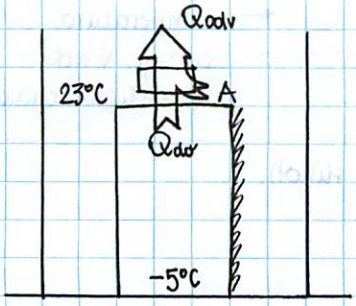
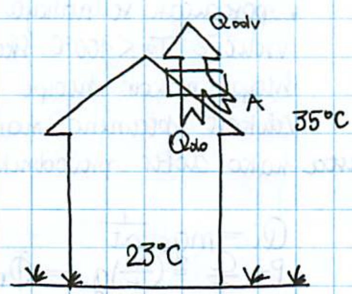
(B) HLADILNIK



hiša

ŠTEDILNIK

(B) KLIMATSKA NAPRAVA



1kg ledu:

taljenje $Q_t = m q_t$ ... 1€

zmrzovanje

$$A = \frac{Q_{do}}{\eta} = \frac{Q_T}{\eta}$$

$$\eta = \frac{T_{do}}{T_{odv} - T_{do}} = \frac{273\,K}{300\,K - 273\,K} \doteq 10$$

$$A = \frac{Q_T}{\eta} \quad \dots \quad 0{,}1€$$

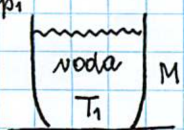
CLAUSIUS–CLAPEYRONOVA ENAČBA (1834)

(= že uporabljen entropijski zakon)

vrelišče vode pri 100°C (T_1) pri tlaku 1 bar ($= 10^5\,Pa; p_1$).

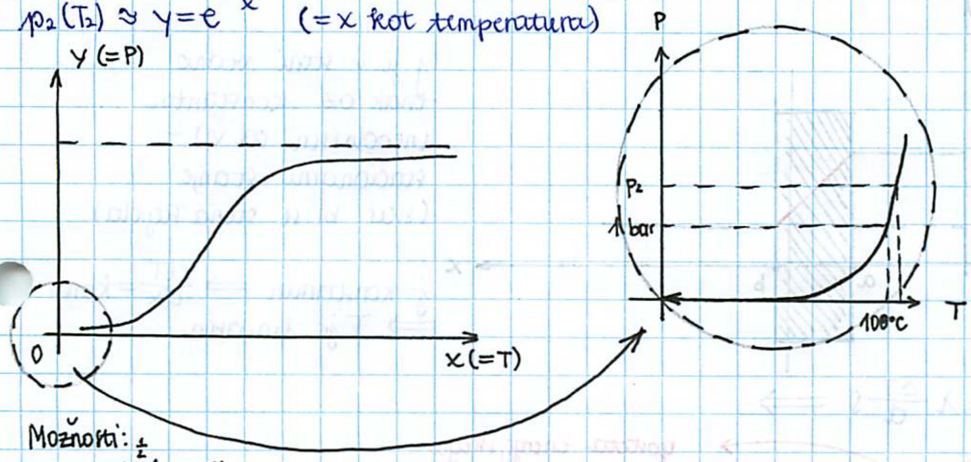
$$p_2 = p_1 e^{\frac{Mq_i}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}$$

p_1

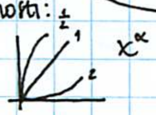


$Q_i = m q_i$ → specifična izparilna toplota

$p_2(T_2) \approx y = e^{-\frac{1}{x}}$ (= x kot temperatura)



Možnosti:



$y = e^{-\frac{1}{x}}$

$y' = -\frac{1}{x^2} e^{-\frac{1}{x}}$

$\lim\limits_{x \to 0^+} \frac{1}{x^2} e^{-\frac{1}{x}} = \lim\limits_{t \to \infty} t^2 e^{-t} = 0$

$\lim\limits_{x \to 0^+} y' = 0$

$y^{(n)}(0^+) = 0$

Ker je vsak odvod v točki 0 enak 0, ga ne moremo razviti v Taylorjev polinom.

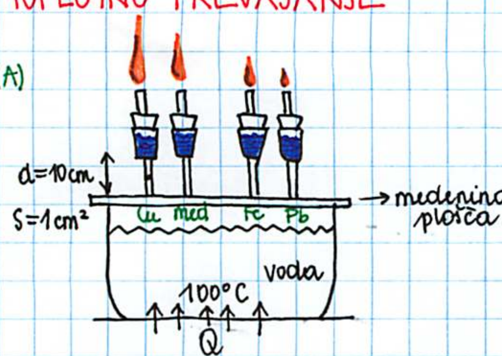
Ekonom lonec

Ker se v loncu nabira para, se tlak viša, – je višji od $p_1 = 1$ bar – zato voda vreje pri višji temperaturi (130°C ≠ 10°C) in se hrana prej skuha.

Podobno velja za led, le da imamo v enačbi talilno specifično toploto.

TOPLOTNO PREVAJANJE

(A)



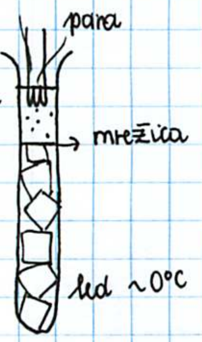
V posodicah se nahaja eter, čigar vrelišče $T_v < 100°C$. Skozi cevke hlapi, nakar hlape prižgemo. Velikost plamena nam pove, kako dober prevodnik je kovina (glej sliko!).

← temperatura etra je v vseh posodicah enaka

$$Q_i = m q_i \frac{1}{\Delta t}$$

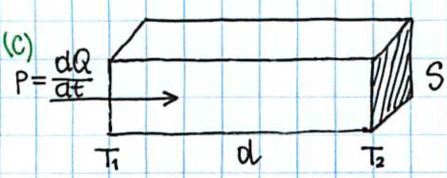
$$P = \frac{Q}{t} \doteq \left(\frac{m}{t}\right) q_i = \Phi_m q_i$$

(B)



Voda je gostejša, či je hladnejša.
Led je pritrjen z mrežico (= da se ne dvigne).
Z električnim grelcem segrejemo vodo do vrelišča.
Posoda je potem v „dveh različnih stanjih":
- spodaj led z 0°C
- zgoraj pa vrje voda.

(C)



neravnovesje, stacionarno stanje (s časom se T neha spreminjat, torej ves čas je enako neravnovesje)

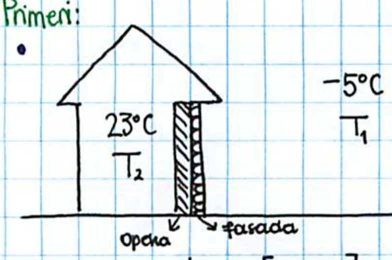
Moč ... $P = \frac{Q}{t}$ $\left(\frac{A}{t}\right)$

λ ..... toplotna prevodnost [W/mK]

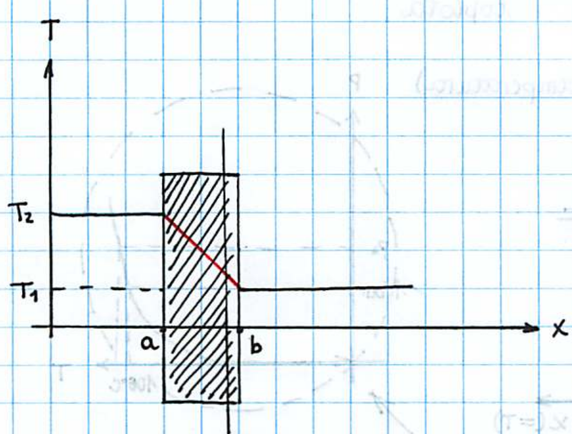
$$P = \frac{T_1 - T_2}{d} S \lambda$$

λ(T) je odvisen od temperature $\lambda(T) \doteq \lambda_0$.

Primeri:

- 

snov	λ [W/mK]
Ag	410
Fe	50
Opeka	0,6
beton	~1
voda	0,6
zrak	0,024
stiropor	0,04



j je v steni vedno enak oz. konstanten (neodvisen od x) — stacionarno stanje (sicer bi se stena segrela)

j = konstanten $\Longrightarrow \frac{dT}{dx} = \text{konst.}$
$\Longrightarrow$ T je linearen

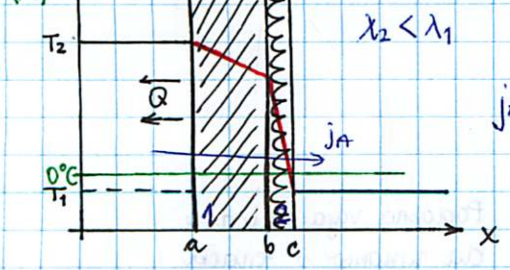
$$P = \lambda \frac{\Delta T}{d} S \Longrightarrow$$

$$\frac{P}{S} = j = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

gostota energijskega toka [W/m²]

[energijski tok ali moč / površina | $\frac{J/s = W}{m^2}$]

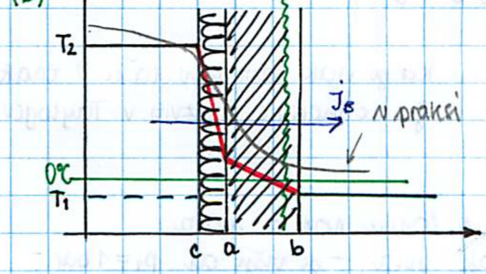
(A)



$\lambda_2 < \lambda_1$

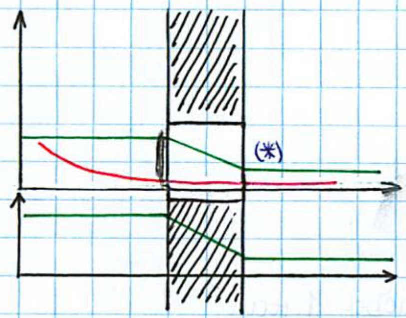
$j_A = j_B$

(B)

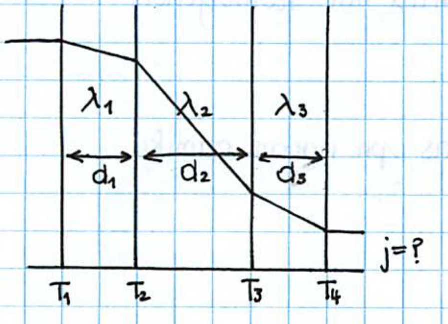


Stena seva toploto v prostor. Polnilo pa "vsrkava" toploto oz. hladi sobo (ohranja T v sobi).
Toplotni tok je v obeh primerih enak (prevodnost je enaka)
Je pa ena razlika, v (B) opeka zmrzne (vlaga zmrzne, led se razširi), opeka začne razpadat.

(C) Beton + opeka

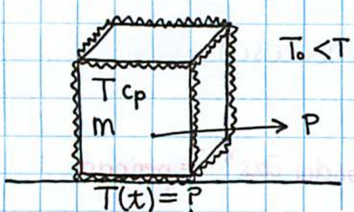


Ker BETON (*) veliko toplote prevaja, je notranja stena hladnejša. Zato tudi na tem predelu nastane plesen (kondenzacija).



$$j = \lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{d_1} = \lambda_2 \frac{T_3 - T_2}{d_2} = \lambda_3 \frac{T_4 - T_3}{d_3} = \dots$$

Nestacionarni primer



S (površina), d (debelina izolacije), λ

$$P = \frac{dQ}{dt} = -\lambda \frac{\Delta T}{d} S = -\lambda \frac{T - T_0}{d} S = \frac{m c_v \, dT}{dt}$$

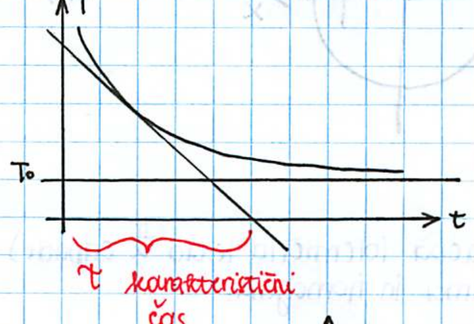
teče navzven

$$\frac{dT}{T - T_0} = -\lambda \frac{S\,dt}{d m c_v} = \frac{-dt}{\tau} \qquad \tau = \frac{d m c_v}{S \lambda}$$

$$\int_{T_1}^{T(t)} \frac{dt}{T - T_0} = -\int_0^t \frac{dt}{\tau}$$

$$\ln \frac{T - T_0}{T_1 - T_0} = -\frac{t}{\tau} \Longrightarrow T - T_0 = (T_1 - T_0) e^{-t/\tau}$$

$$T(t) = T_0 + (T_1 - T_0) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

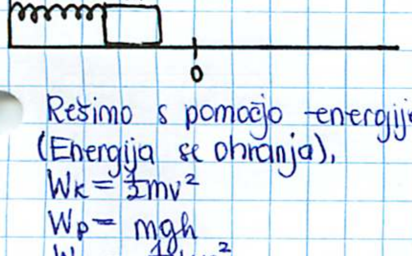


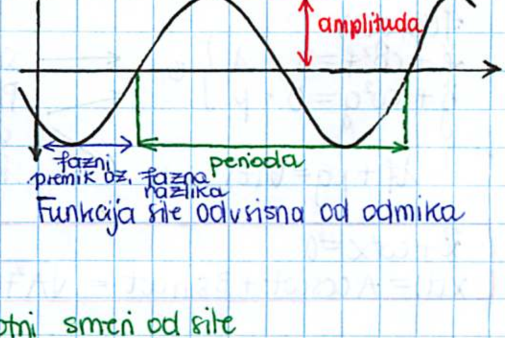
Posoda nikoli ni imela temperature T_0.

NIHANJE

Model: Kako se x spreminja s časom x(t) = ?

podlaga brez trenja





$F = ma$

$m\ddot{x} = F \qquad |F| = k|x| \; ; \; F(x)$ Funkcija sile odvisna od odmika

$m\ddot{x} = -kx$

odmik je vedno v nasprotni smeri od sile

$m\ddot{x} + kx = 0$

$\ddot{x} \;\; \omega^2 x = 0 \quad , \omega^2 = \frac{k}{m}$ ← ta oblika skupna vsem nihalom

„$Ax(t)$"

homogena linearna diferencialna enačba drugega reda. Ker je homogena, je rešitev ?nedoločena? do skupnega faktorja

Rešimo s pomočjo energije: (Energija se ohranja).

$W_k = \frac{1}{2} m v^2$

$W_p = mgh$

$W_{pr} = \frac{1}{2} k x^2$

$\Delta W_k + \Delta W_p + \Delta W_{pr} = A_z$ ($A_z = 0$)

$\ldots + 0 + \frac{1}{2}kx^2 = 0$ homogena enačba (energija ni odvisna od zunanjih sil)

$t=0$: $x(0) = x_0$ miruje (nihalo odmaknemo + nihalo miruje)

$v(0) = v_0 = 0$

$h(0) = 0$

$t>0$: $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + 0 + \frac{1}{2}kx^2 - \frac{1}{2}kx_0^2 = 0$

$\frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2) + \frac{1}{2}k(x^2 - x_0^2) = 0$ $\omega^2 = \frac{k}{m}$

$v^2 - v_0^2 = \omega^2(x_0^2 - x^2)$

$v^2 = \omega^2(x_0^2 - x^2) + v_0^2$

$\dot{x} = \frac{dx}{dt} = \sqrt{\omega^2(x_0^2 - x^2) + v_0^2}$; $x(t)$ diferencialna enačba 1. reda (niti linearna niti homogena)

$f(x) = \dot{x}$

$\frac{dx}{dt} = f(x)$

$dt = f(x)dx \iff \int dt = \int f(x)dx = t + C$ ← kakšen je čas pri nekem odmiku

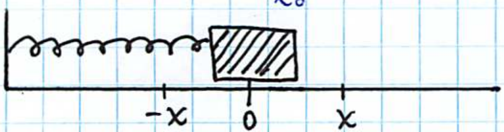
$v_0 = 0$

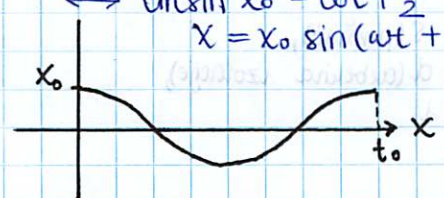
$\frac{dx}{dt} = \omega\sqrt{x_0^2 - x^2}$

$\int_0^t \omega\, dt = \int_{x_0}^{x(t)} \frac{dx}{\sqrt{x_0^2 - x^2}}$

$\omega t = \arcsin\frac{x}{x_0}\Big|_{x_0}^{x} = \arcsin\frac{x}{x_0} - \frac{\pi}{2} \iff \arcsin\frac{x}{x_0} = \omega t + \frac{\pi}{2}$

$x = x_0\sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = x_0\cos\omega t$

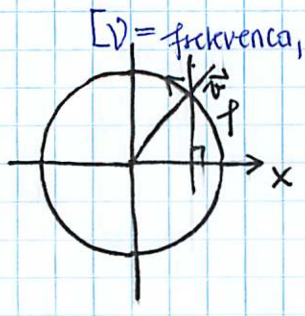




„1 obodni čas" ≈ perioda

$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{t_0}$ [ν = frekvenca, t_0 = nihajni čas]

$t_0\omega = 2\pi$



$\varphi = \omega t$

$\vec{r} = (x(t), y(t), z(t)) = (x(t), y(t), 0)$

↑ projekcija kroženja na x os

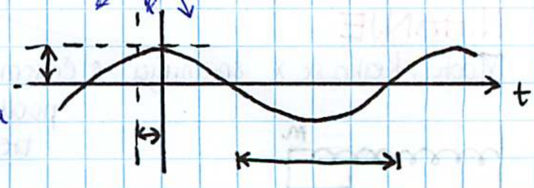
$x(0) = 0$

$v(0) = v_0$

$x = A\sin\omega t$ (enačba identična le da $\frac{\pi}{2}$ odpade)

Ta enačba je linearna in homogena.

pomembne razdalje



$f(t), g(t)$

$\left.\begin{aligned}\ddot{f} + \omega^2 f = 0 \cdot \lambda \\ \ddot{g} + \omega^2 g = 0 \cdot \mu\end{aligned}\right\} \oplus$ ← So rešitve sistema!

$\lambda f + \mu g = F(t)$ ← Prednost homogenega in linearnega sistema, da je tudi vsota lin. kombinacija prvih dveh rešitev.

$$\boxed{\begin{aligned}&\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \\ &x(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t = \sqrt{A^2 + B^2}\cos(\omega t - \delta),\ \tan\delta = \frac{B}{A}\end{aligned}}$$

← kosinus razlike ⟺ „zamaknjeno" sinusno gibanje

Začetni pogoji:

$x(0) = x_0$

$v(0) = v_0$

$x(0) = A \cdot 1 + 0 = x_0$

$v(0) = \dot{x}(0) = -A\omega\cancel{\sin\omega t} + B\overset{1}{\cos\omega t} = B\omega = v_0$

$x(t) = x_0 \cdot \cos\omega t + \frac{v_0}{\omega}\sin\omega t$