

Fyzika v kuchyni

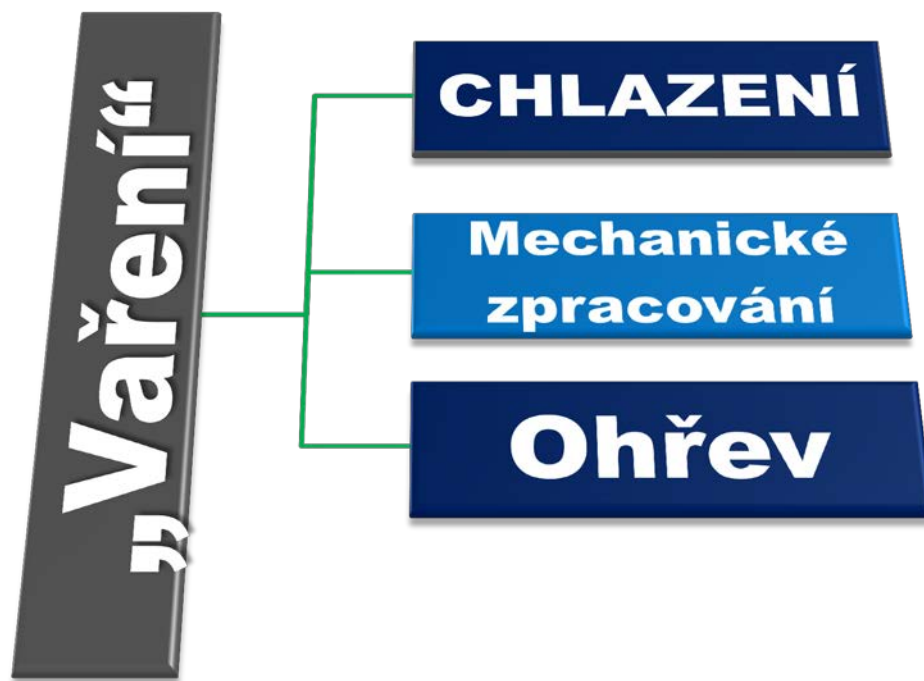
Resp.

„Pomocníci v kuchyni“

Mgr. Stanislav Panoš, Ph.D.

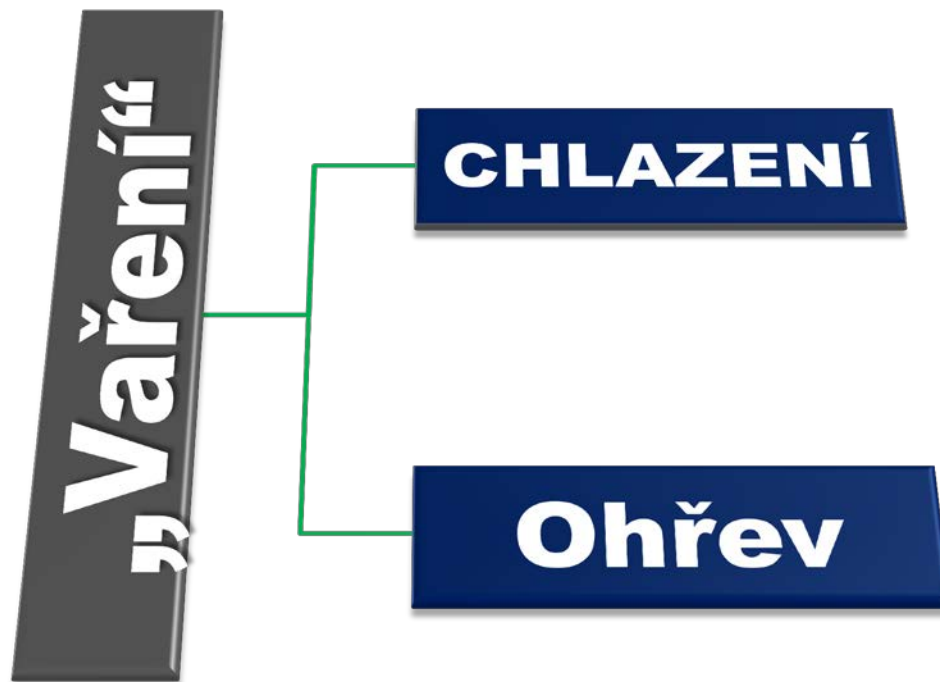


Co vlastně děláme v kuchyni z fyzikálního hlediska?





Nás bude zajímat





Chlazení/mražení

- ☐ Chlazení pomocí studené látky
- ☐ Kompresorová chladnička
- ☐ Absorbční chladnička
- ☐ Adsorbční chlazení
- ☐ Peltierův článek

Chlazení pomocí studené látky

Chladný předmět dáme do kontaktu s ochlazovaným předmětem.

Teplo proudí ve směru spádu teploty. Chladné těleso se ohřívá a teplé ochlazuje.



Foto archiv autora

(Zde dokonce led taje, proto ještě více chladí.)

Chlazení pomocí studené látky

Ochlazovat jde odpařováním kapaliny.

voda, těkavé látky (ethanol, ethér)

- prochlazení se ve vlhkém oblečení**
- osvěžení v horkých dnech**
- chlazení zranění**



Foto archiv autora



Chlazení pomocí studené látky

Nepřeberné množství úloh na výpočty tzv. KALORIMETRICKÉ ROVNICE

Do sklenice s vodou o hmotnosti 100 gramů a teplotě $t_v=20^\circ\text{C}$ vložíme kostku ledu o hmotnosti 15 gramů a teplotě $t_l=-15^\circ\text{C}$. Na jakou bude teplotu led vodu ochladí?

Měrná tepelná kapacita vody činí 4200 J/kg/K , měrná tepelná kapacita ledu 2100 J/kg/K a skupenské teplo tání ledu 334 kJ/kg .



Chlazení pomocí studené látky

Úloha je „relativně obtížná“.

Proč?

Je třeba si uvědomit:

- ☐ Kde se přijímá, kde odevzdává teplo.
- ☐ Led se ohřívá až k teplotě tání
- ☐ Led taje
- ☐ Voda vzniklá z ledu se ohřívá.
- ☐ Je třeba sestavit kalorimetrickou rovnici se správnými znaménky u jednotlivých výrazů.



Jednodušší úloha

Stanovení měrného skupenského tepla tání ledu

K vodě o hmotnosti m_v a teplotě t_v
přidáme led o hmotnosti m_L a teplotě 0°C .



Stanovení měrného skupenského tepla tání ledu

Kalorimetrická rovnice:

$$m_v \cdot c \cdot (t_v - t) = m_L \cdot c \cdot t + m_L \cdot l_t$$

m_v – hmotnost vody

t_v – teplota vody

m_L – hmotnost ledu o teplotě 0°C

t – teplota vody až led roztaje



Stanovení měrného skupenského tepla tání ledu

Vylepšená kalorimetrická rovnice:

$$(m_v \cdot c + K) \cdot (t_v - t) = m_L \cdot c \cdot t + m_L \cdot l_t$$

m_v – hmotnost vody

t_v – teplota vody

m_L – hmotnost ledu o teplotě 0°C

t – teplota vody až led roztaje

K – tepelná kapacita kalorimetru



Stanovení měrného skupenského tepla tání ledu

Výsledná rovnice:

$$l_t = \frac{(m_v \cdot c + K) \cdot (t_v - t)}{m_L} - c \cdot t$$



Stanovení tepelné kapacity kalorimetru

Smícháme teplou vodu o hmotnosti m_T a teplotě t_T se studenou o hmotnosti m_S a teplotě t_S .

Dostaneme směs vody o teplotě t_V .

(Studená voda je v kalorimetru, teplou přiléváme.)

$$m_T \cdot c \cdot (t_T - t_V) = (m_S \cdot c + K) \cdot (t_V - t_S)$$



Stanovení tepelné kapacity kalorimetru

Výsledná rovnice:

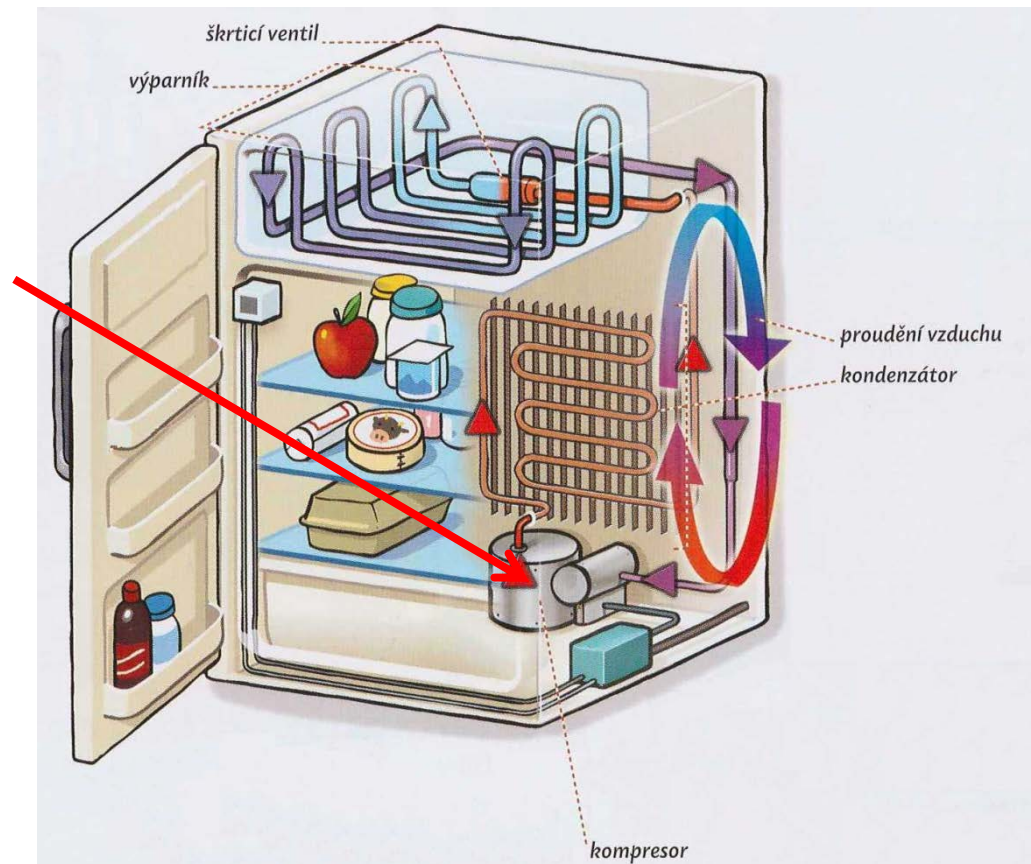
$$K = \frac{m_T \cdot c \cdot (t_T - t_V)}{(t_V - t_S)} - m_S \cdot c$$

Kompresorová chladnička

Kompresor stlačuje plyn, ten se ohřívá na teplotu $T_2 > T$ (v místnosti).

$$p_1 \cdot V = n \cdot R \cdot T_1$$

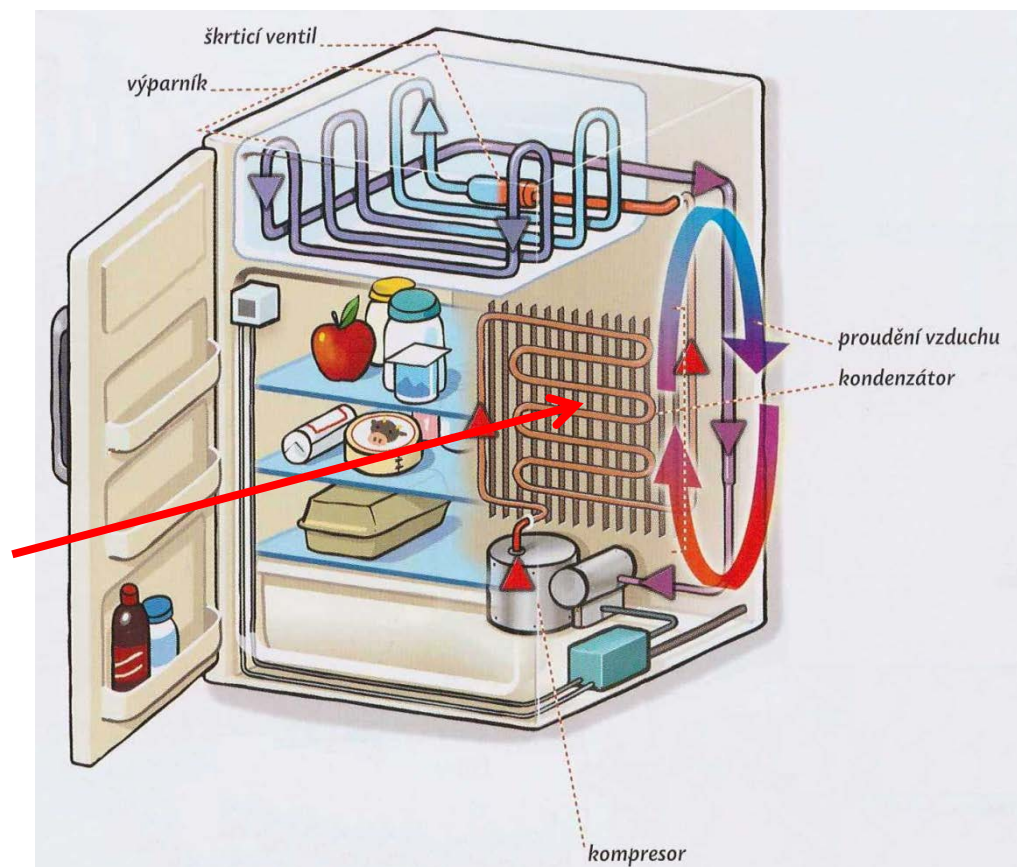
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



Převzato z: [1] – „Víš, jak věci fungují?“

Kompresorová chladnička

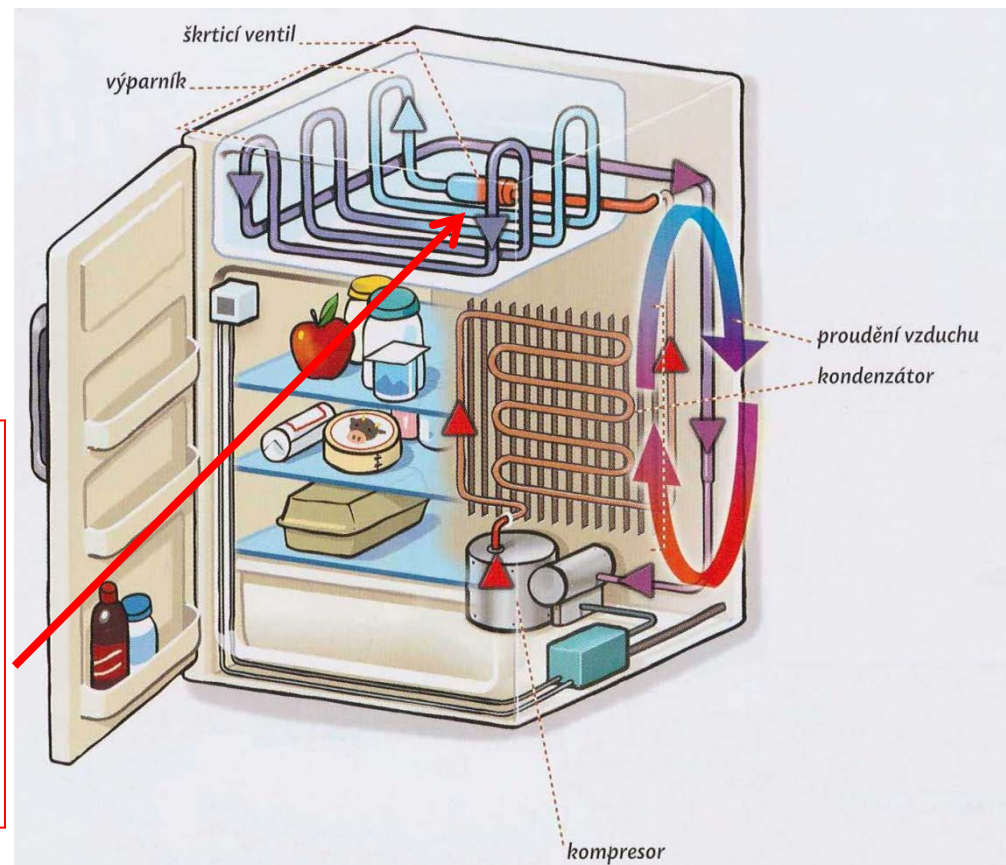
Ohřátý plyn se v chladiči ochlazuje až zkapalní, ideálně na teplotu místnosti T



Převzato z: [1] – „Víš, jak věci fungují?“

Kompresorová chladnička

Za škrtícím ventilem plyn expanduje nebo kapalina se odpařuje, odebírá teplo z okolí, tj. z chlazeného prostoru až na $T_2 < T$.



Převzato z: [1] – „Víš, jak věci fungují?“



Kompresorová chladnička

Vlastnosti:

- 😊 **Dobrá účinnost**
- 😊 **Prakticky okamžitý start – možnost regulace**
- 😊 **Přiměřená cena zařízení**
- 😞 **Pro činnost nutná elektřina**
- 😞 **Produkuje hluk, vibrace, rušení el. sítě (velké lednice)**
- 😞 **Hrozí únik chladicího média**

Kompresorová chladnička

Někdy je vhodný nucený oběh vzduchu v chlazeném prostoru.



Foto archiv autora



Absorbční chladnička

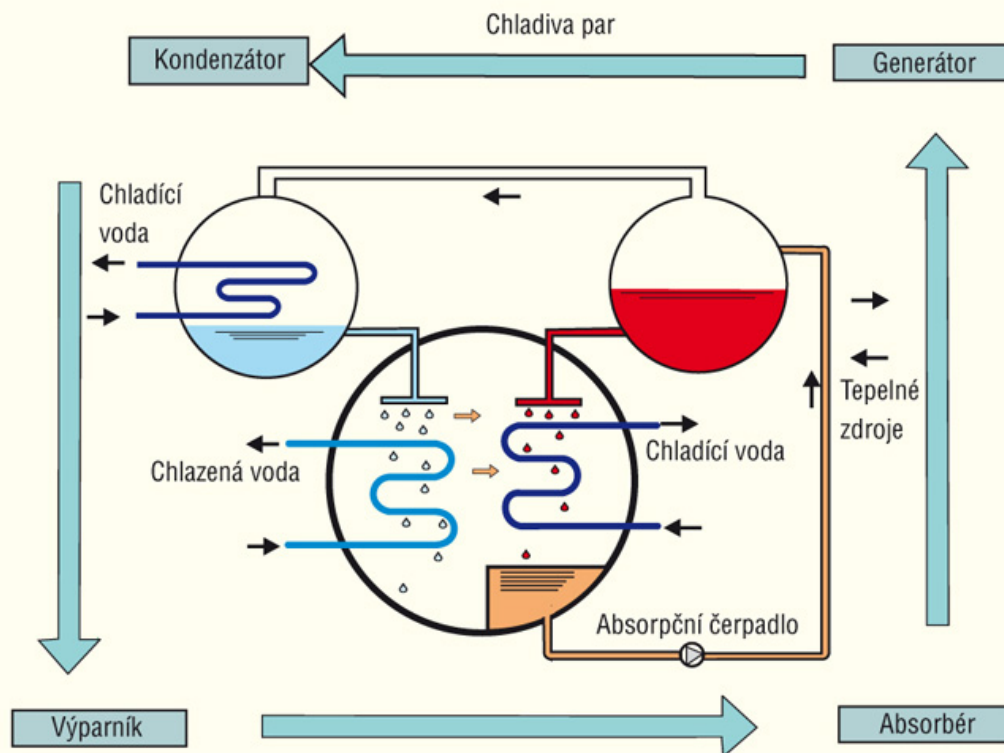
Princip

1. Při odpařování látka odebírá okolí teplo.
 2. Při nízkém tlaku se látka intenzivněji odpařuje.
 3. Některé koncentrované roztoky na sebe váží vodu.
- Pracovní médium – vodné roztoky NH_4 , LiBr

(Pokus s vodou a teploměry)

Absorbční chladnička

5



Základní pracovní cyklus jednotného účinku absorpčního chladiče páry.

Převzato z: <http://www.gbconsulting.cz/chlazení-princip.html>



Absorbční chladnička

Paradoxní systém – „chladím pomocí ohřívání látky“

- 😊 U malých zařízení nehlučný provoz
- 😊 Bez pohyblivých součástí – „nekonečná“ životnost
- 😊 Vyšší účinnost než u Peltierových článků
- 😊 Lze využít odpadní teplo pro chlazení
 - Pivovary – chlazení v průběhu výroby
 - Nemocnice – odpadní teplo slouží k chlazení vzduchu v klimatizaci
 - ...



Absorbční chladnička

Paradoxní systém – „chladím pomocí ohřívání látky“

- ☹ Nižší účinnost než u kompresorového chlazení
- ☹ Dlouhý náběh systému – nelze regulovat zapínáním a vypínáním
- ☹ Velké systémy se neobejdou bez čerpadel a ventilátorů –
pohyblivé části (životnost a hluk)



Adsorbční chladnička

Princip - Přilnutí chladící látky (např. vody) k povrchu adsorbentu spotřebovává teplo

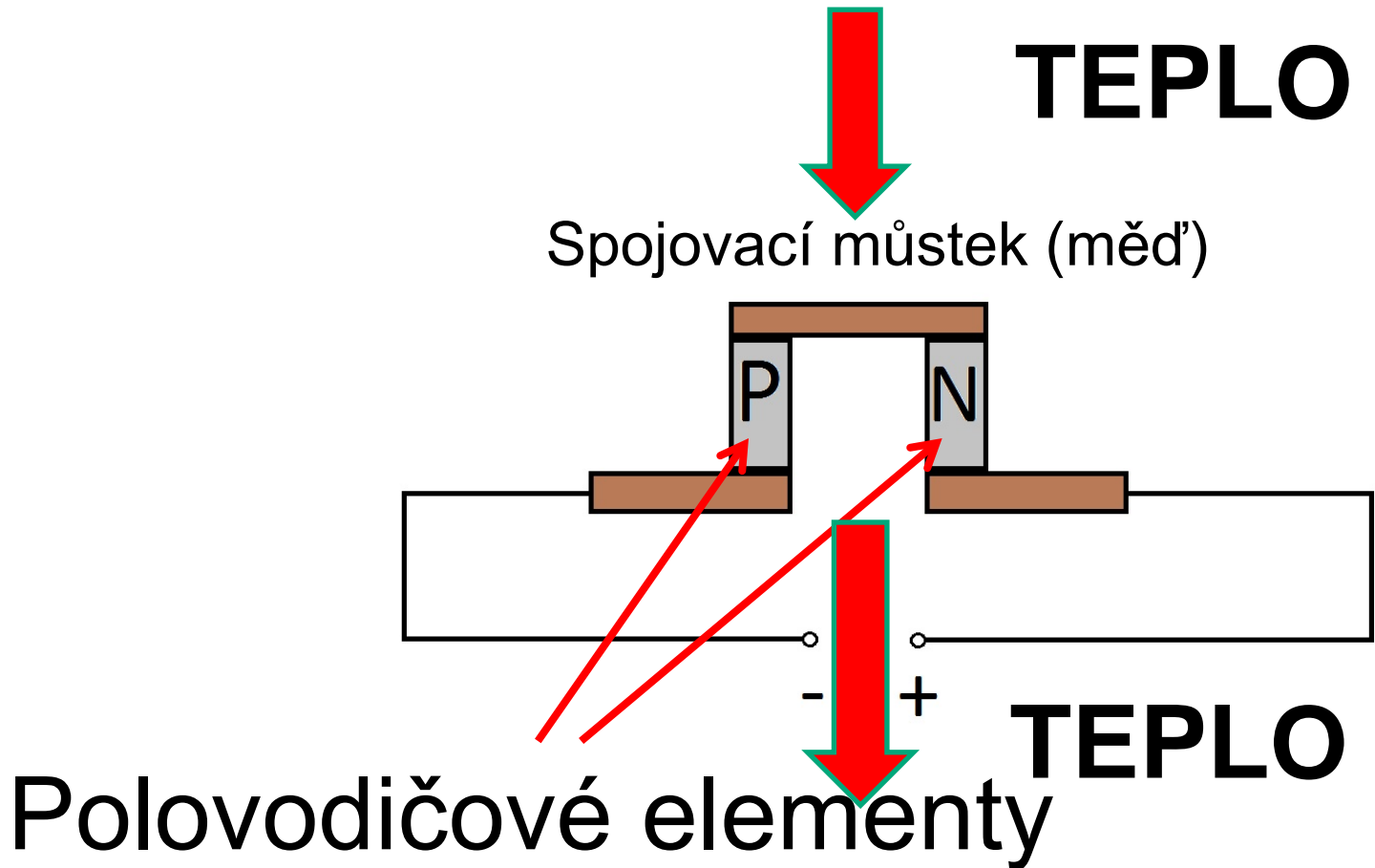
- Adsorbenty **silika gel** nebo **zeolit**
- Porézní povrch adsorbentu — malý objem s velkou plochou
- Spíše nevratný děj
- Výhodné pro jednorázová chlazení
- Aplikace —samochladící pивní sud



Peltierův článek

- Princip - **Peltierův jev** (Jean C. Peltier, 1834)
- Prochází-li proud obvodem se dvěma rozdílnými vodiči zapojenými v sérii, jedna z jejich styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá.
- Článek má dvě strany- jedna chladí a druhá topí
- Nízká účinnost, (topící/chladicí výkon) max. 1,5x – 2,5x
- Účinnost klesá s rostoucím teplotním rozdílem mezi teplou a studenou stranou

Uspořádání jednoho článku



„Baterie“ Peltierových článků



Převzato z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Peltierelement_16x16.jpg



Peltierův článek - parametry

Základní polovodičový materiálem bizmut-telluridy
Bi-Te-Se (typ N) a Bi-Sb-Te (typ P)

Chladicí výkon: 0,1 W až po stovky wattů

Maximální teplotní rozdíl: 60 až 75 °C

Rozměry: 10x10 až 60x60 mm, tloušťka asi 3 až 6 mm

Ceny od 100 Kč (P=9W), 635 Kč pro typ s výkonem 267W
(stav k podzimu 2013)



Peltierův článek

Za cca 100 Kč dostaneme článek s výkonem 9W.

Co lze očekávat?

Měrná tepelná kapacita vody $c=4200 \text{ J/kg/K}$ tj. $4,2 \text{ J/g/K}$

1g vody ochladí o 1K za $4,2:9 = 0,47\text{s}$

Měrné skupenské teplo tání ledu 334 kJ/kg tj. 334 J/g

1g vody zmrazí za $334:9 = 37\text{s}$



Peltierův článek

– charakteristiky z pohledu uživatele

- 😊 Malé rozměry
- 😊 Okamžitý efekt chlazení/topení
- 😊 Dosažení nízkých teplot i pod -20 °C
- 😊 Snadná regulace výkonu
- 😊 Absolutně tichý provoz (žádné pohyblivé části)
- 😊 Dlouhá životnost (teoreticky neomezená)
- 😊 Možnost usměrnit chlazení na velmi malou plochu
- 😊 Lze změnit z chlazení na ohřívání změnou polarity napájení



Peltierův článek

– charakteristiky z pohledu uživatele

- ☹ Přehřívání
- ☹ Velká spotřeba proudu
- ☹ Drahé v případě potřeby velkého chladicího výkonu
- ☹ Nižší účinnost v porovnání s kompresorovým chlazením
- ☹ Levná zařízení jsou paradoxně hlučná

Nejobvyklejší použití – cestovní lednička

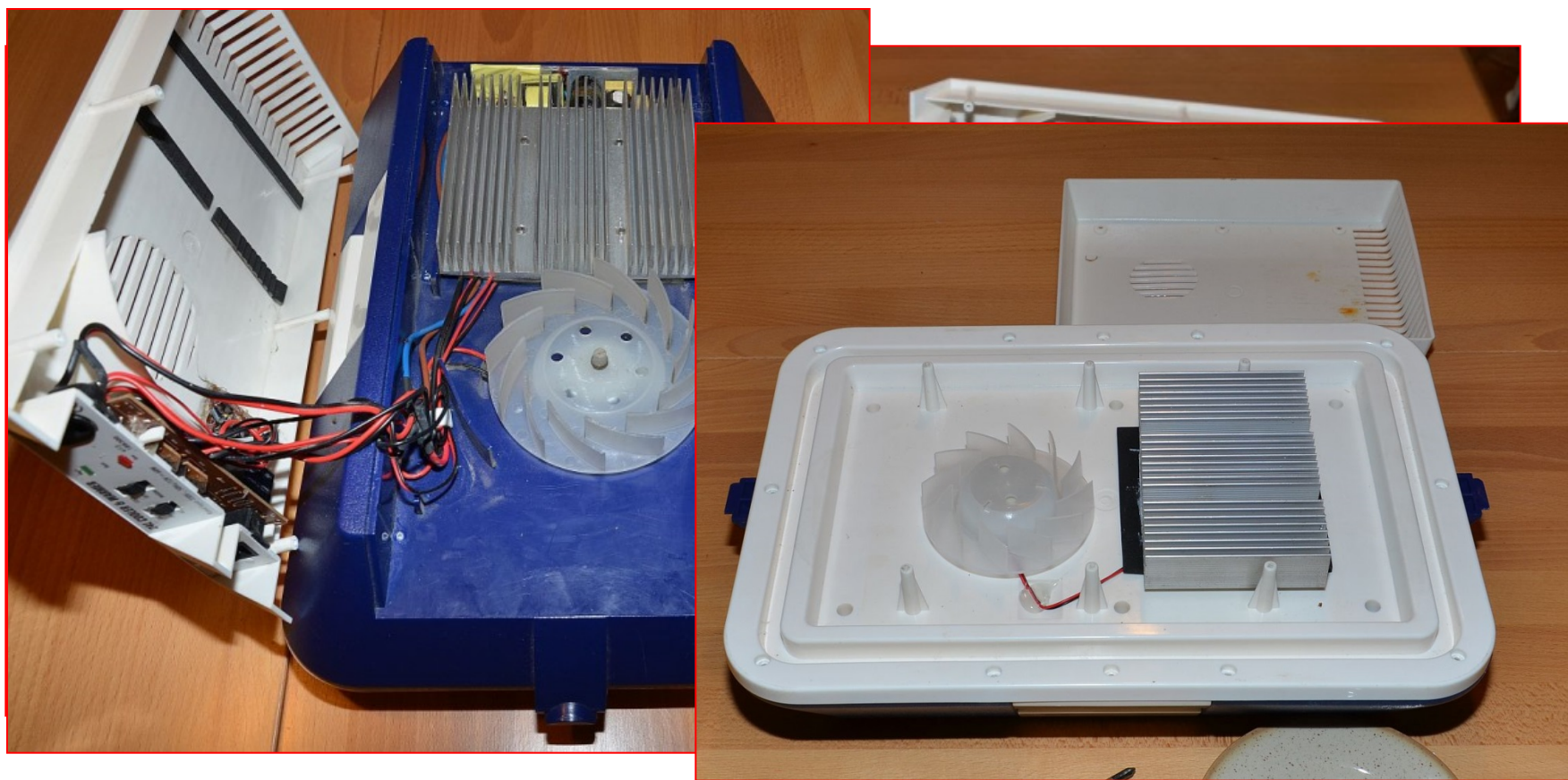


Foto archiv autora



Ohřívání k kuchyni

- ☐ **Plynový vaříč**
- ☐ **Elektrický vaříč, ponorný vaříč, rychlovarná konvice, elektrická trouba**
- ☐ **Sklokeramická deska**
- ☐ **Indukční vaříč**
- ☐ **Mikrovlnná trouba**



Plynový vaříč

- Otevřený oheň
- Palivo – zemní plyn, propan-butan, líh, benzín
- Při spalování se spotřebovává kyslík ze vzduchu v místnosti
- **Teplo vzniká vně nádoby – problém s účinností**
- Regulace je možná jen v určitém rozsahu výkonů



Elektrický vaříč, ponorný vaříč, rychlovarná konvice, elektrická trouba

- **Princip** - Ohřev pomocí elektrického proudu procházejícího vodičem – Jouleovo teplo
- Někdy doplněno termostatem – vyšší komfort obsluhy + delší životnost



Elektrický vařič

- 😊 Nedochází ke spalování – není spotřeba kyslíku
- 😊 Při doplnění termostatem – konstantní teplota
- 😊 Lze přesně řídit výkon až nule
- 😊 Bez speciálních nároků na nádobí
- 😞 Teplo vzniká vně ohřívaného tělesa \Rightarrow přestup tepla (ztráty do okolí)
- 😞 Účinnost okolo 50 procent (spíše méně)

Ponorný vaříč a rychlovarná konvice



Foto archiv autora



Foto archiv autora

Proč je rychlovarná konvice taková rychlá?

- Vysoký výkon topného tělesa – 1000 - 2000(3000)W



Foto archiv autora

- Vysoká účinnost ohřevu díky přímému kontaktu topného tělesa s ohřívanou vodou

Rychlovarná konvice – co je uvnitř

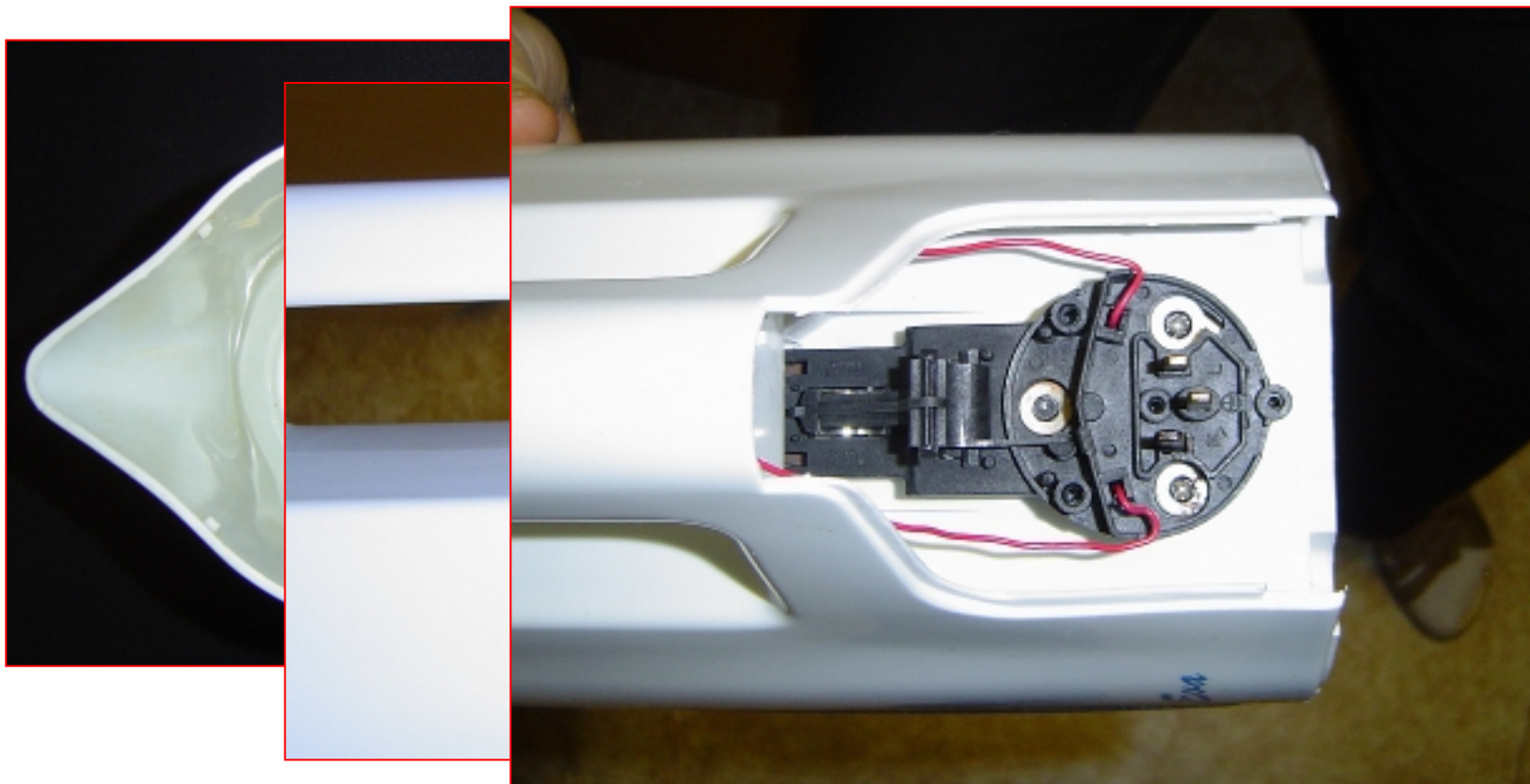


Foto archiv autora

System vypínání

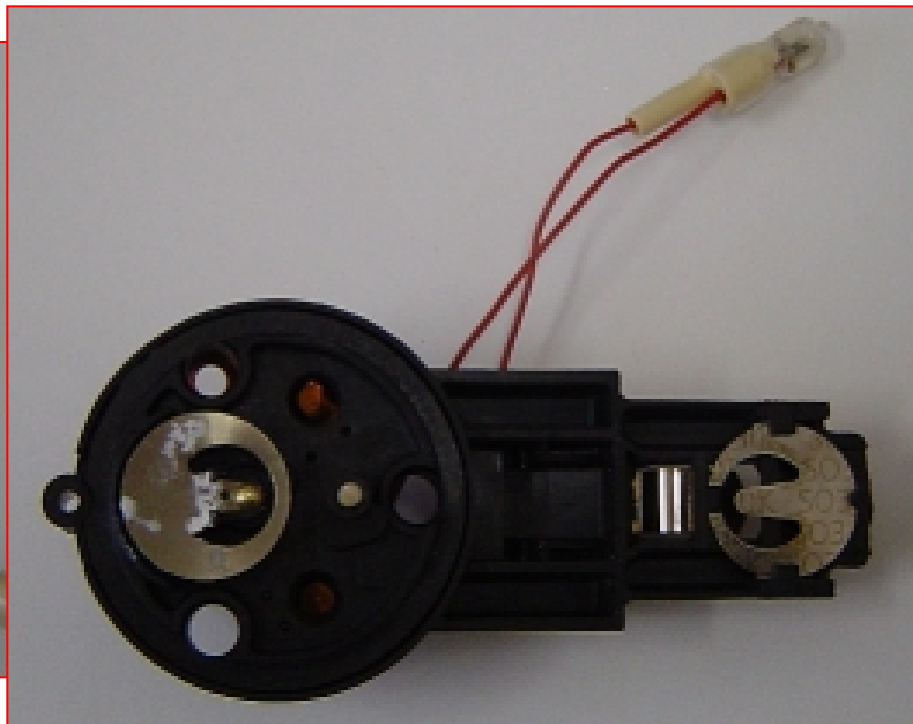
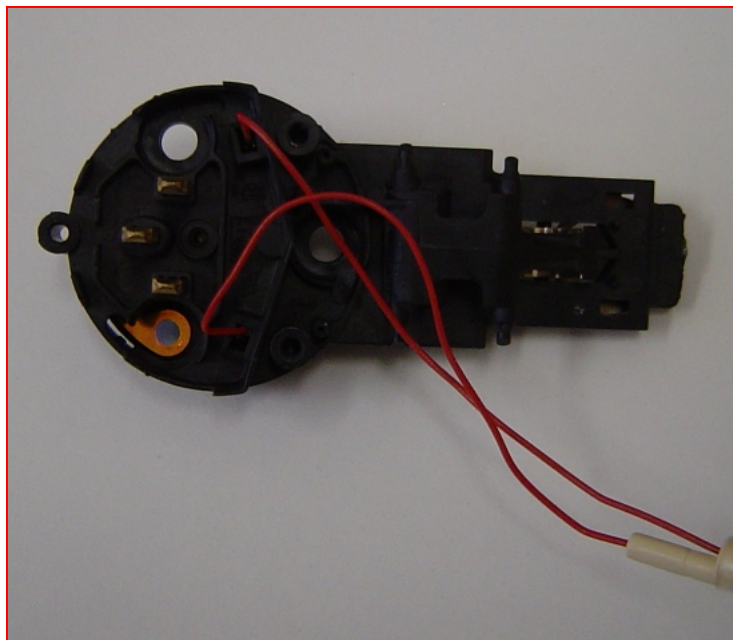


Foto archiv autora

Sklokeramická varná deska

„Klasická“ sklokeramická varná deska

- Vlastnosti podobné elektrické plotýnce
- Ohřev zajišťují topná tělesa nebo halogenové lampy

Sklokeramická indukční varná deska

- Pracuje na principu indukčního vaříče



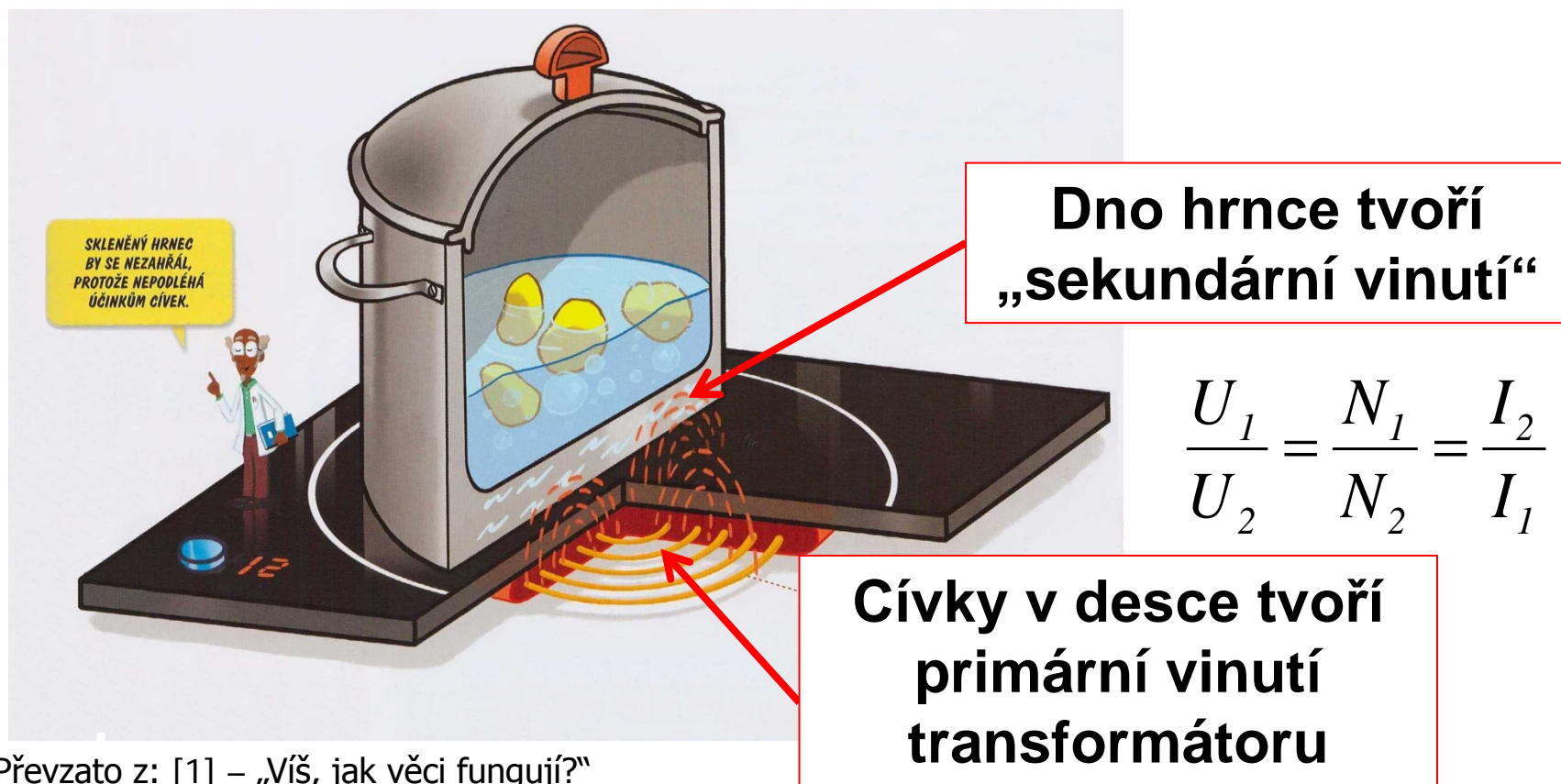
Indukční vaříč



Foto archiv autora

Hrnec funguje jako topné těleso.

Indukční vařič



Převzato z: [1] – „Víš, jak věci fungují?“

Indukční vaříč

Jaký proud asi teče hrncem?

Jak „silné“ elektromagnetické pole je nad vaříčem?

$$P \cong U_{\text{prim}} \cdot I_{\text{prim}} \Rightarrow I_{\text{prim}} \cong \frac{P}{U_{\text{prim}}} \quad \text{ní}$$

$$I_{\text{prim}} \cong \frac{1200 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 5,2 \text{ A}$$

$$\frac{U_{\text{prim}}}{U_{\text{sek}}} = \frac{I_{\text{sek}}}{I_{\text{prim}}} \Rightarrow I_{\text{sek}} = \frac{U_{\text{prim}}}{U_{\text{sek}}} \cdot I_{\text{prim}}$$

$$I_2 = \frac{230 \text{ V}}{3 \text{ V}} \cdot 5,2 \text{ A} = \underline{\underline{399 \text{ A}}}$$



Foto archiv autora

Více závitů – větší žárovka (230V/60W)



Foto archiv autora

Více závitů – větší žárovka (230V/60W)

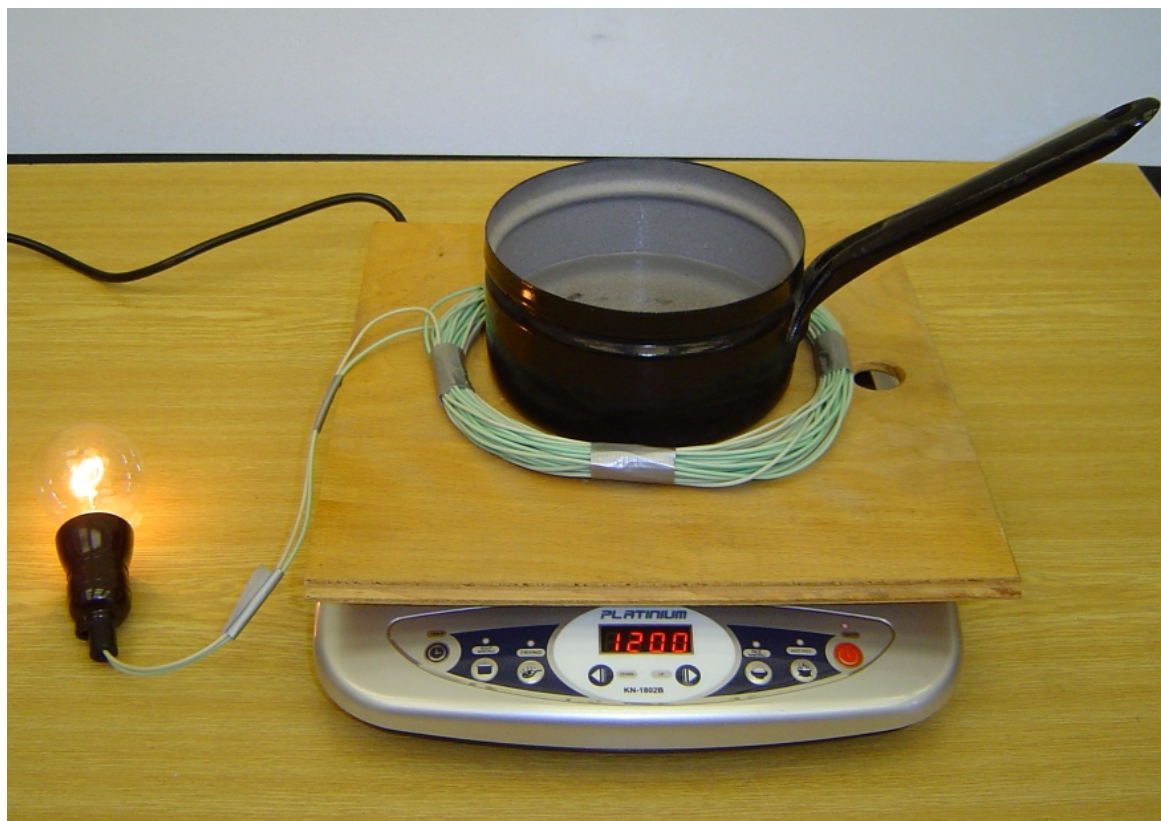


Foto archiv autora

Proč ne každý kus nádobí se hodí pro použití na indukčním vařiči?

Suitable for



Electric



Ceramic



Halogen



Gas



Induction



Dishwasher



Oven

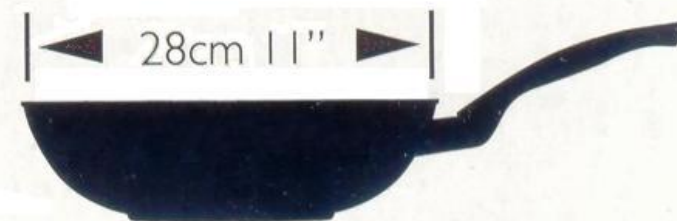


Use oven glove

BA Neljepljiva tava prečnika 28cm za prženje s miješanjem

BG Дълбок скосен тиган с незалепващо покритие, 28cm

CZ Nepřilnavá pánev Wok 28cm



Symbols z pánve Fissler - foto archiv autora

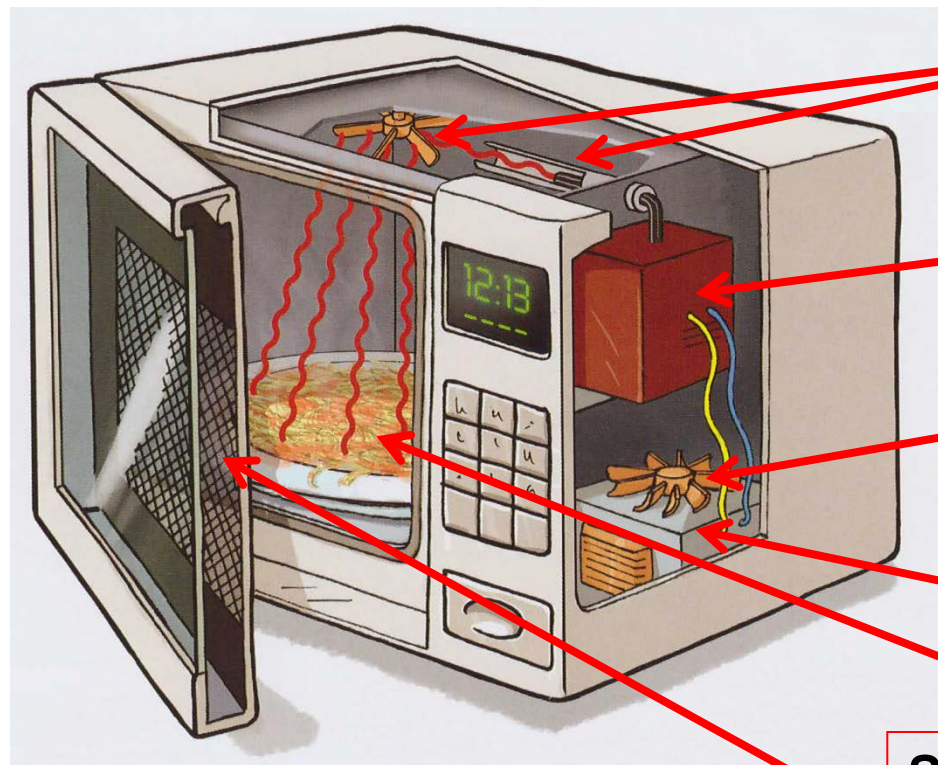
Proč ne každý kus nádobí se hodí pro použití na indukčním vařiči?

- Nádobí představuje zátěž transformátoru.
- Pro malý odpor nádobí se vařič chová jako by byl zkratovaný.
- Dochází k přetížení cívek ve vařiči. Elektronická pojistka vařič vypne jako ochranu před zničením.



Symbole z pánve Fissler - foto archiv autora

Mikrovlnná trouba



Ventilátor ?

**Zdroj mikrovlnného
záření – magnetron**

Ventilátor chlazení zdroje

Napájecí zdroj

Otočný talíř

**Síť ve dvířkách bránící úniku
záření mimo prostor trouby**

Převzato z: [1] – „Víš, jak věci fungují?“



Mikrovlnná trouba

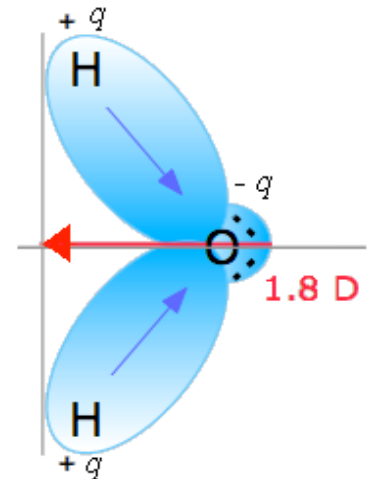
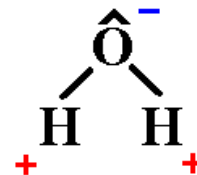
Jak to vlastně pracuje?

Základem je voda!

Díky rozložení nábojů se chová
jako dipól (obdoba magnetu).

$D = 6,1 \cdot 10^{-30} \text{ C.m}$

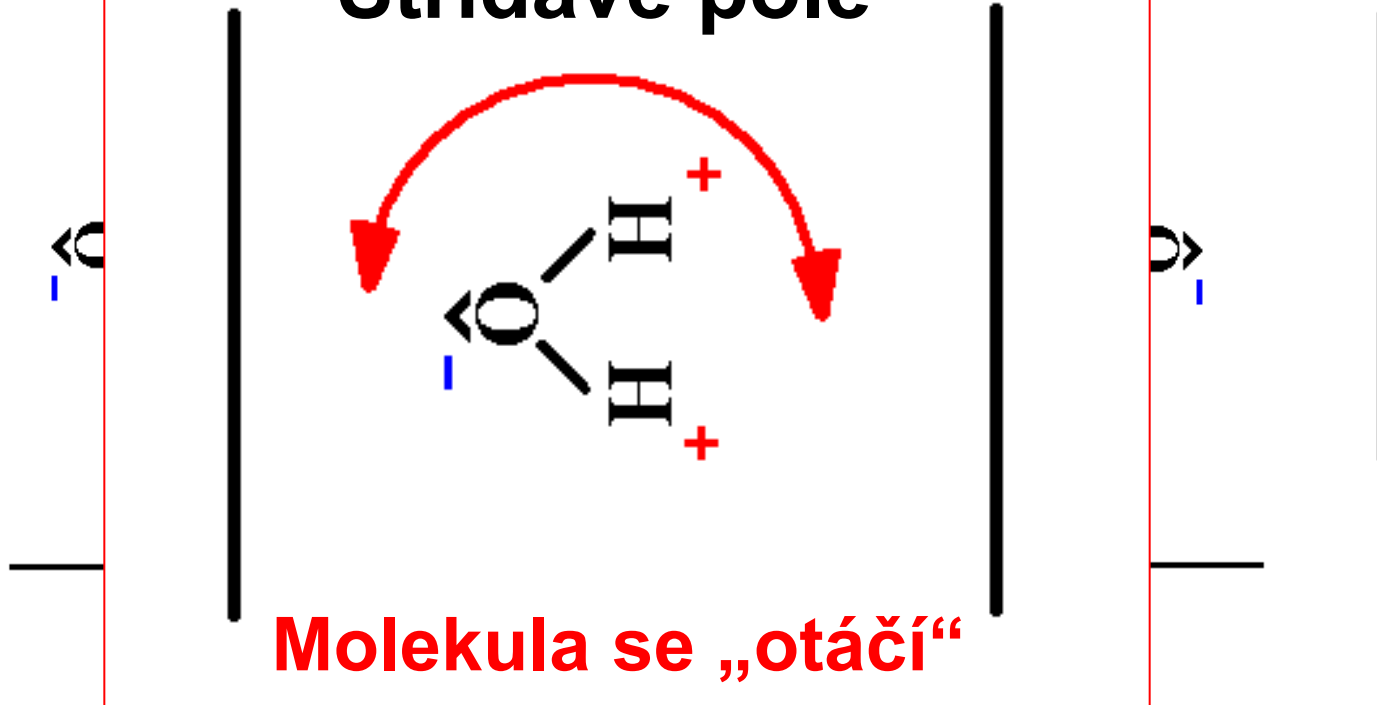
${}^8\text{O} : 1s^2 2s^2 2p^4$



Jak se chová molekula vody po vložení do elektrického pole?

Frekvence změn 2,45 GHz

Střídavé pole





Mikrovlnná trouba

Výhody:

- 😊 Ohřívá se voda – vnitřek pokrmu
- 😊 Ohřívá se celý objem
- 😊 Lze použít značný výkon \Rightarrow rychlost ohřevu
- 😊 Vysoká účinnost ohřevu díky „vzniku tepla ve vodě“

Nevýhody:

- 😞 V prostoru vzniká stojaté vlnění \Rightarrow nerovnoměrnost ohřevu
- 😞 Celkově malá účinnost zařízení daná nízkou účinností zejména magnetronu



Energetické ztráty v mikrovlnné troubě

- **Osvětlení a chlazení: 5 %**
- **Ztráty v transformátorech: 10 %**
- **Ztráty v magnetronu: 27 %**
- **Vazební ztráty: 8 %**

Celkem účinnost teoreticky 60 %

Dle časopisu Elektro č. 8/2005:

http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26411



Nebezpečný stav – přehřátá kapalina (voda)

**Kapalina má vyšší teplotu než je její bod varu,
přesto var nenastává.**

**Stačí malý impuls a dochází okamžitě k
bouřlivému varu.**

Ukázat video !

Měření účinnosti (elektrických) vaříčů

Pomůcky:

- Teploměr
- Hodiny (stopky)
- Měřič spotřeby el. energie
- Různé typy vaříčů a nádob



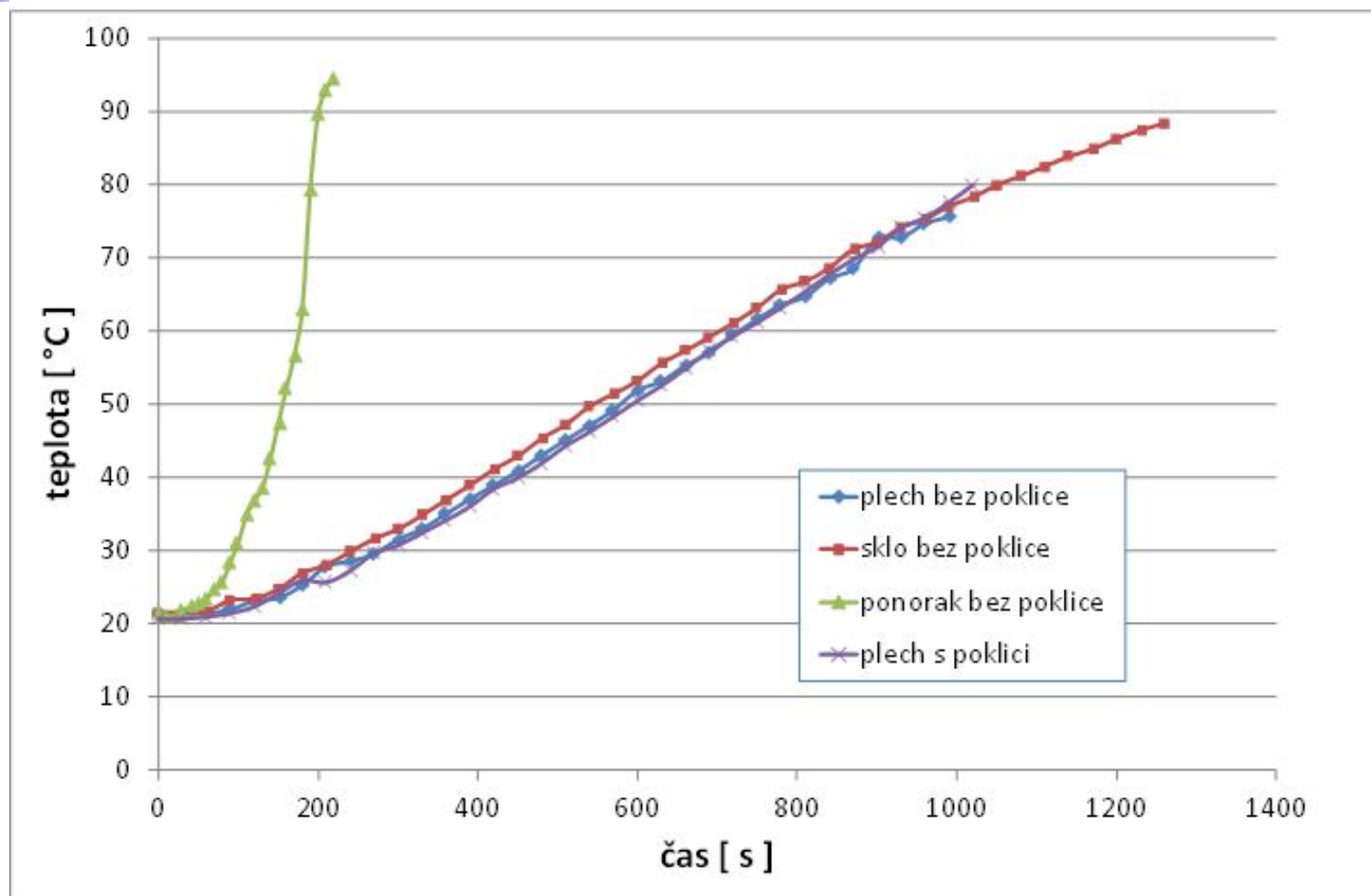
Foto archiv autora



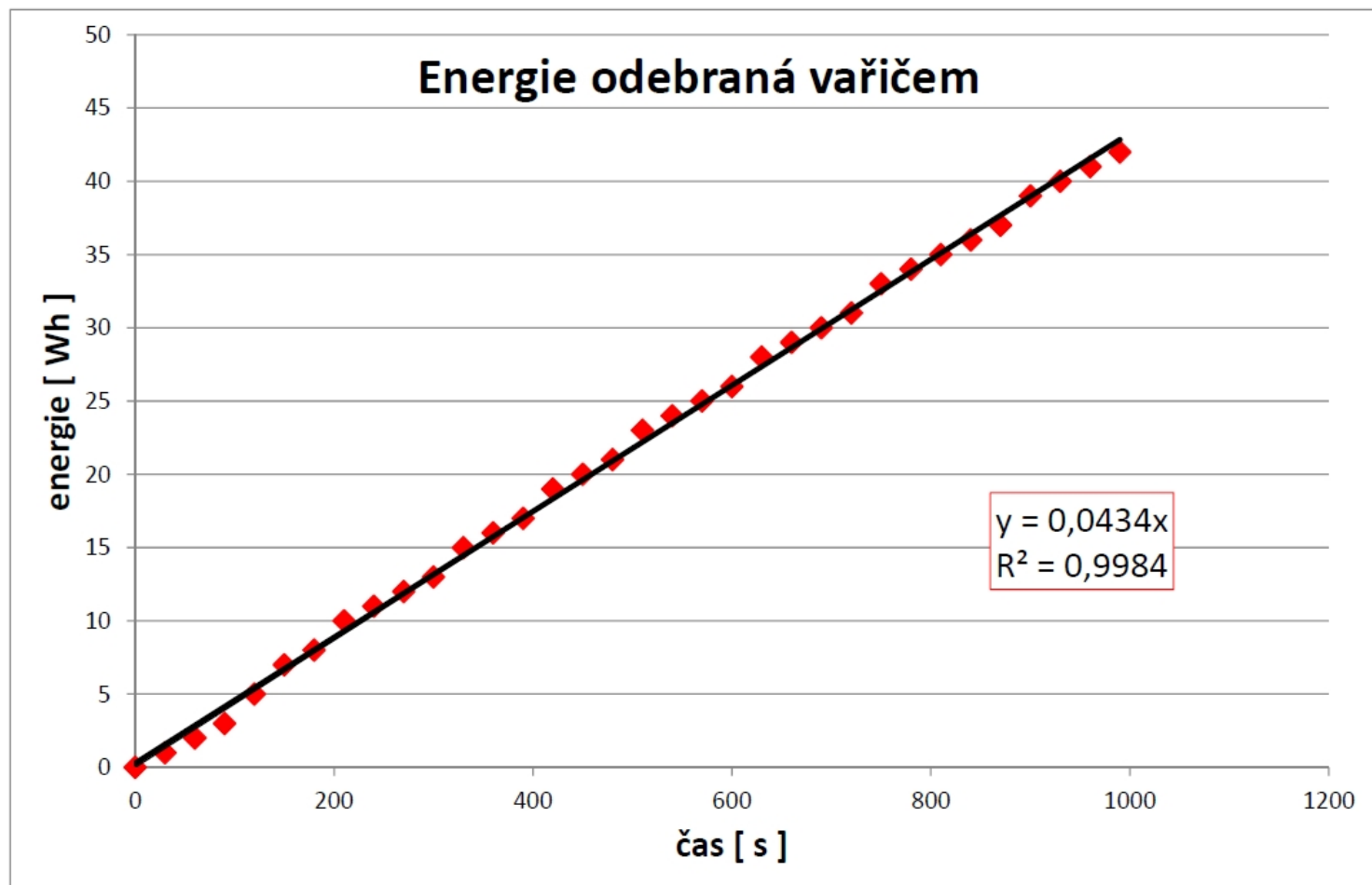
Provedení

- **V nádobě ohříváme vodu o známé hmotnosti**
- **V pravidelných intervalech si zapisujeme
teplotu vody a množství odebrané energie**
- **Sestrojíme graf (grafy)**
- **Stanovíme účinnost**

Výstup z měření



Když nemám měřič energie?





Výpočet

Přijaté teplo:

$$Q = m \cdot c \cdot (t - t_{start})$$

Účinnost:

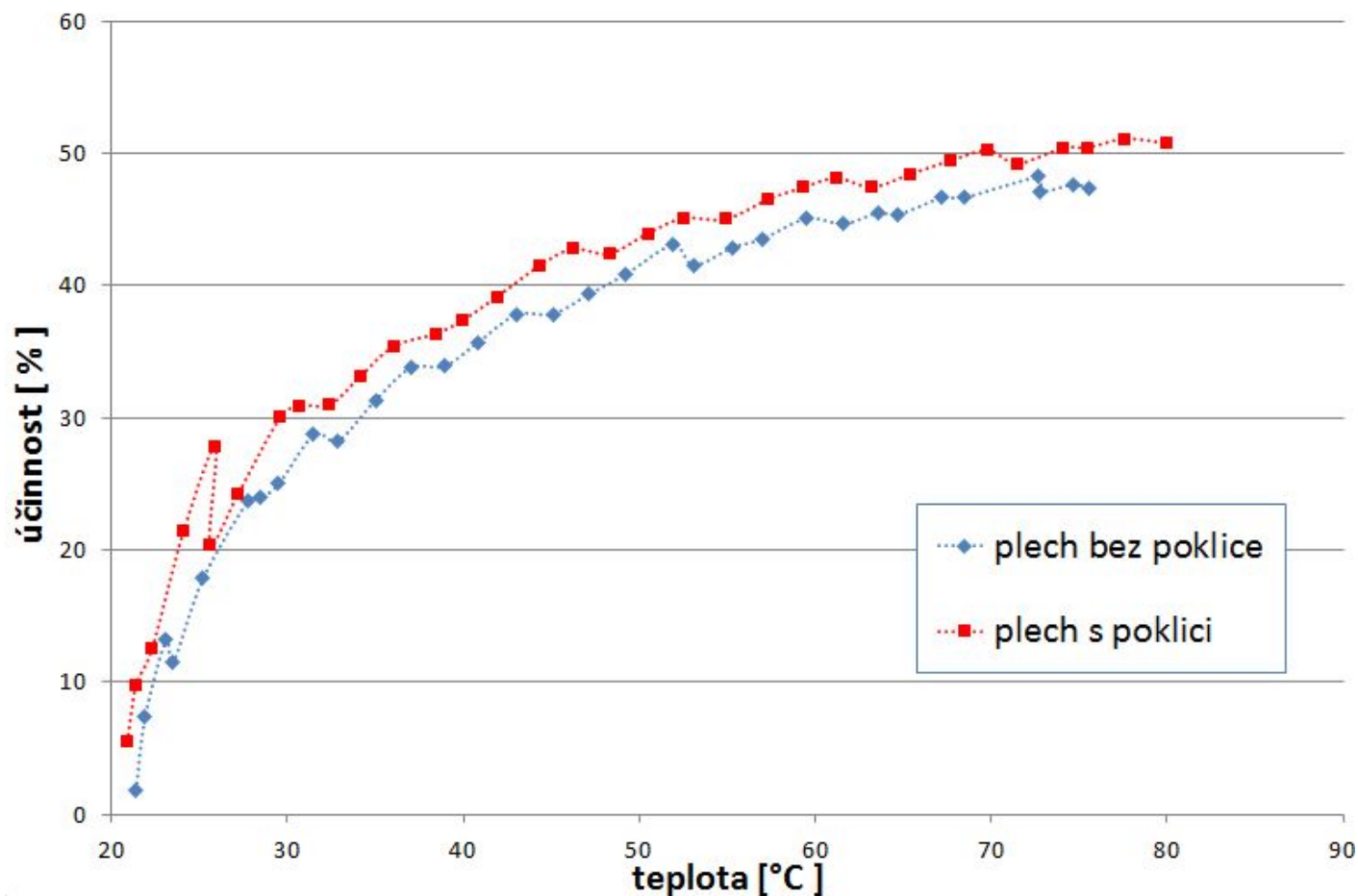
$$\eta = \frac{Q}{E}$$

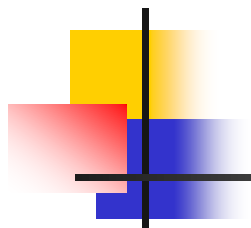
$$\eta = \frac{m \cdot c \cdot (t - t_{start})}{E}$$

Pokud nemáme měřič energie, lze použít příkon ze štítku přístroje:

$$\eta = \frac{m \cdot c \cdot (t - t_{start})}{P \cdot \tau}$$

Jaké můžeme dostat závěry?





Konec

Literatura:

[1] - Lebeaume, J., Lebeaume, C., Víš, jak věci fungují?, Knižní klub, Praha 2010