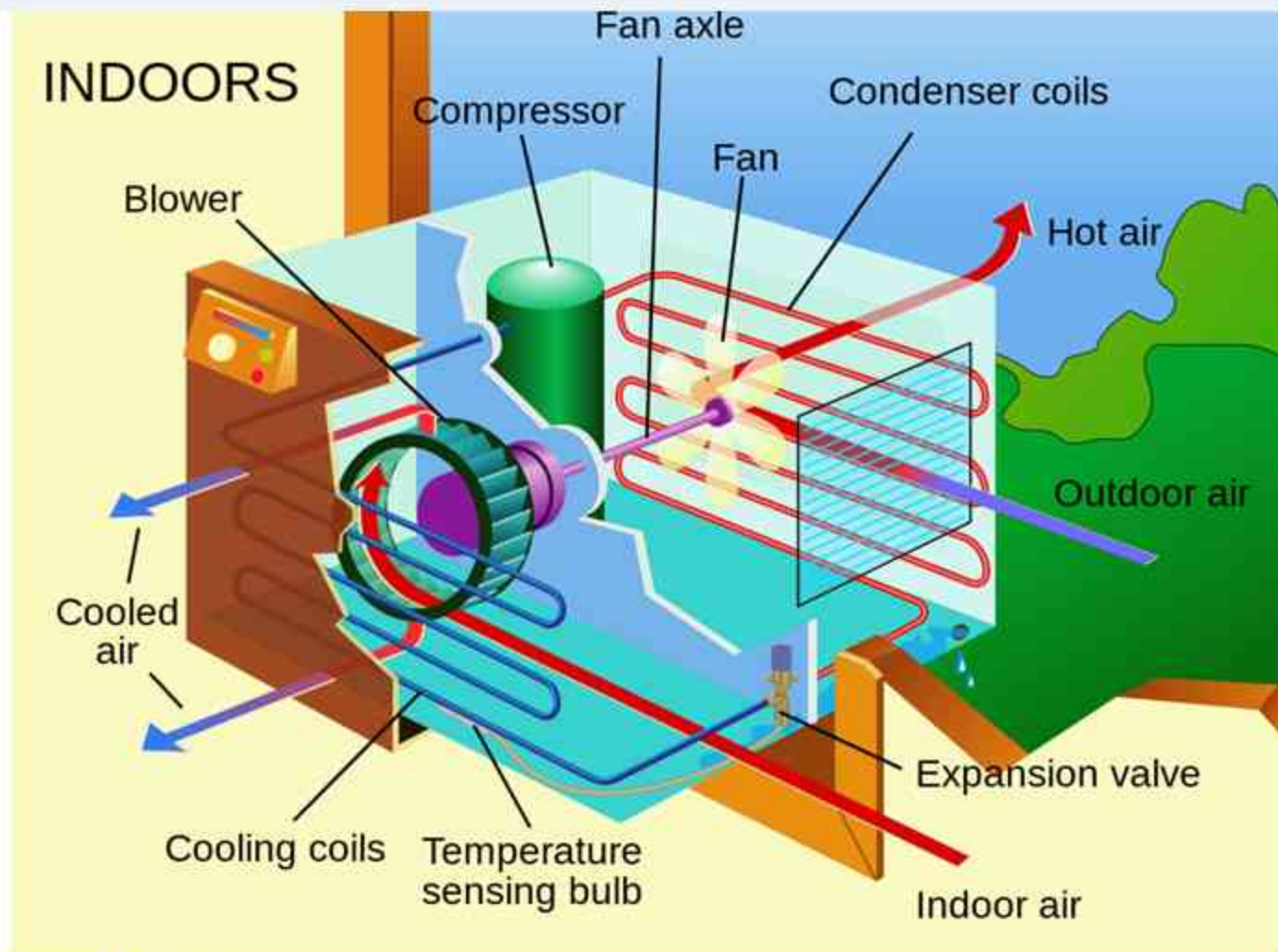
- Pístové kompresory ↑
- Šroubové kompresory →
- Spirálové kompresory



Zdroj obrázku: Wikipedia Commons,
Autor: Motorhead

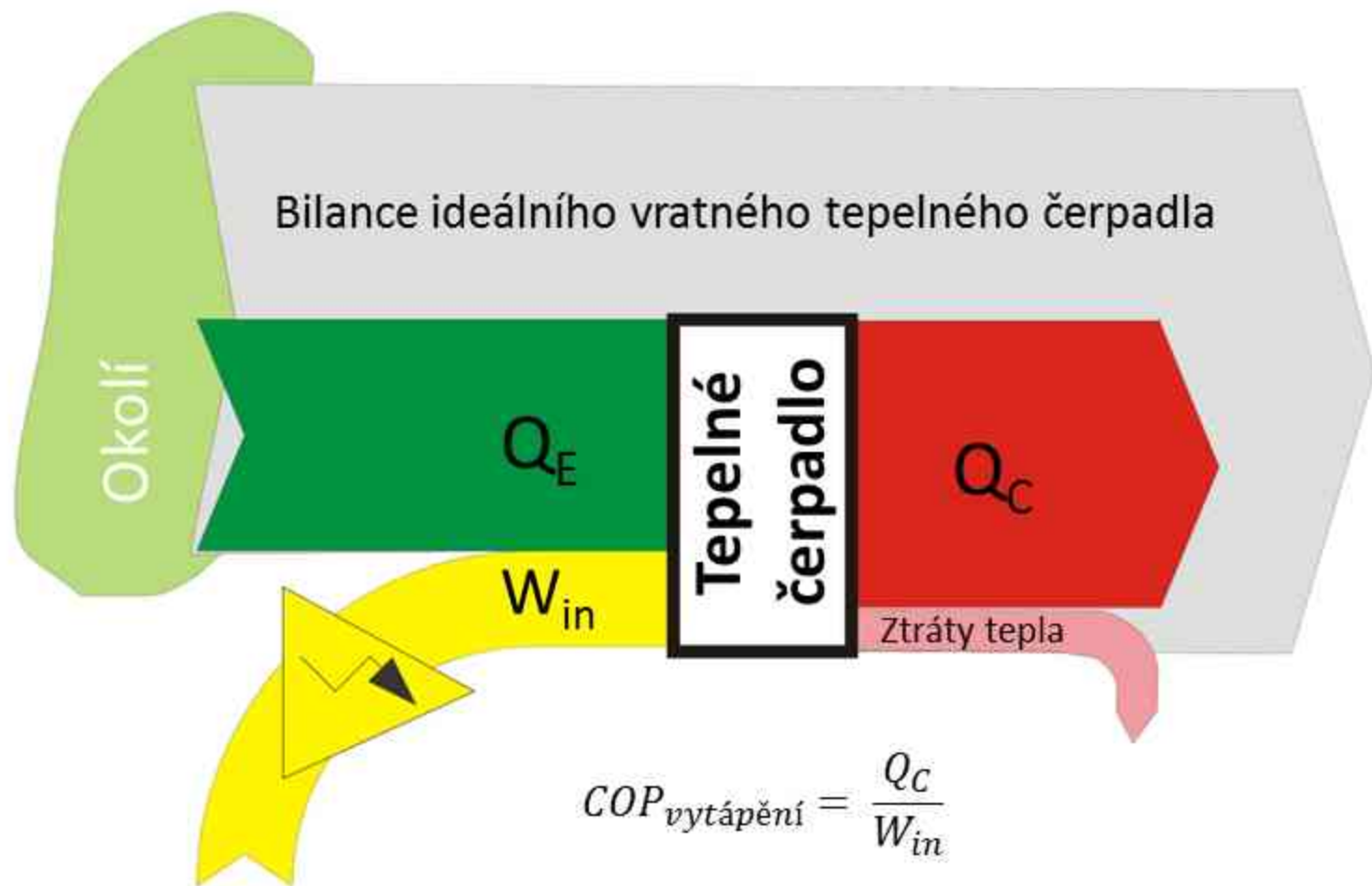


Klimatizace



Zdroj obrázku: Wikipedia Commons,
Autor: Pbroks13

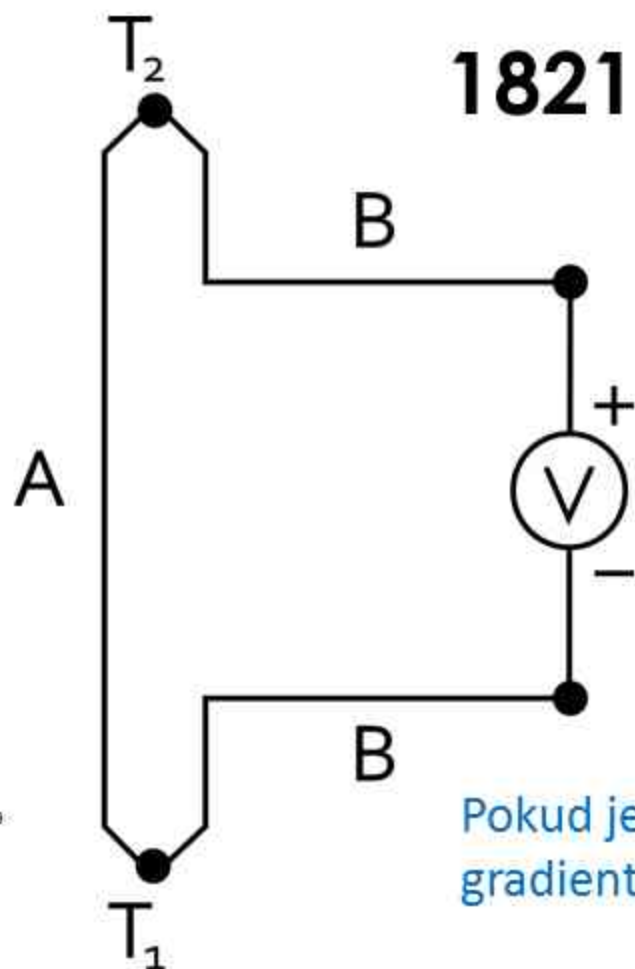
Tepelná čerpadla



Alternativní metody chlazení

- Termoelektrické chlazení-generátor
 - Stirlingův motor

Seebeckův jev



$$V = k \cdot (T_1 - T_2)$$

$$-\nabla V = S \nabla T$$

kde S je Seebeckův koeficient

Slitina	S [$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$]
Fe	19
Konstantan	-31

Data: Molki, A.: *Science Education Review*,
2010, 9(3), 103-107



Thomas Johann Seebeck
(1770-1831)

Zdroj obrázku: Wikipedia Commons

Pokud je mezi dvěma spoji kovů **A** a **B** na válečku teplotní gradient vzniká napětí, které je úměrné rozdílu teplot

Zdroj obrázku: Wikipedia Commons,
Autor: Omegatron

Příklady termočlánků

chromel-alumel (K)	0	1100°C
chromel -konstantan (E)	0	800°C
Fe-konstantan (J)	0	750°C
Cu-konstantan (T)	-185	300°C

Konstantan 55%Cu - 45%Ni
 t_f 1221-1300°C
Tepl. koef. @25°C 5 ppm/K

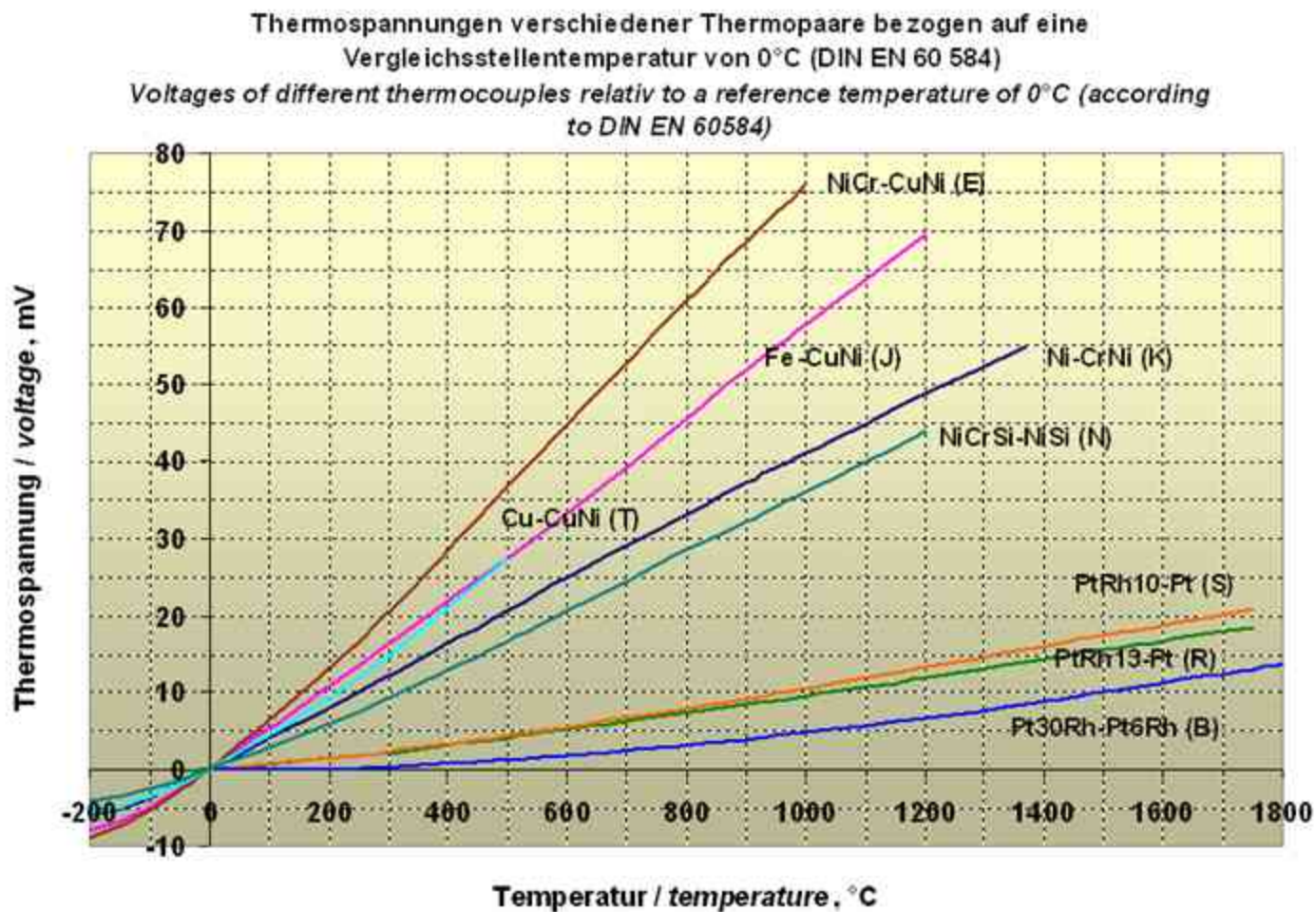
Chromel 90%Ni - 10%Cr
 t_f 1420°C

Alumel 95% Ni - 2% Mn - 2% Al - 1% Si

Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>

Charakteristiky termočlánků

Zdroj obrázků: Wikipedia Commons,
Autor: Harke



Peltierův jev

- Pozoroval, že procházející proud ohřívá nebo chladí spoje dvou nestejných kovů
- Jedná se o stejný jev jako v případě Seebeckova jevu
- **Termoelektrický jev – Peltier-Seebeckův jev**



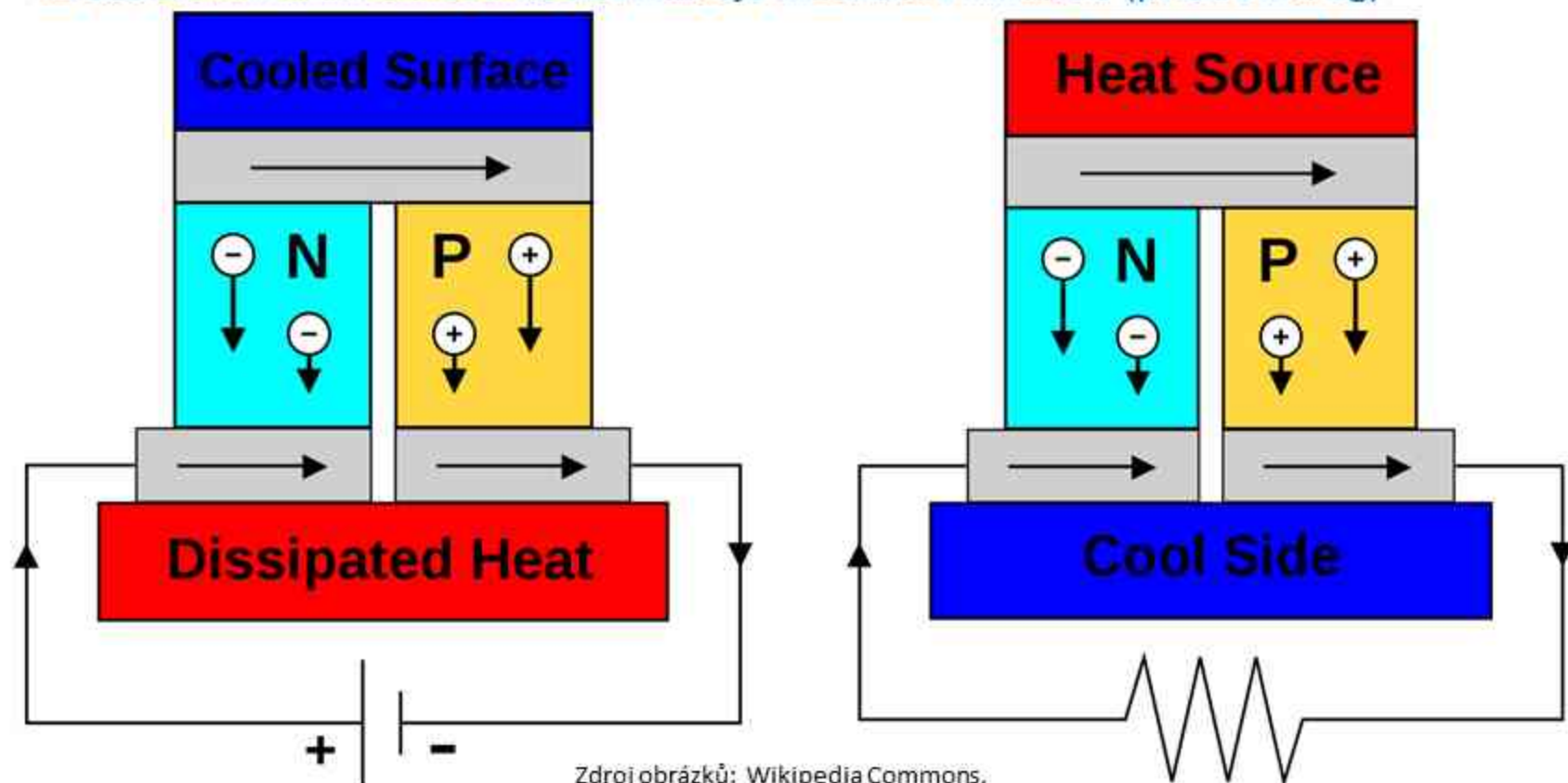
Jean Charles Athanase Peltier
(1785-1845)

Zdroj obrázku: Peltier, Jean-Charles-Athanase.
[Photograph]. In Encyclopædia Britannica

Peltierův článek

Princip:

- difúze nosičů náboje – tepelný tok – elektrický proud
- vzrůst efektivní hmotnosti nosičů náboje interakcí s mřížkou (phonon drag)



Zdroj obrázků: Wikipedia Commons,
Autor: Ken Brazier

Provedení Peltierova článku

Zdroj obrázků: Wikipedia Commons,

Autor: Owen Versteeg

TEC1-12709

of stages
Typically 1

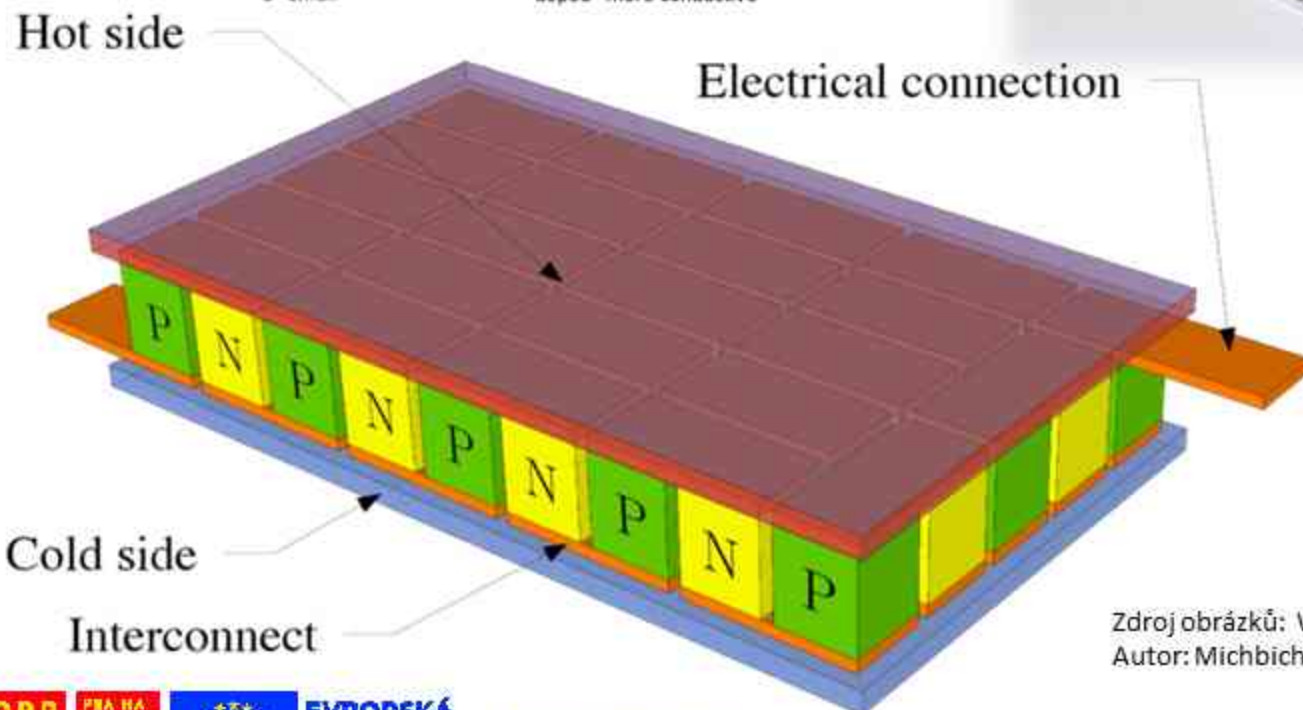
Current rating
Typically 6 to 9 amps

Size
C=standard
S=small

of couples
(P-N couples) Highly
doped=more conductive



Zdroj obrázků: Wikipedia Commons,
Autor: Bye



Zdroj obrázků: Wikipedia Commons,
Autor: Michbich

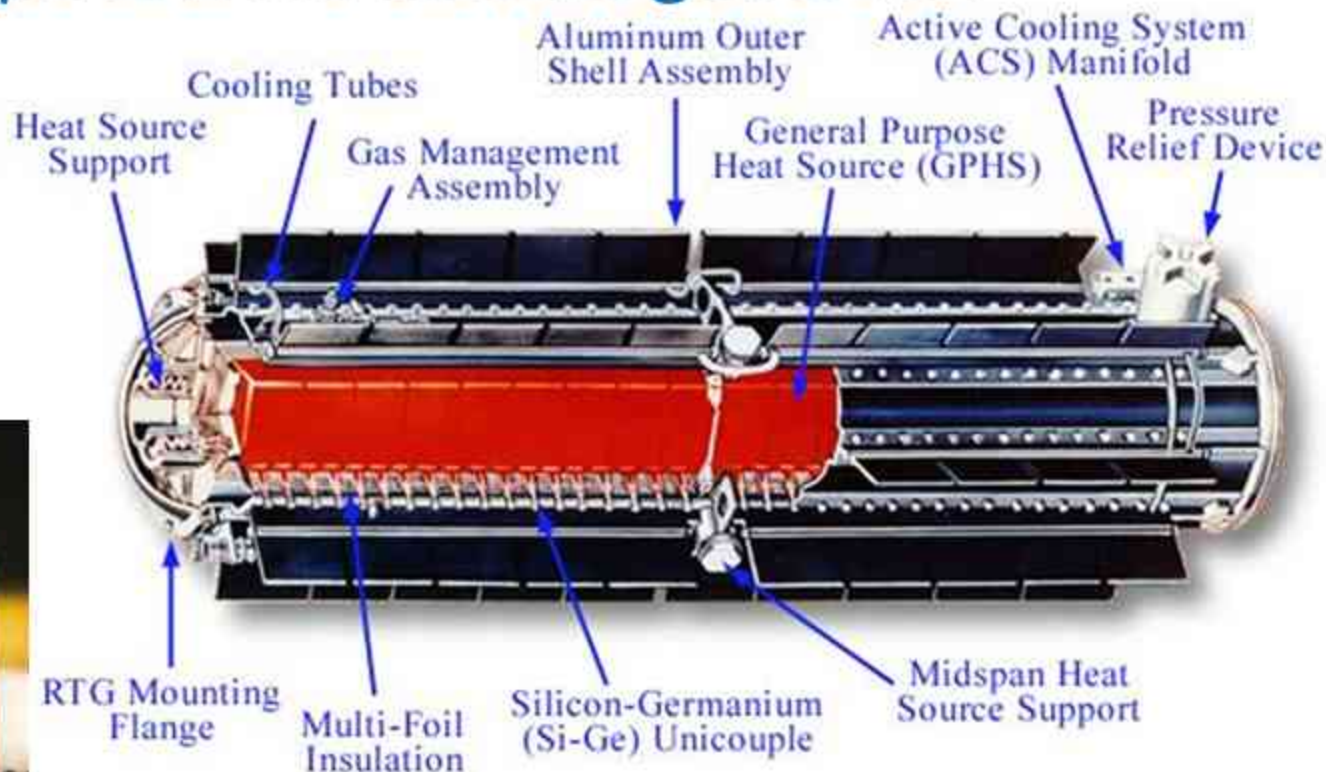
RITEG

- Radioisotope thermo electric generator

- ^{90}Sr

- ^{210}Po

- ^{238}Pu



Generátor sond: Galileo, Ulysses, Cassini-Huygens and New Horizons, Zdroj: Wikimedia Commons, Autor: NASA

Peleta PuO_2 , Zdroj: Wikimedia Commons,

Autor: Kays666

Jeden z otců TEG – Benjamin Abeles

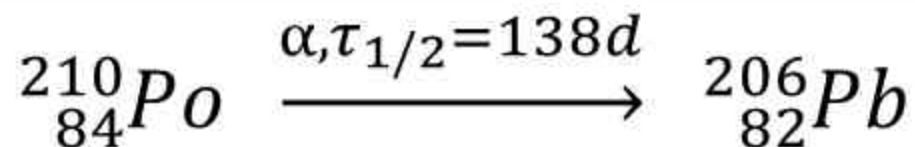


Foto: Jindřich Minařík, Lidové noviny

- *1925 Vídeň od roku 1934 žil v ČSR
- 1939 odjezd do Londýna (Sir Winton)
- po válce studium MFF UK a ČVUT
- 1949 odjel do Izraele
- Radio Corporation of America
- David Sarnoff Research Center Princeton
- Společně s Georgem Codym se zabýval měřením teplot $> 1000^{\circ}\text{C}$ a dopováním kovů a slitin pro tato měření
- 1969 vývoj zdroje pro kosmické sondy

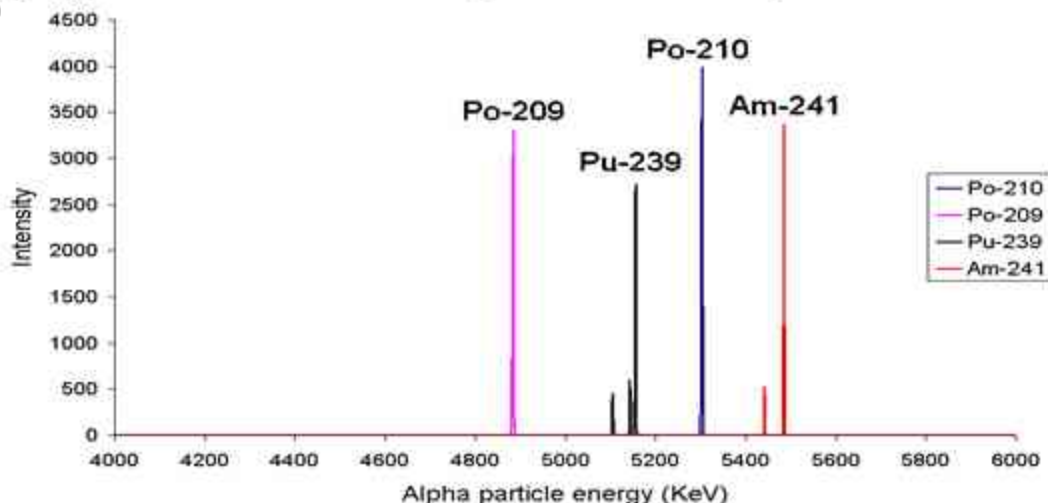
Zdroj: J. Matyáš, Wintonovo dítě vyvinulo zdroj energie pro kosmické sondy *Lidové Noviny* 26. 1. 2011, <http://www.lidovky.cz/>

Ideální zdroj – ^{210}Po



$^{210}_{84}\text{Po}$ stopová množství – generován z ^{210}Bi
nízká úroveň gama radiace 1 z 10^5 rozp.

$^{206}_{82}\text{Pb}$ stabilní izotop - 52.4% v přírodním Pb



^{90}Sr – termoelektrický generátor Beta-M

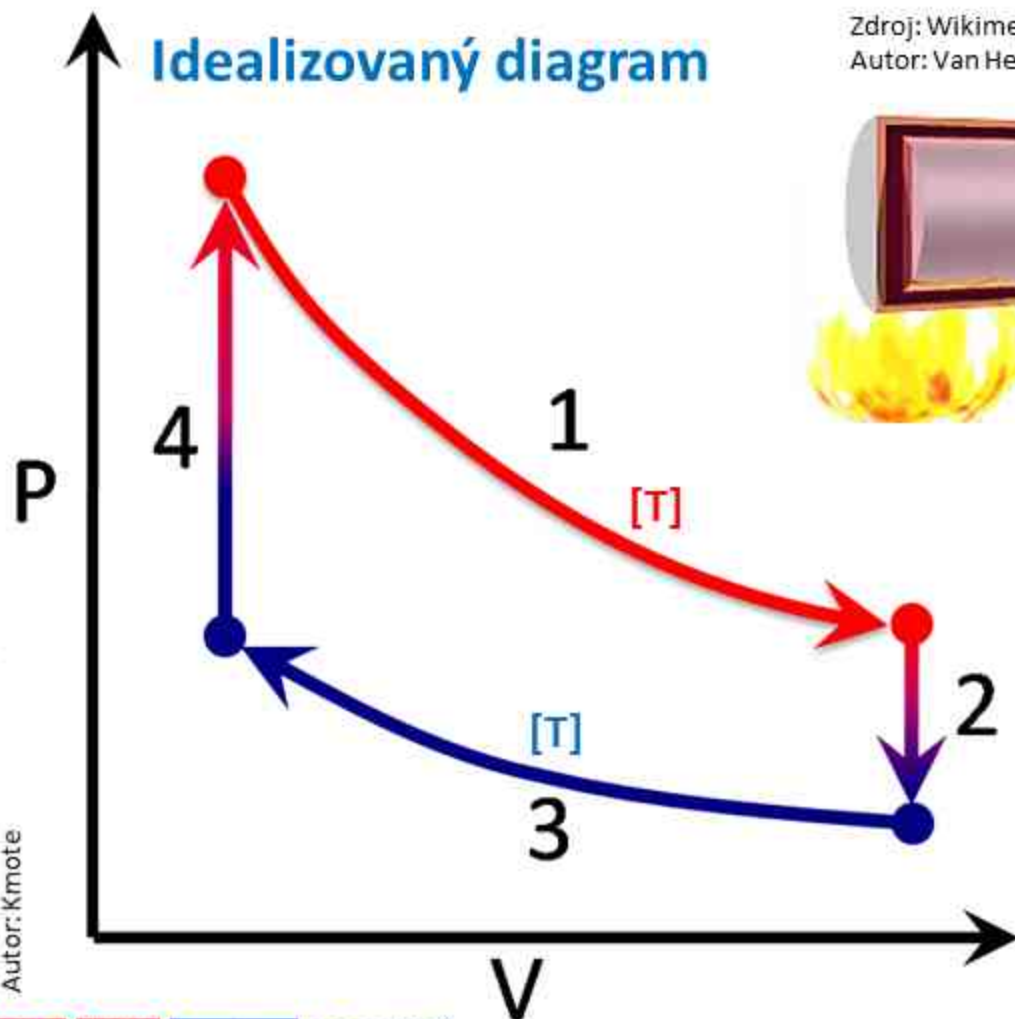
Zásobování odlehlých oblastí na Sibiři elektrickým proudem



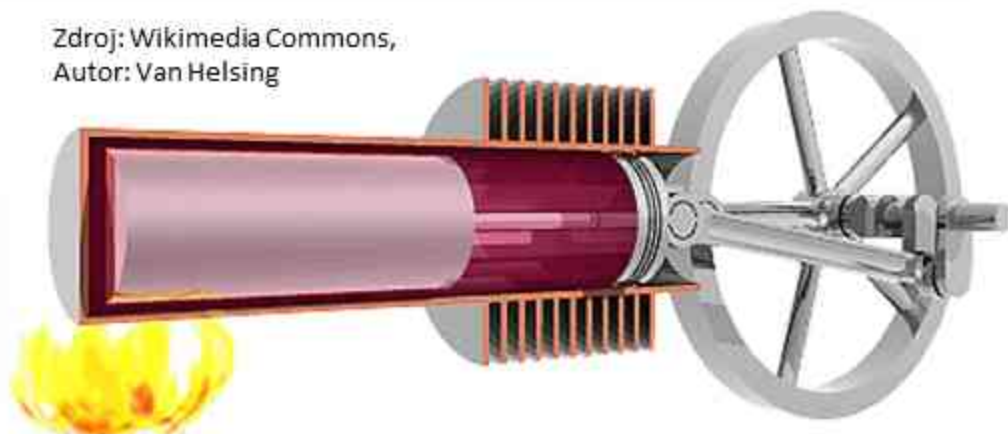
Zdroj: Wikimedia Commons,
Image from Finnmark regional government

Stirlingův motor

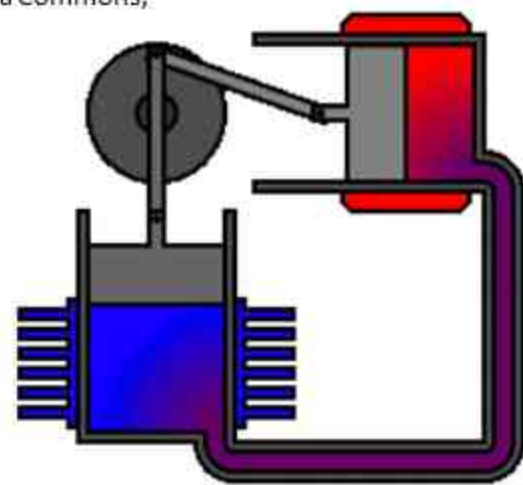
Idealizovaný diagram



Zdroj: Wikimedia Commons,
Autor: Van Helsing



Zdroj: Wikimedia Commons,
Autor: Zephyris



Zdroj: Wikimedia Commons,
Autor: Kmote