

MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

MECHANICKÉ KMITÁNÍ

Základní pojmy

OSCILATOR – těleso, které kmitá
(srdce, vibrace i vlny, ...)

mechanické oscilatory

- těleso na pružině
- kyvadla

kyvadla - matematicke'

- fyzicke'

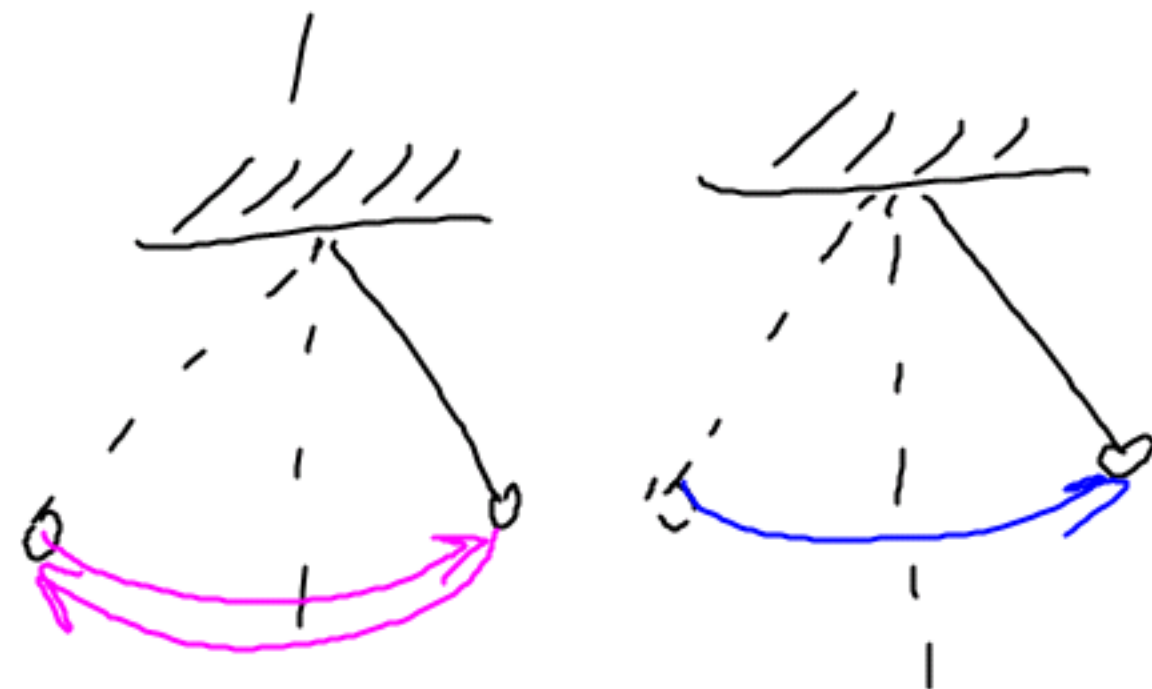
- komické'

- forzi'

Společné charakteristiky:

- ROVNOVÁŽNÁ POLOHA - poloha s minimem energie; těleso se do ní vrací
- harmonický pohyb; PERIODICKÝ
- trajektorie: n'šeiba (tělesa na pružině)
část kružnice (matematické kyvadlo,
kórníche' kyvadlo)

- perioda (dobu 1 kmitu) ... T , $[T] = s$
- dobu 1 KYVU ... $\tau = \frac{T}{2}$
- frekvence ... $f = \frac{1}{T}$; $[f] = \text{Hz}$



Harmonické kmitání



experiment: děle se na pružině + sonar

přeložem! rovnice! reál: $y = A \sin(Bt + C) + D$

D - fyzikálně měřitelné (vzdálenost sonaru od tělesa na pružině)

A - amplituda

$$B; [B] = s^{-1}, \text{ pretože } [B \cdot t] = 1$$

$B \sim$ „nepřímý čas“

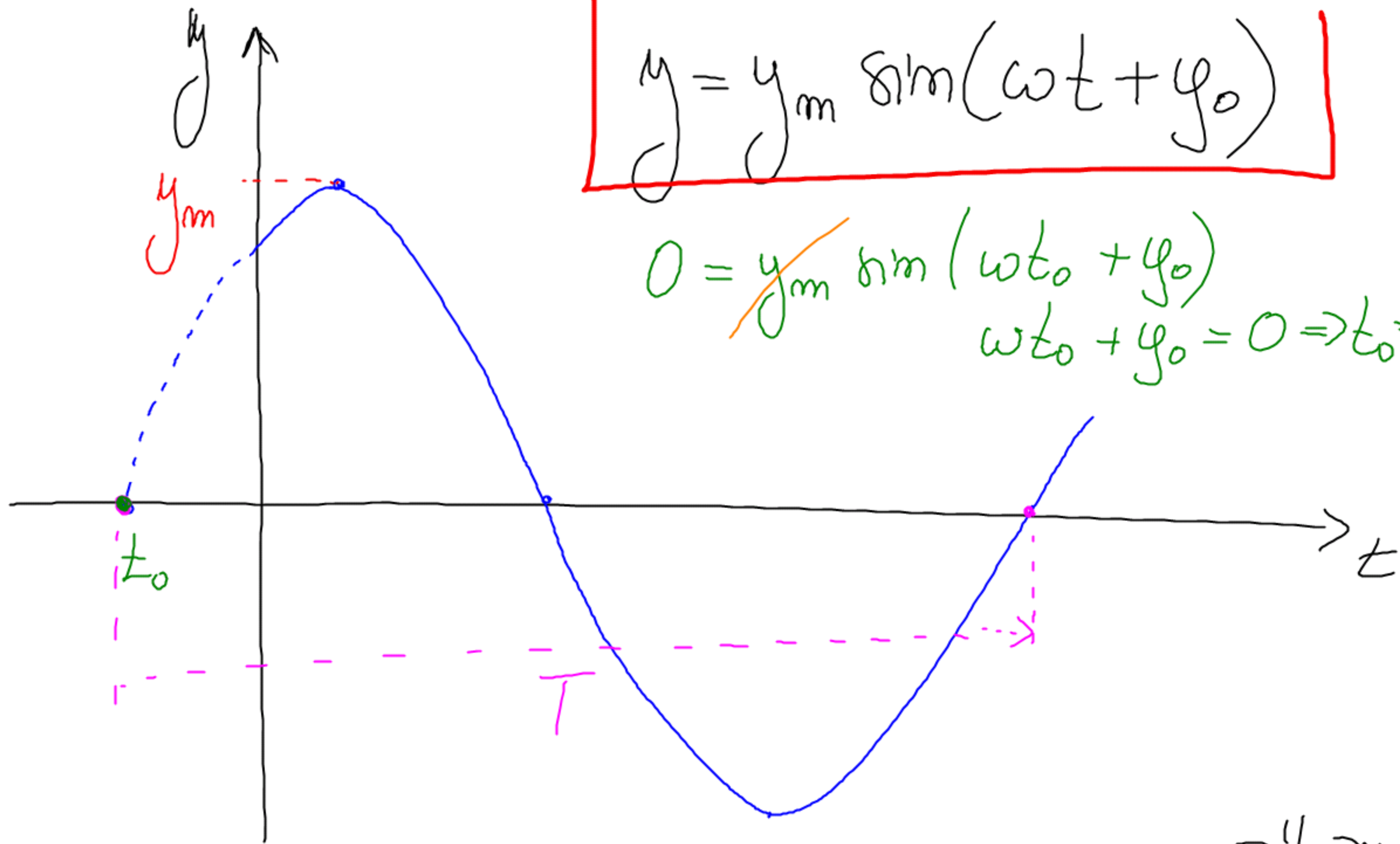
$$B = \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{viz page po ka})$$

experiment: $B = \underline{5,75} \text{ s}^{-1}$

$$T = 1,05 \text{ s}$$

$$\text{ověření: } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,28}{1,05} \text{ s}^{-1} = \underline{5,9} \text{ s}^{-1}$$

C - „prosum autěm měřím, ani pořádku
limitám“; pořádkem false



y_m - AMPLITUDE; *mejnyšā y'ghla*
 T - perioda
 ϕ_0 - *pozītiem / fa'ze*

harmoniche' unitanu' - unitanu', jehoz grafam
qat'iglosti OKANZITE' MYCHYCKY na DASE

JE SINUSOIDA

Rychlost a zrychlení' harm. kmitání'

neboť náměřených dat a grafy $y(t)$, $v(t)$ a $a(t)$

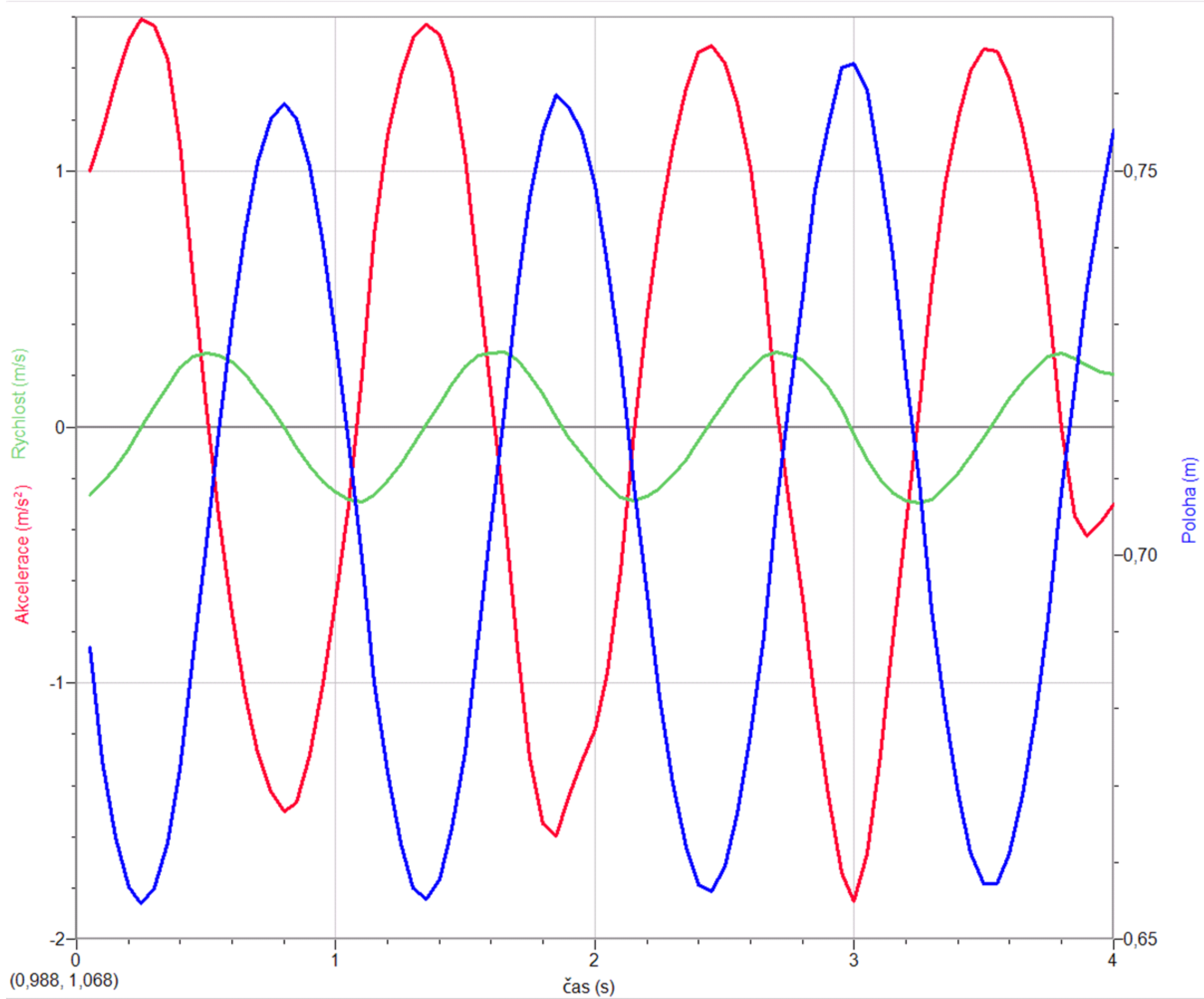
$$\Rightarrow \begin{aligned} y &= y_m \sin(\omega t + \varphi_0) \\ v &= v_m \cos(\omega t + \varphi_0) \\ a &= -a_m \sin(\omega t + \varphi_0) \end{aligned}$$

$$v_m = \omega y_m$$

$$a_m = \omega^2 y_m$$

DŮLEŽITÉ: $y = 0 \Rightarrow \underline{v}$ je maximální a $a = 0$

$y = y_m \Rightarrow \underline{v} = 0$ a $\underline{a}$ je maximální



Fáze unitového páslu

$$y = y_m \sin(\omega t + \underbrace{\varphi_0}_{\text{FÁZE}})$$

φ_0 - počáteční fáze

důležité pro: složené kmitání
interferenci (skládání vln)
RLC obvody

$\Delta\varphi$ - fázový rozdíl (= rozdíl fází)

1. kmital'mu: $y_1 = y_{m1} \sin(\omega_1 t + \varphi_{01})$

2. kmital'mu: $y_2 = y_{m2} \sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$

$$\Delta\varphi = \omega_2 t + \varphi_{02} - (\omega_1 t + \varphi_{01}) = (\omega_2 - \omega_1)t + \varphi_{02} - \varphi_{01}$$

exp' 2 „VIP” fazore' nadiy:

- $\Delta\varphi = 0 \dots$ kmital'mu ison re fazai'
- $\Delta\varphi = \pi \dots$ kmital'mu moyi' opriimon fazai'

Slovene 'units'

prave: mērl'a' pī'stroje - oscilloscope
bungee-jumping
resonance

namika, koma'-li' tēleso m'ce kunitay'or paglōn°
mayedness

1. Limitation: $y_1 = y_m \sin(\omega_1 t + \phi_1)$

2. Annahme: $y_2 = y_{m2} \sin(\omega_2 t + \varphi_2)$

model limitation: $y_m = y_{mn} \sin(\omega_m t + \phi_{0m})$

HARMONICKÁ
KNIHA'm'

složene! : $y = y_1 + y_2 + \dots + y_n$

to to hmi'tam' qal'n'is' ma'.

- y_{mi}
 - w_i
 - y_{oi}
- $i = 1, 2, \dots, M$

toho limitu! NEMUSÍ
BYT HARMONICKÉ!

exj' 2 rola'stun' pr'pady:

- RA'Z4 (malush'e ZA'ZNEJE) - shla'da'm'

2 knita'm' blukly'ch fru'

- SKLA'DA'M' KOLN'CH KNIT' - Lissajonsouy
obrazu

Rabu

prose 2 unitaku:

$$y_1 = \underline{y_m} \sin(\omega_1 t + \phi_{01})$$

$$y_2 = \underline{y_m} \sin(\omega_2 t + \phi_{02})$$

$$y = y_1 + y_2 = y_m \left(\sin(\omega_1 t + \phi_{01}) + \sin(\omega_2 t + \phi_{02}) \right) =$$

matematika: $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$

$$= y_m \cdot 2 \sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2} \cdot \cos \frac{(\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_{01} - \varphi_{02}}{2} =$$

$$= \underbrace{2 y_m \cos \frac{(\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_{01} - \varphi_{02}}{2}}_{\text{AMPLITUDE; nem konst.}} \cdot \underbrace{\sin \frac{(\omega_1 + \omega_2)t + \varphi_{01} + \varphi_{02}}{2}}_{\text{}} =$$

AMPLITUDE; nem konst.

korlatolt: $y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$

Működési frekvencia: $\omega_1 \doteq \omega_2 \Rightarrow \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \doteq \omega_1 \doteq \omega_2$

$$= 2y_m \cos \left(\frac{(\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_{01} - \varphi_{02}}{2} \right) \cdot \sin \left(\omega_1 t + \frac{\varphi_{01} + \varphi_{02}}{2} \right)$$

⇒ mātme lūmītātīm, ktere:

- māt frēi dēlmēnī stēpnon, ņakto ņzon frēi skaidang'it lūmītātīm
- māt amplitūdu, ktera' se mēm' s frēi $\frac{f_1 - f_2}{2}$

Dinamika unitore'ho palson

2. Newtoni'r zakon

$$F = ma$$

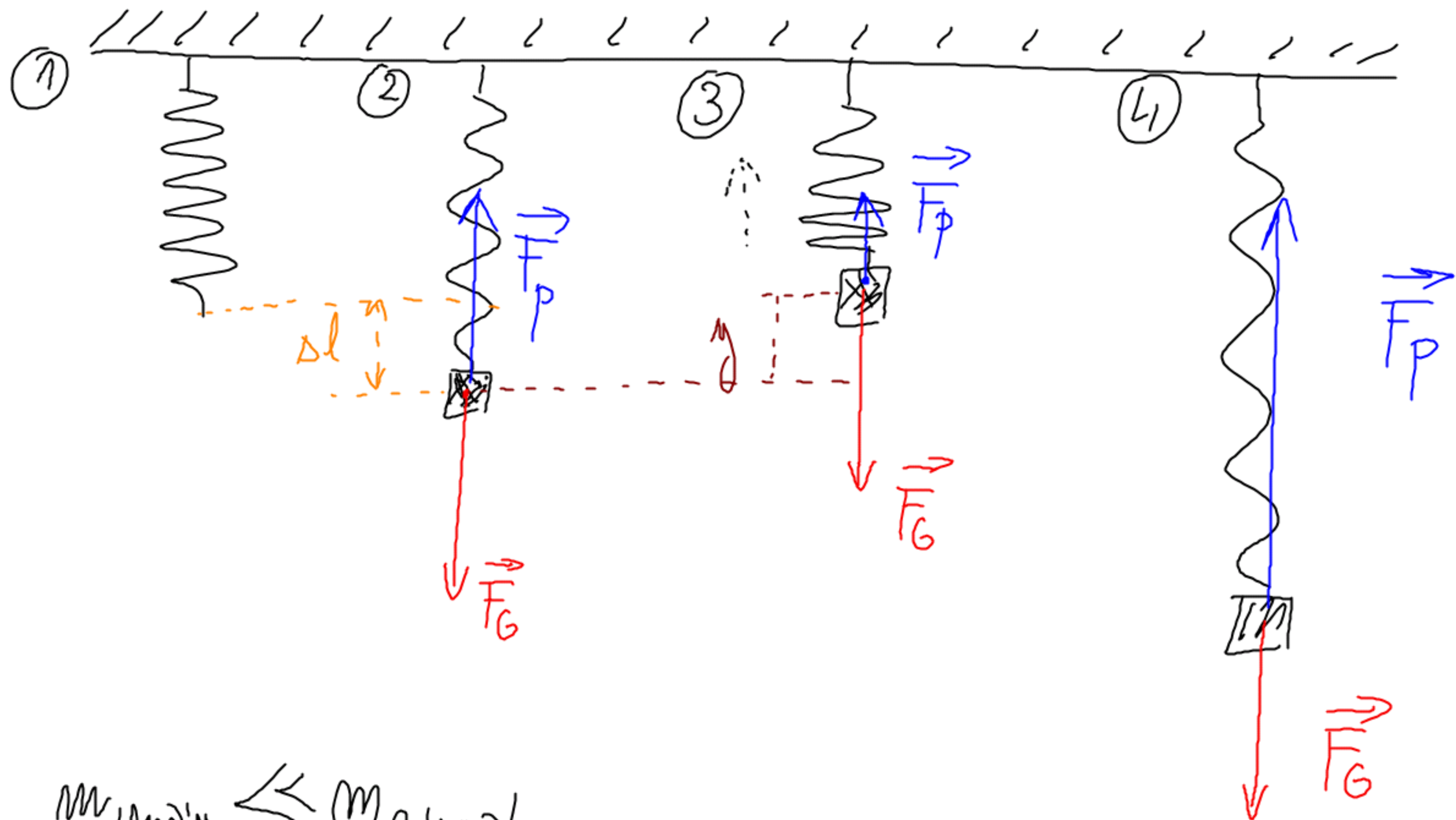
time: $y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$

$$a = -\omega^2 y_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 y$$

$$\Rightarrow \text{2. NZ: } \underline{F = -m\omega^2 y}$$

m - maso
kmitaj'allo kilesa
 ω - siklos' fre
 y - ohmsita' y'glla

Těleso na pružině



$$m_{\text{pružiny}} \ll m_{\text{tělesa}}$$

$$\textcircled{2} \quad F_G = F_p$$

F_p - síla pružnosti

závisí na: vlastnosti pružiny ... TUHOST PRUŽINY
prodloužením pružiny ... Δl

$$F_p = k \cdot \Delta l$$

POUŽE MA OBR. $\textcircled{2}$: $F_G = F_p$
 $mg = k \cdot \Delta l$

③ kdy výsledná síla směřuje DOLŮ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ směřuje dolů směr i zrychlení

- pohyb směřující NAHORU a BRZDÍ $\Rightarrow \vec{a} \downarrow$
- pohyb směřující DOLŮ a ZRYCHLUJE $\Rightarrow \vec{a} \downarrow$

④ výsledná síla směřuje NAHORU $\Rightarrow$ zrychlení směřuje
NAHORU

- pohyb směřující DOLŮ a BRZDÍ $\Rightarrow \vec{a} \uparrow$
- pohyb směřující NAHORU a ZRYCHLUJE $\Rightarrow \vec{a} \uparrow$

VÝSLEDNÁ SÍLA VŽDY MÍŘÍ DO ROVNOVÁŽNÉ
POLOHY

Odhrazení pažbore' na a vztahu pro fci:

pro ④: $\underline{y < 0}$; $F_p > F_G$

$$(0 <) F = F_p - F_G = k \cdot (\Delta l - y) - mg =$$
$$= \underline{k \cdot \Delta l} - k \cdot y - \underline{mg} = \underline{-ky} > 0$$

obr ②

$\rightarrow$ F máho' PROT,
m' y' fce a apri' solonye
kmi' f' m'

kato sila ale je dle 2. NZ zraha $F = -m\omega^2 y$

$$\Rightarrow -ky = -m\omega^2 y \quad / : y$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

free a perioda KLASTAN'HO
KNITAN'HO dēl sa o
hmodynosh' m na praznē
s tūvosh' k

Měření' tahu' musí'ny

na'vět na LP

- dynamicly
- staticly

1, proměrit $I \Rightarrow$ vyjádřit k

2, provést děso analýzu m a proměrit prodloužením sl
 $\Rightarrow mg = k \cdot \Delta l \Rightarrow k = \dots$

Matematické' kvadraty

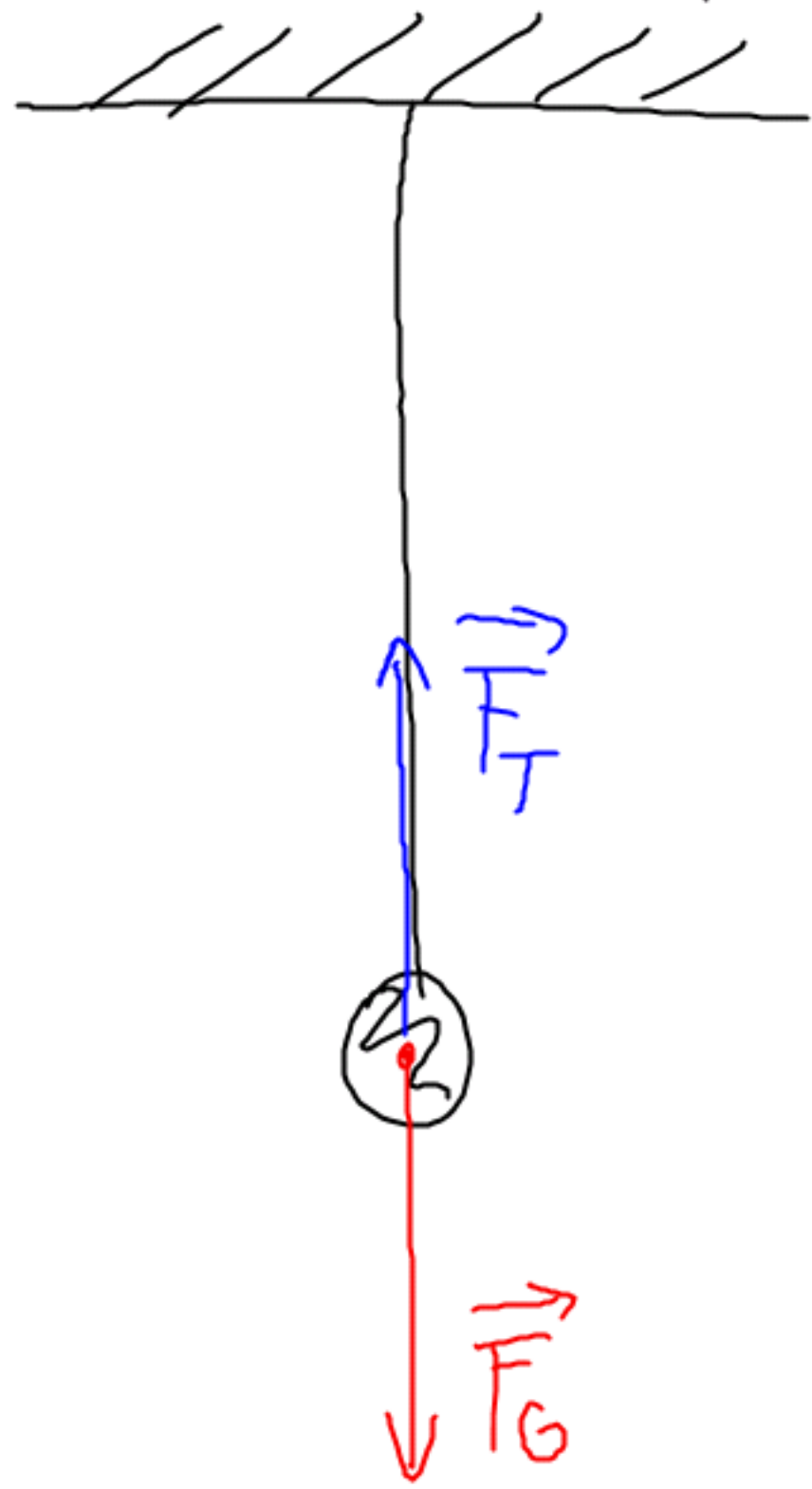
hmotný bod parvšen na další'm parvbatelne'
hmotnosti'

□ $\Rightarrow$ ležístě je POD bodem parvšem' a to v HB

vlasnosti: $F_{odporov'e'} = 0$

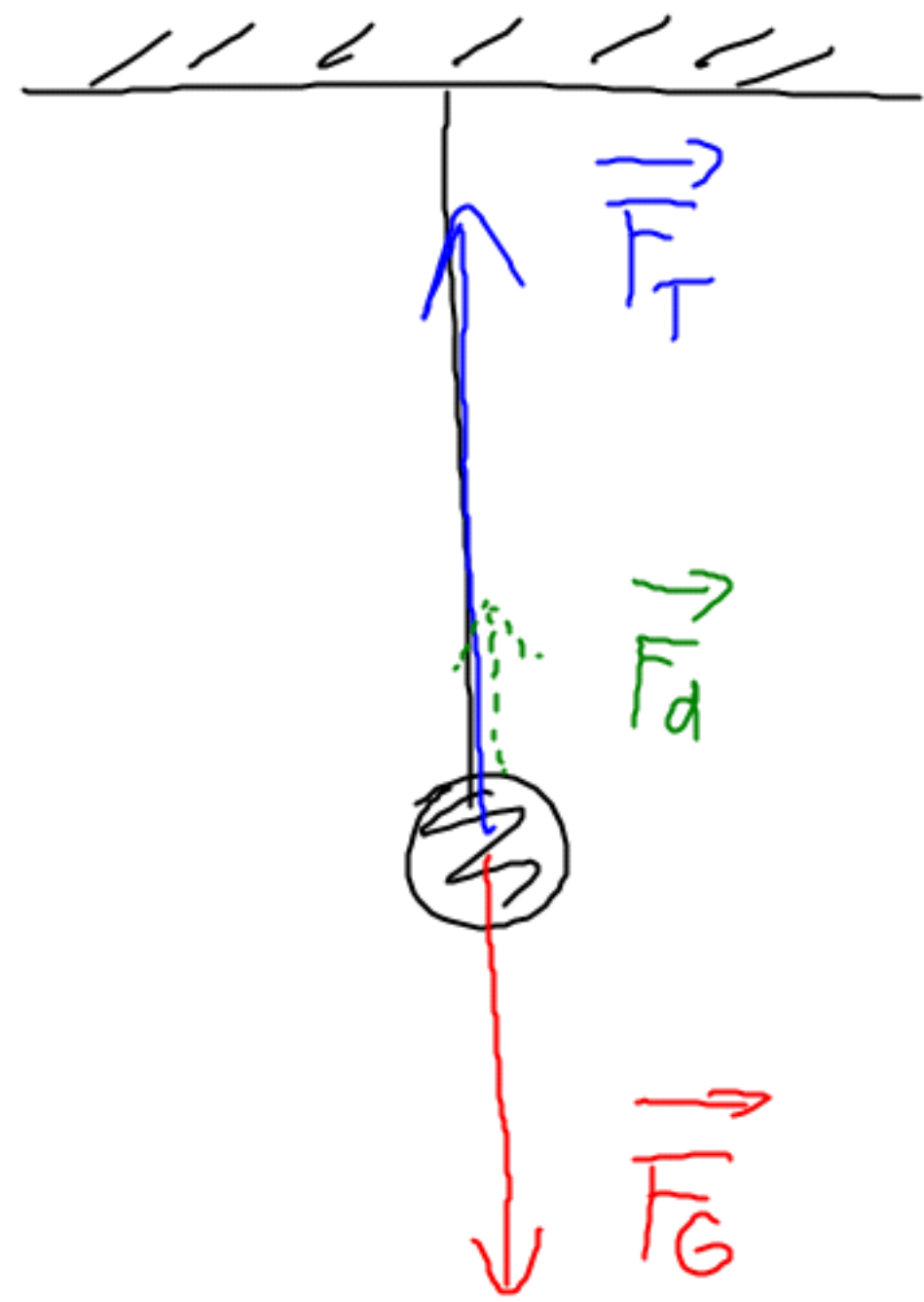
malý rozkyr $\Rightarrow$ projektoric je u'sucha
(a ne čist hmotníca)

① ROVNOVÁŽNÁ POLOHA, KLID



$$\vec{F}_T = \vec{F}_G$$

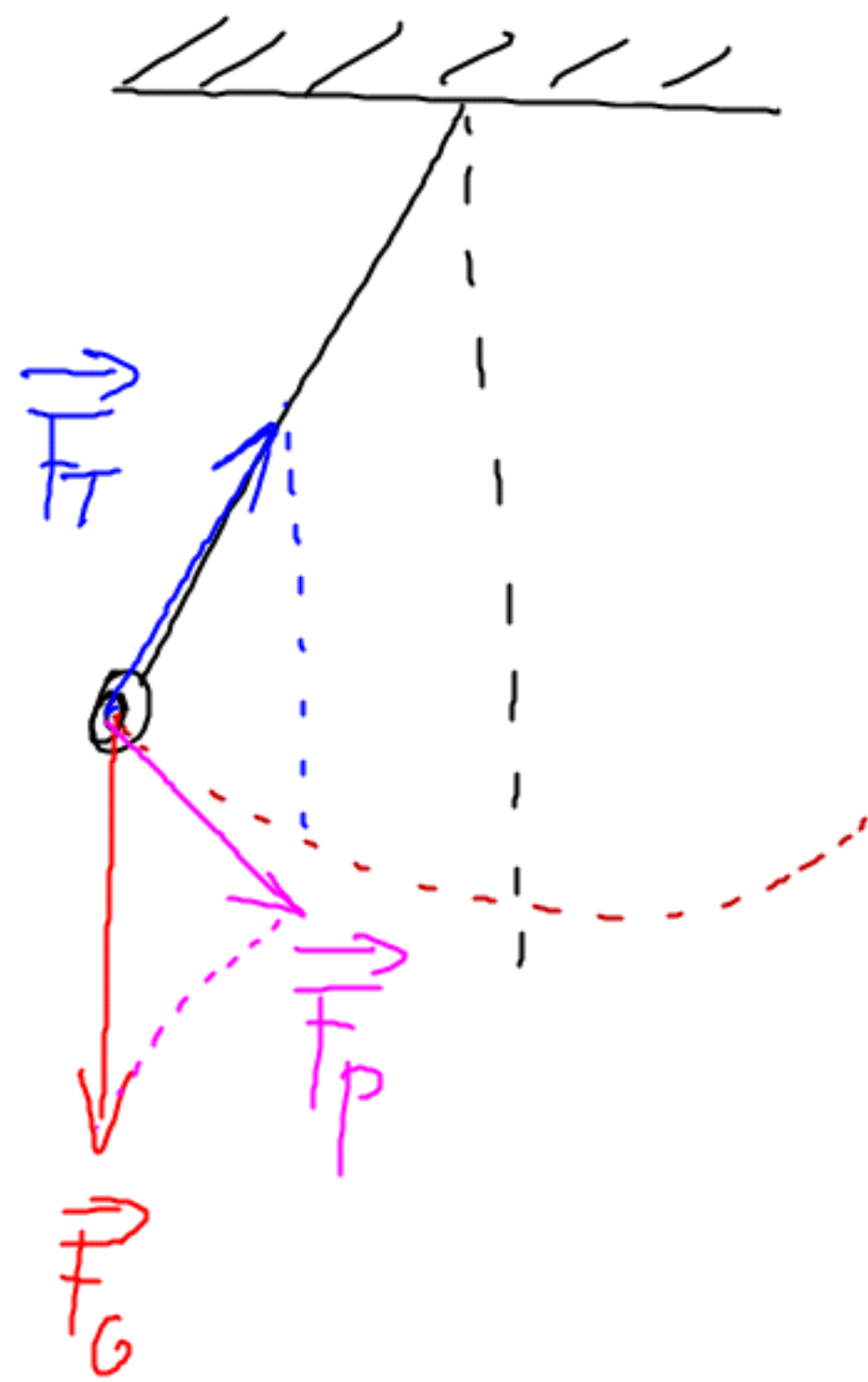
⑤ PŘECHOD ROVNOVÁŽNÉ POLOHY



$$\vec{F}_d = \vec{F}_T + \vec{F}_G$$

apřísobuje pohyb nahoru

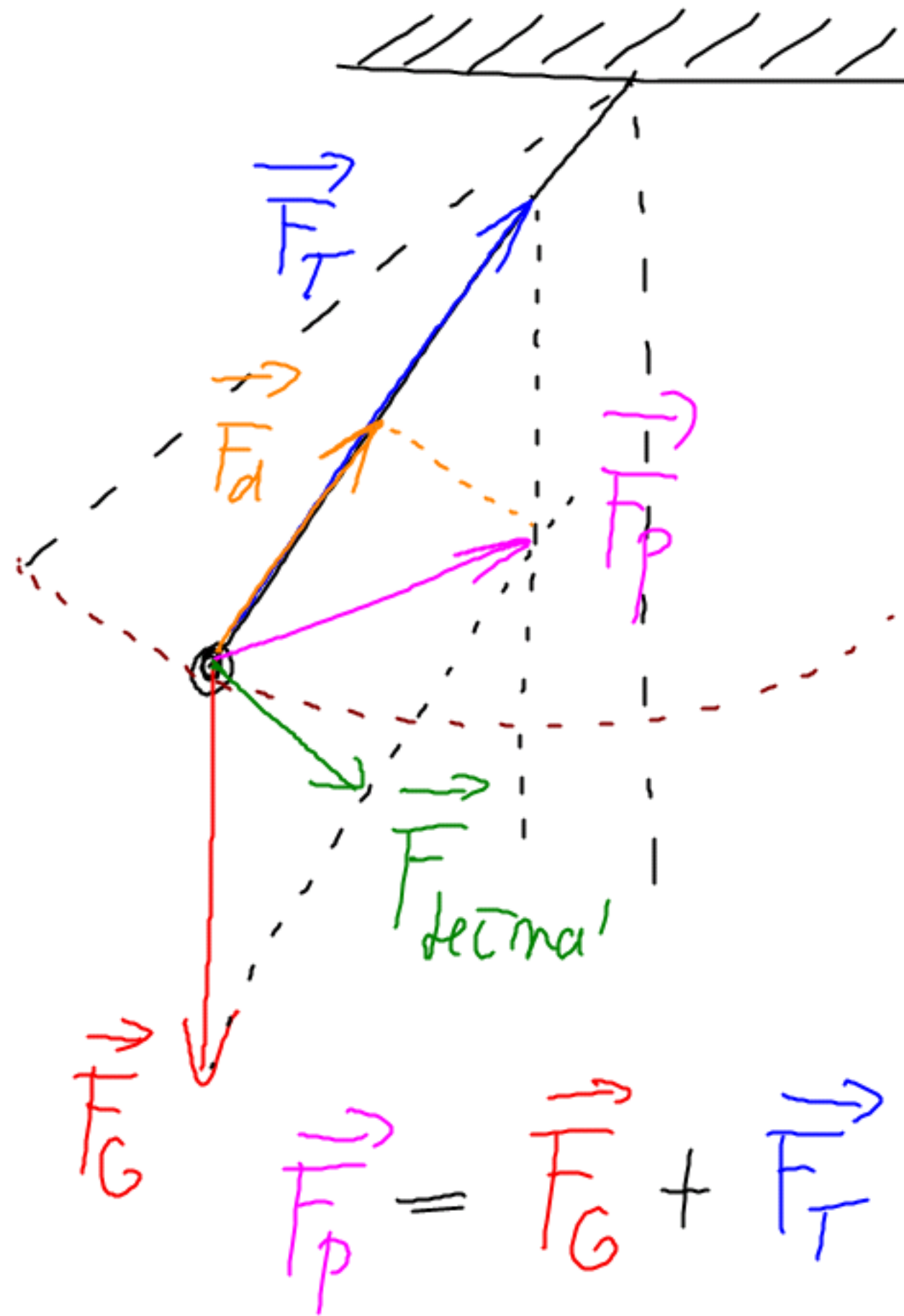
③ (= 7) AMPLITUDE, $N=0$



$$\vec{F}_p = \vec{F}_G + \vec{F}_T$$

apřísobuje podle

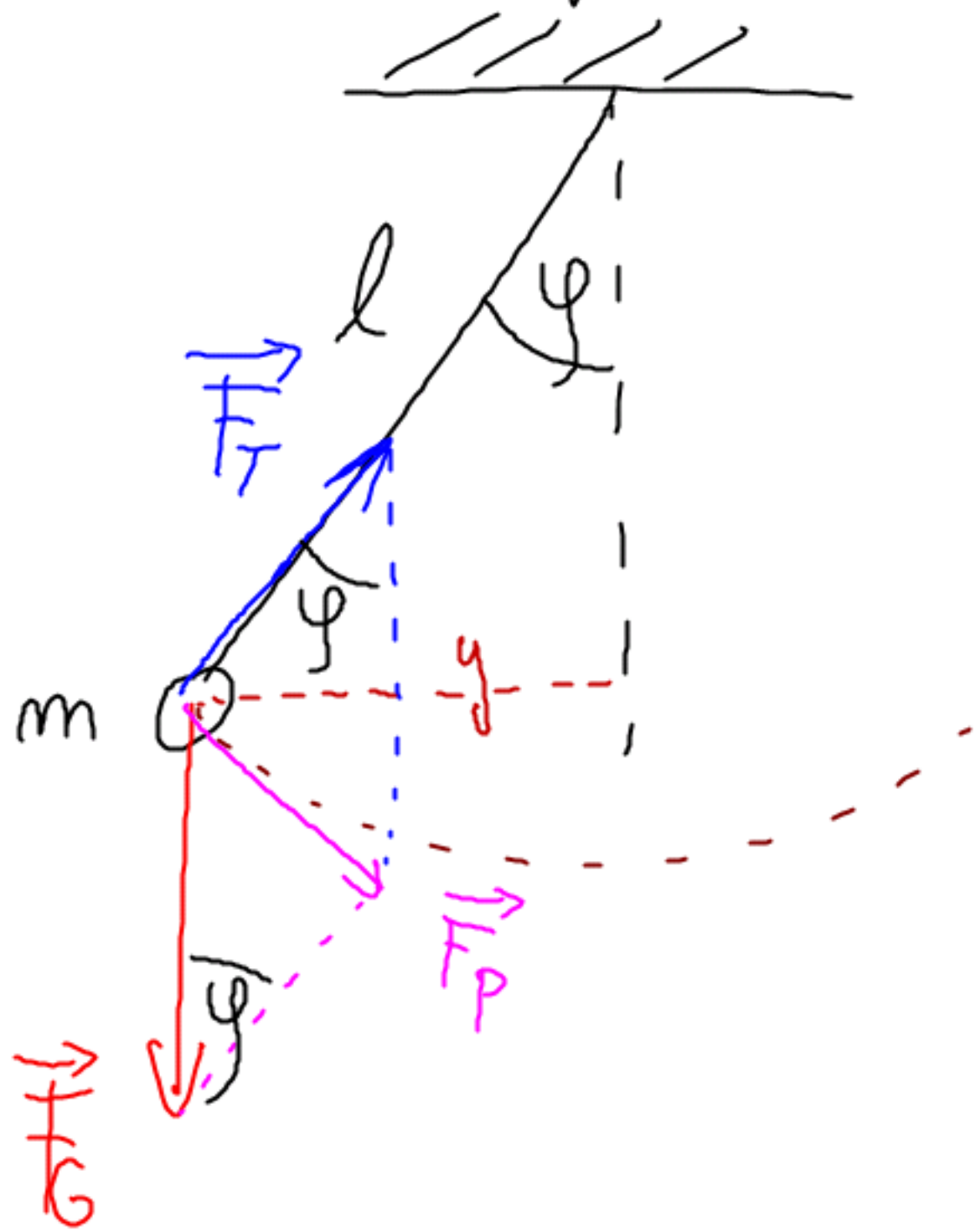
④ MIMO AMPLITUDE



- ④ Jēlase se vracī 2 amplitudā:
- velikost nyklosā ROSTE $\Rightarrow \vec{a}_{\text{leime}} \neq \vec{0} \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ exje $\vec{F}_t$
 - pagb po lui $\Rightarrow$ exje $\vec{F}_d$

stepny obr. pro ②, ⑥ a ⑧

odvozem' free a periody - 2 (3)



y - mychła pałła HB
(mał' wały $\Rightarrow$ pełne
kopyce kłone'ci)

$$\sin \theta = \frac{y}{r} = \frac{F_p}{F_g}$$

$\therefore \rightarrow F_p$ minor PROT
glycine

$$\frac{y}{l} = - \frac{F_D}{F_C}$$

$$\frac{y}{l} = - \frac{m\omega^2 y}{mg}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

frece a perioda
 VLASTNÍHO KMITÁNÍ
 mat. kyvadla s délkou
 závěsné l v homogenní
 poli s homogenním zrychlením
 g

rovnina Lyon se zachovávala při podtlačení Země
- ~ 1860 FOUCAULT v Paříži

LP: Místní dříve any člen

Úkol: Určete veličnost místního any členu pomocí mat. lyadla.

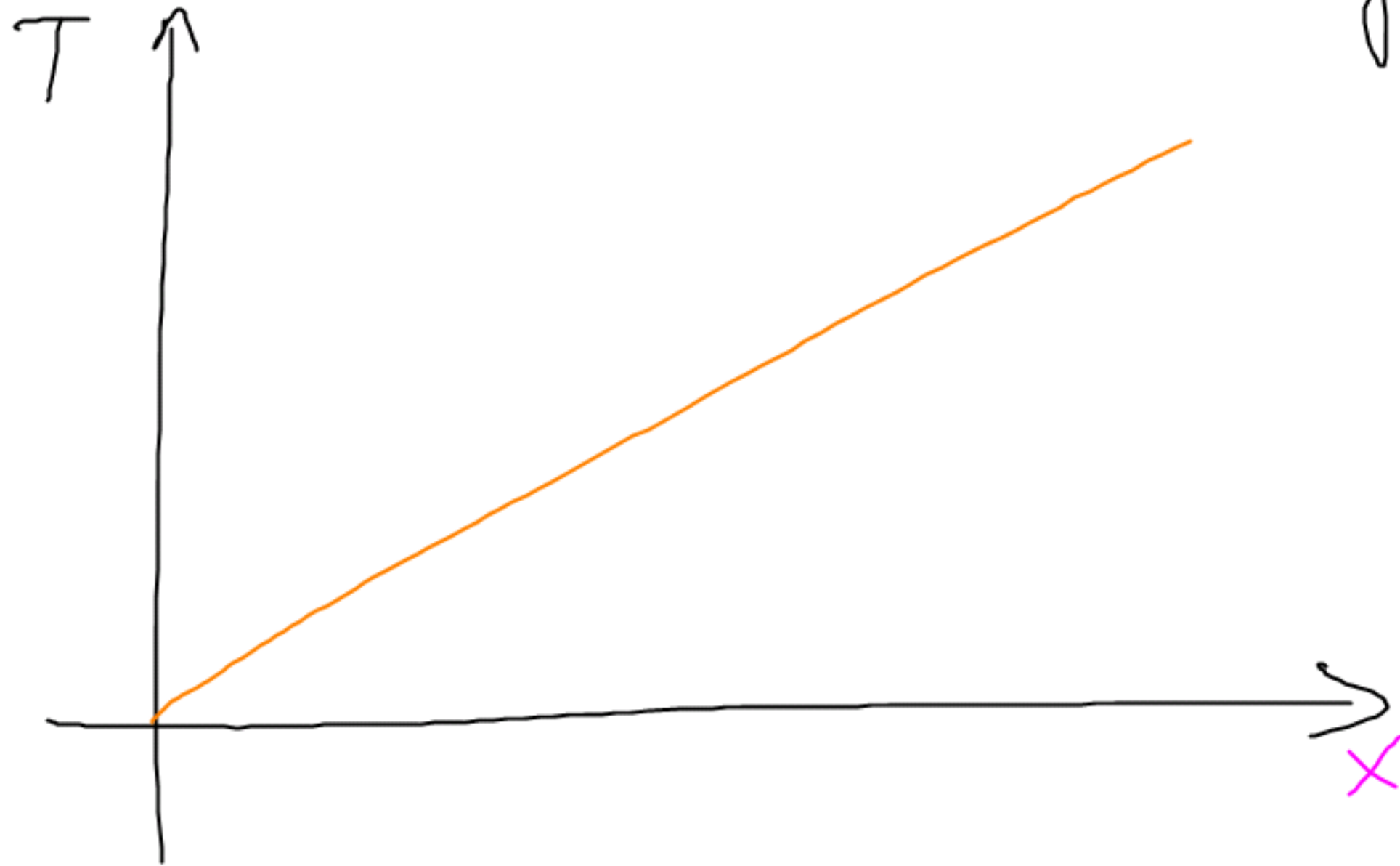
Sestrojte grafy: $l = f(T)$
 $l = f(\sqrt{T})$

data:

$\frac{l}{m}$	0,19	0,205	0,617	1,20	0,13	1,73	7,96	1,99
$\frac{T_p}{s}$	0,873	0,893	1,564	2,176	0,734	2,660	5,64	2,84

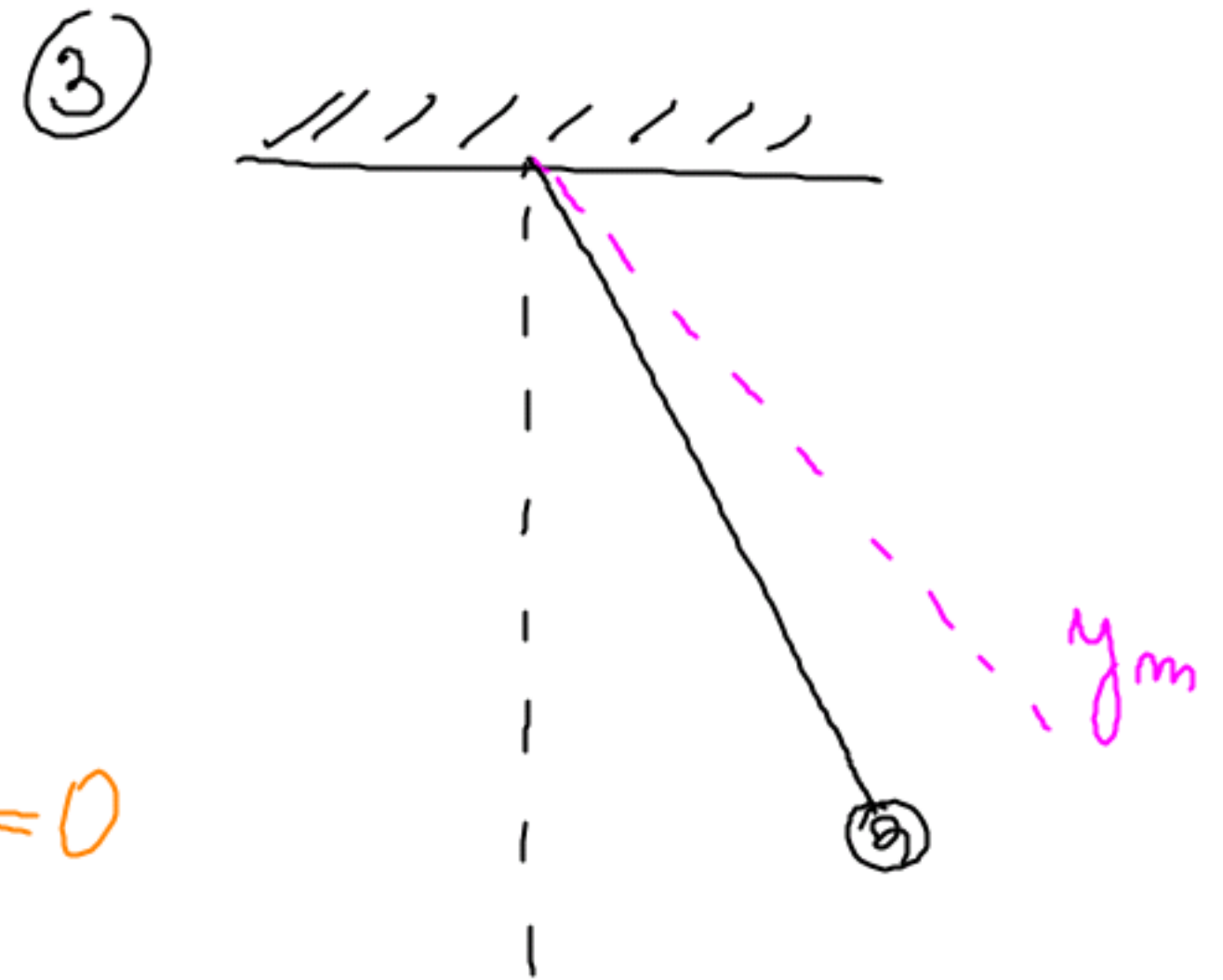
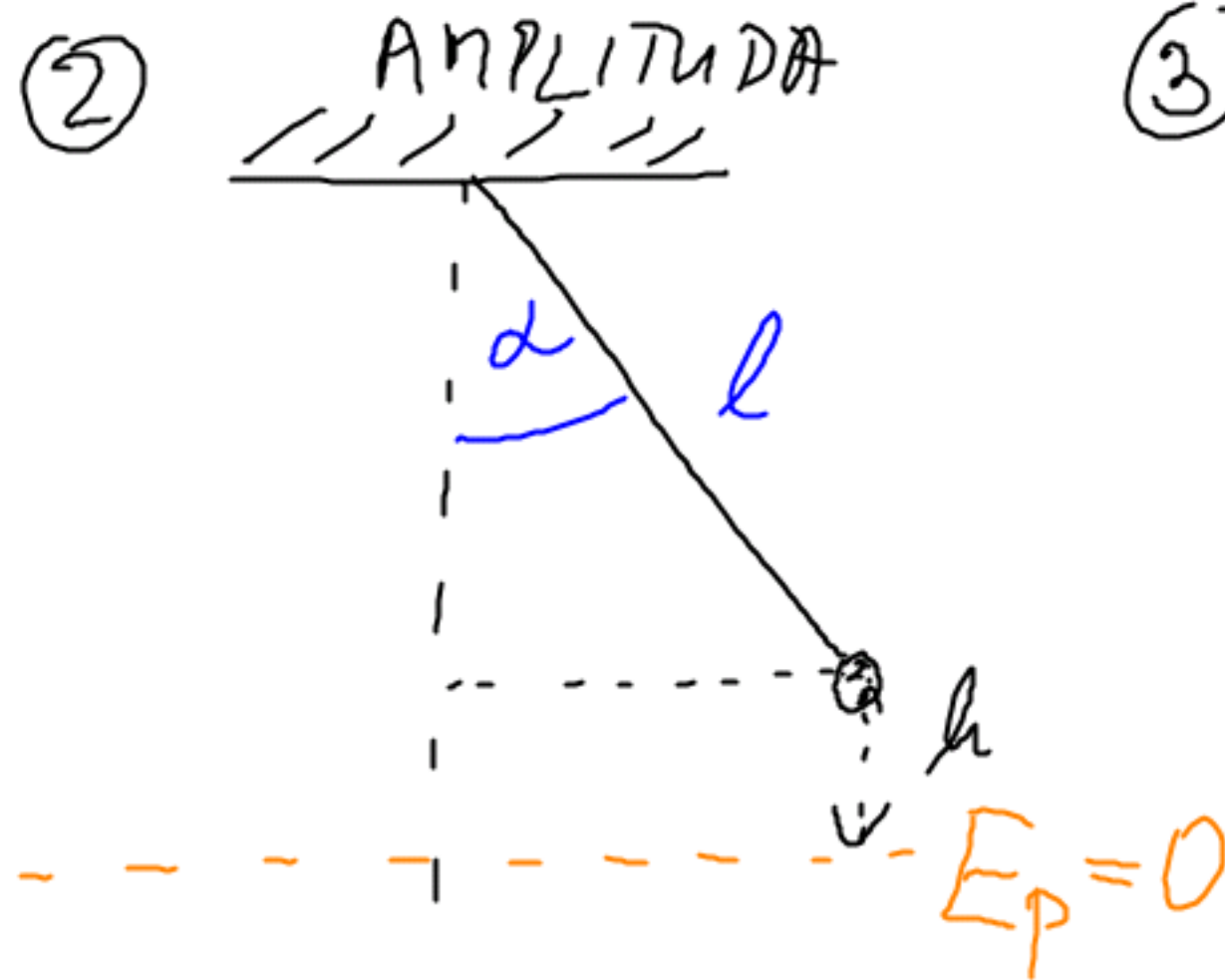
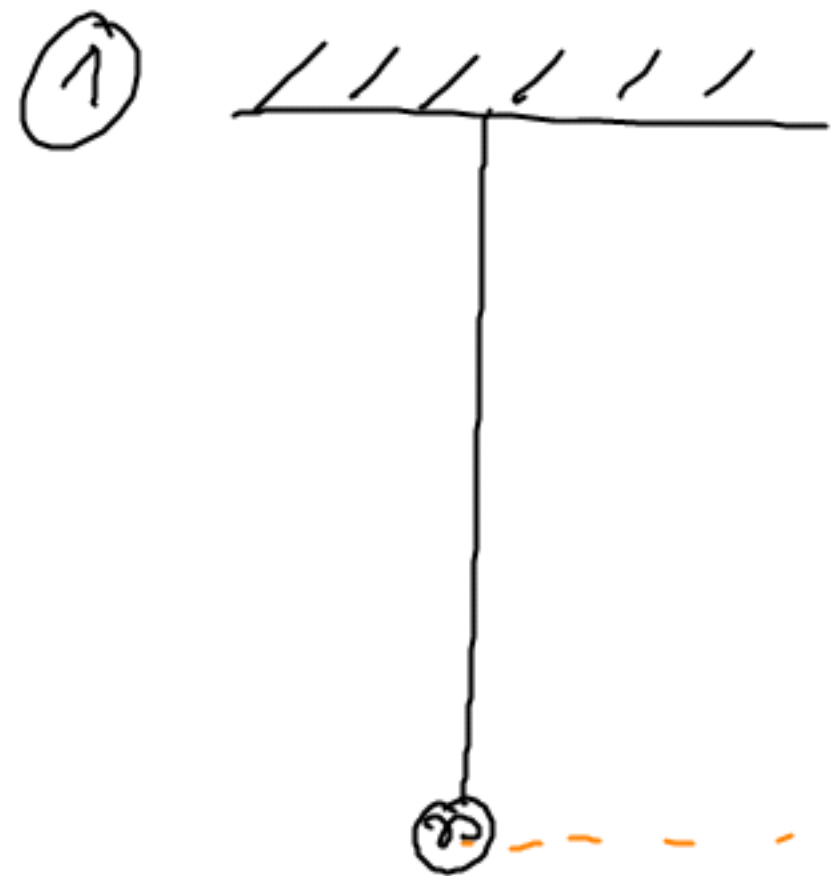
$$T = f(\sqrt{l})$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \cdot \sqrt{l} \quad \times \quad \dots \quad \text{linear in } \sqrt{l}$$



Energie harmonického oscilátoru

a) Mat - kyvadlo



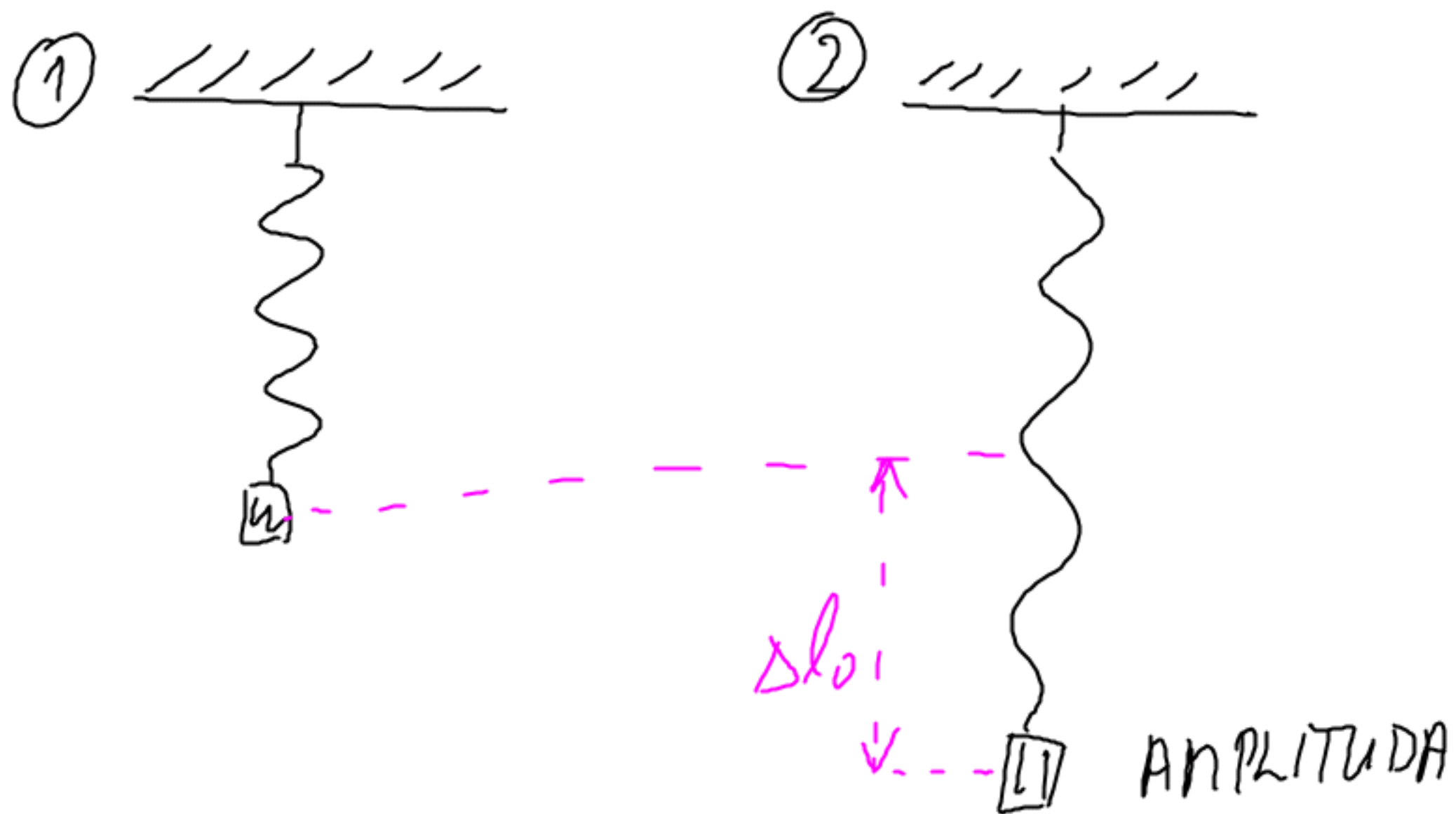
① → ② : měnící se práci U

②: E_p mění velikost hladině $E_p = mgh$
 $E_p = mgl(1 - \cos \alpha)$

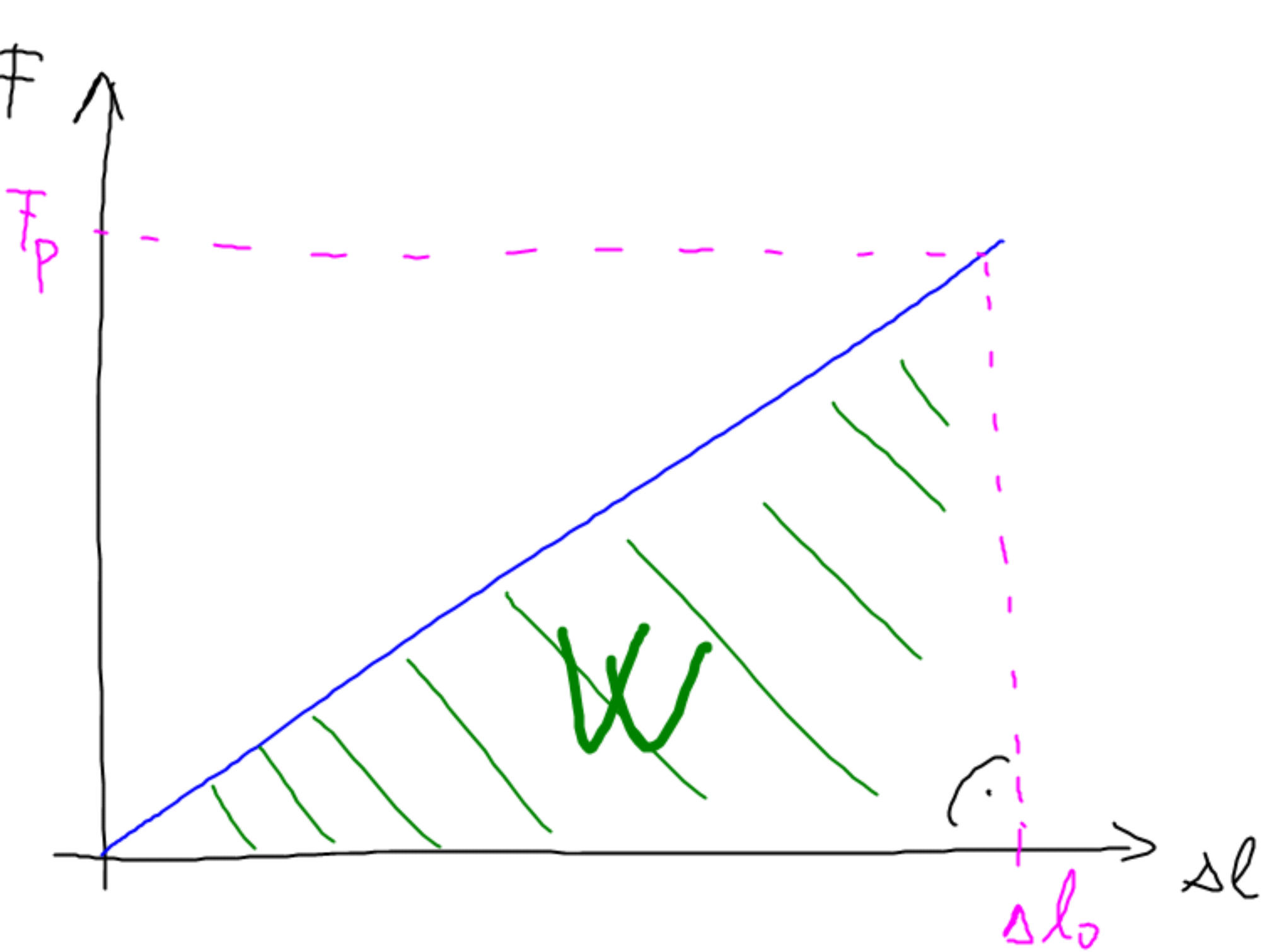
$$\cos \alpha = \frac{l - h}{l}$$

③ E_p & postupne mení na E_k dle ZZE

h) pružina



① $\rightarrow$ ②: měneno vyložení pružiny $\underline{U}$; měneno přídělit síla $\underline{F}$
 $(F \geq F_p) \wedge F_p \sim \Delta l$



$$W = \frac{1}{2} F_p \cdot \Delta l_0$$

$$W = \frac{1}{2} k \cdot \Delta l_0 \cdot \Delta l_0$$

$$W = \frac{1}{2} k (\Delta l_0)^2 = \Delta E_p$$

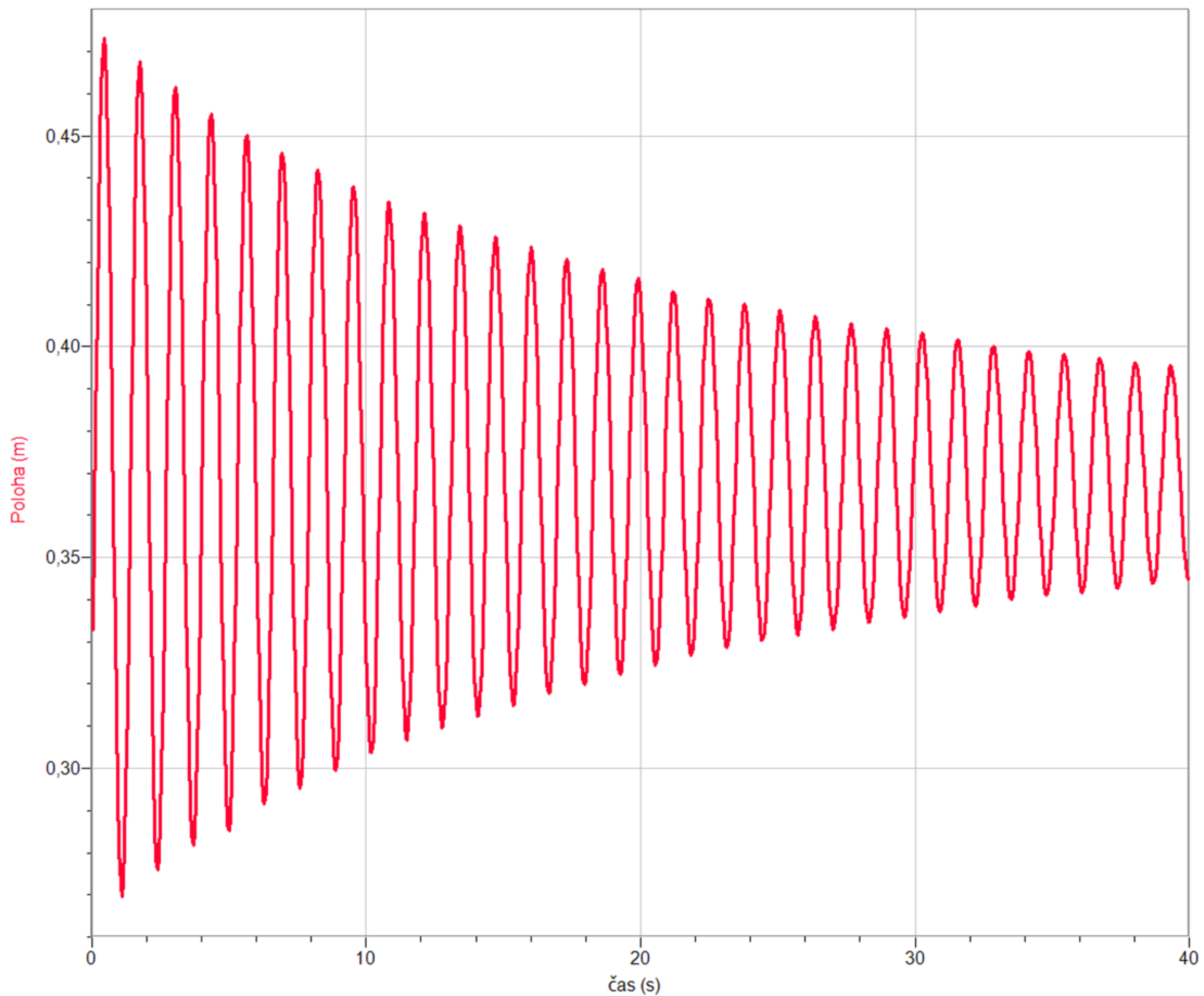
Thermene' unitatu'

~ prostriedi, kde na unitajl'u' děle so přisob'
ODPOROVÉ síly

tas. podvrtické' tlumění' je popsane'

$$na': y = \underbrace{e^{-bt}}_{\text{tlumění}} y_m \sin(\omega t + y_0)$$

b - součinitel tlumění; $b \sim$ prostriedi, C, S



pro zabra'ně'ní' hlumění' je nutné dodávat
energii, která' se vli'vá u'hlumění' přemě'ní'
na nemechanické formy (teplo)

— $\Rightarrow$ NUCENE' KHITAM', které' nemají' ž'ž
harmonické'

Př. di'te na pontone' kampače

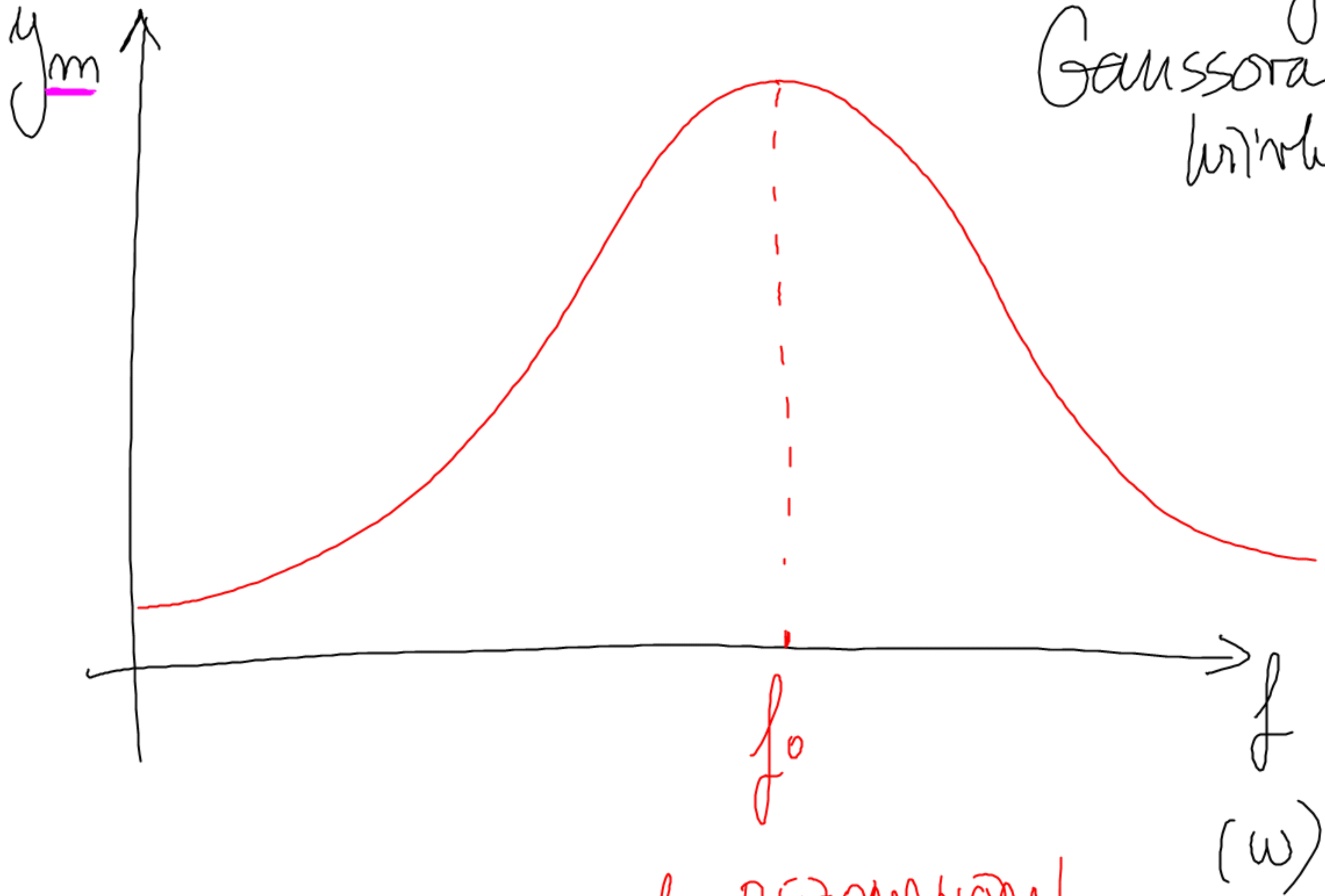
Resonance

nashta'va' pñi' ra'jennne'i'nteraku' 2 osci'la'toni

Pñ. 2 praxe : masim' lustr a na nēm savēšena'
mala' ozdobiōka
pñi' mi'me'm (tēmēi' nepostichnustelne'm) po'glon
lustru se s velhom amplitudon roz'yve
ozdobiōka

Resonance kintika

mathematically:
Gaussian
kintika



f_0 - REZONANOM!
FRE

Praxe:

- hudobní nástroje
- měřicí přístroje (kmitočtoměr)
- „dřevěná rakva na anténu“
- ...

MECHANICKÉ VLÁKNĚ

Vemě a druhy vláken

mechanické vlákno se dle PRŮŽNOSTI PROSTŘE-

DÍM, které si lze představit jako sadu

osulačů spojených pružinami



m
 k

Druhy vlnění:

1) dle trasu

• PRŮČNÉ ... $y \perp \vec{v}$

(vlna na vlně, skvrna lytary, ...)

• PODÉLNÉ ... $y \parallel \vec{v}$

(vlna ve vlně, vlna na pruhové ...)

2, dle přenosu energie

• POSTUPNĚ' - přenašá energii

• STUJATE' - nepřenašá energii, ponechává
se měnit jeden druh energie na jiný

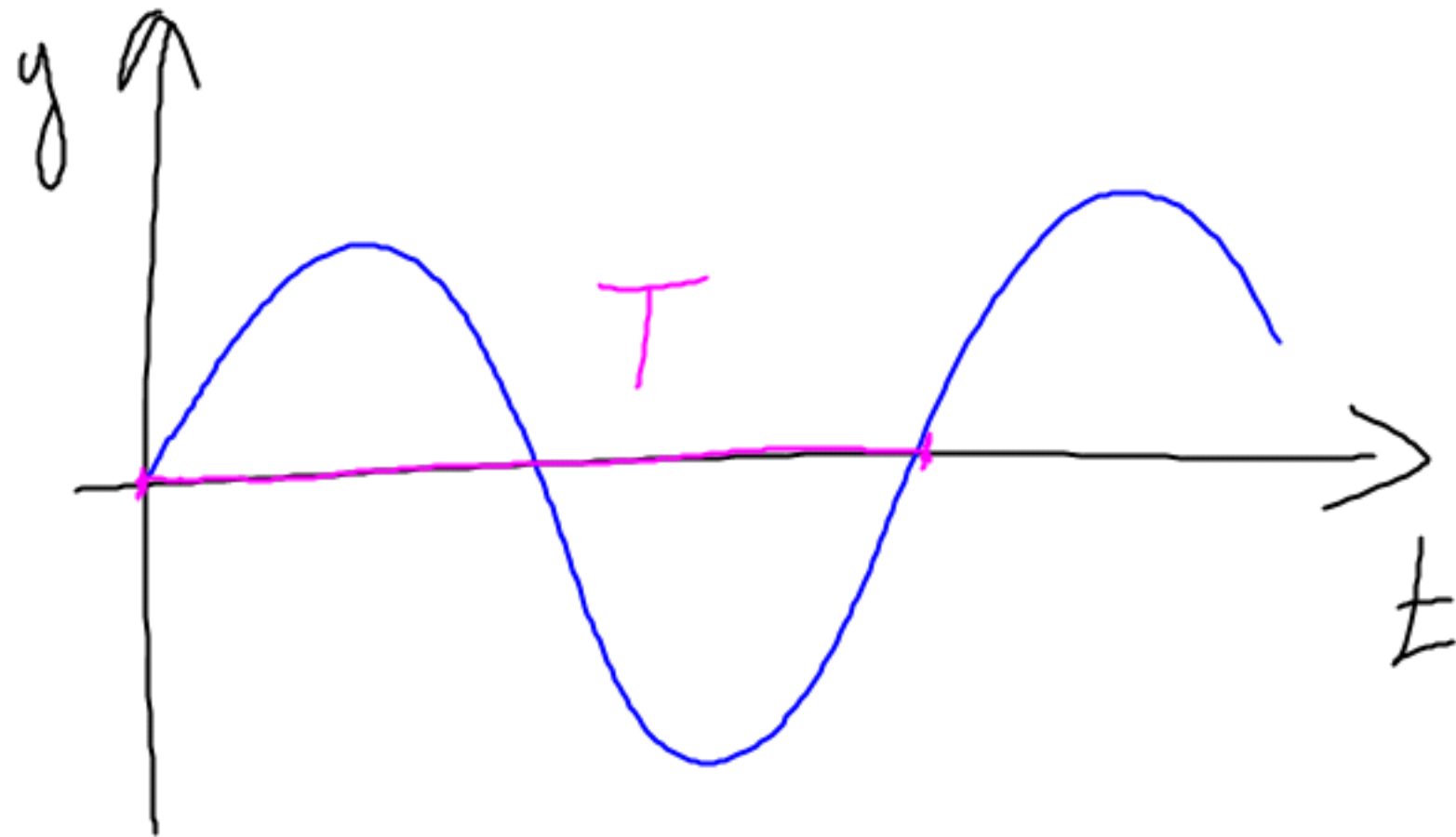
$$\begin{array}{l} (E_p \rightarrow E_k \rightarrow E_p \rightarrow \dots \\ E_e \rightarrow E_m \rightarrow E_e \rightarrow \dots) \end{array}$$

Souvislost limitů a času

limity

"lokalizace v prostoru"

$$y = f(t)$$

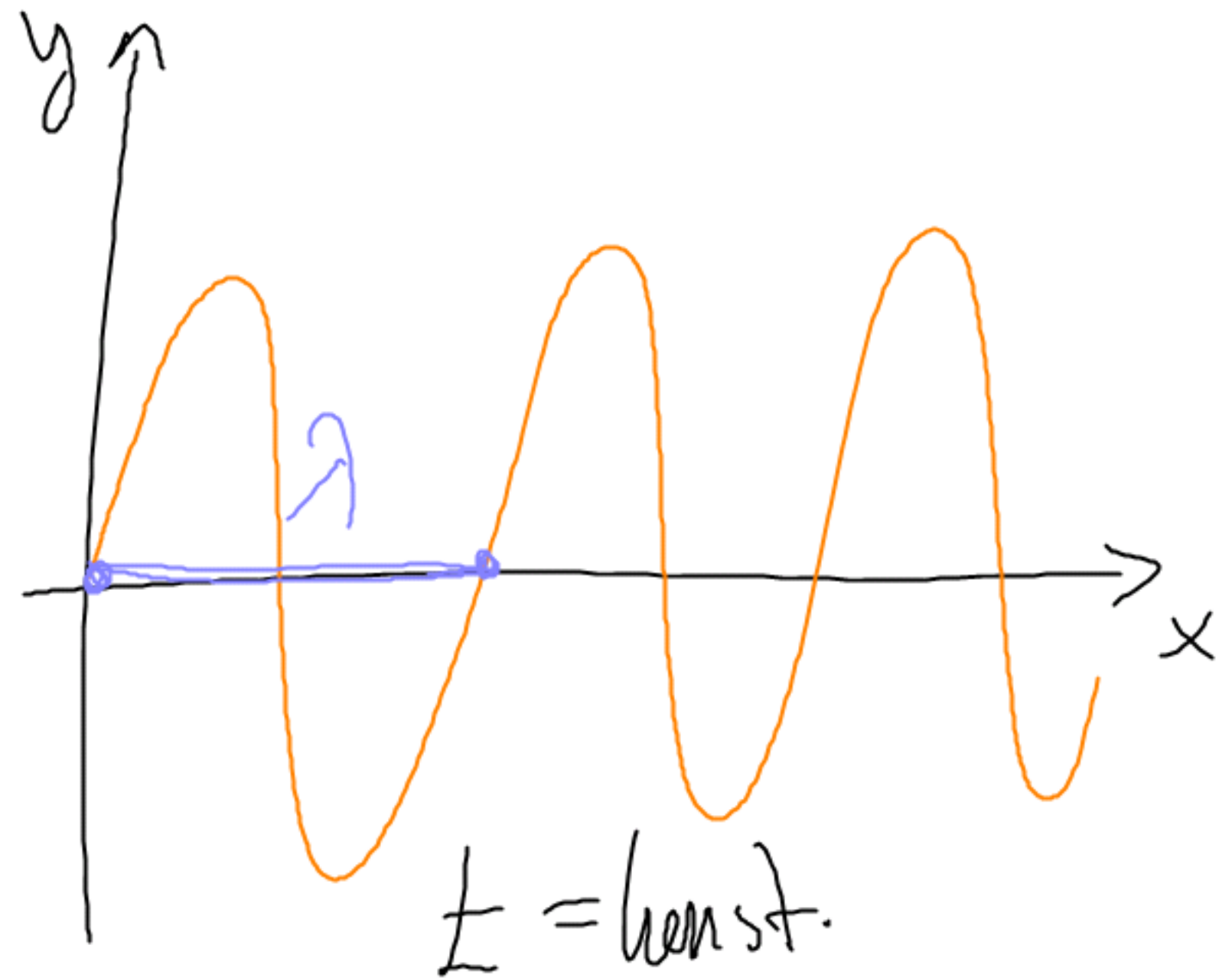
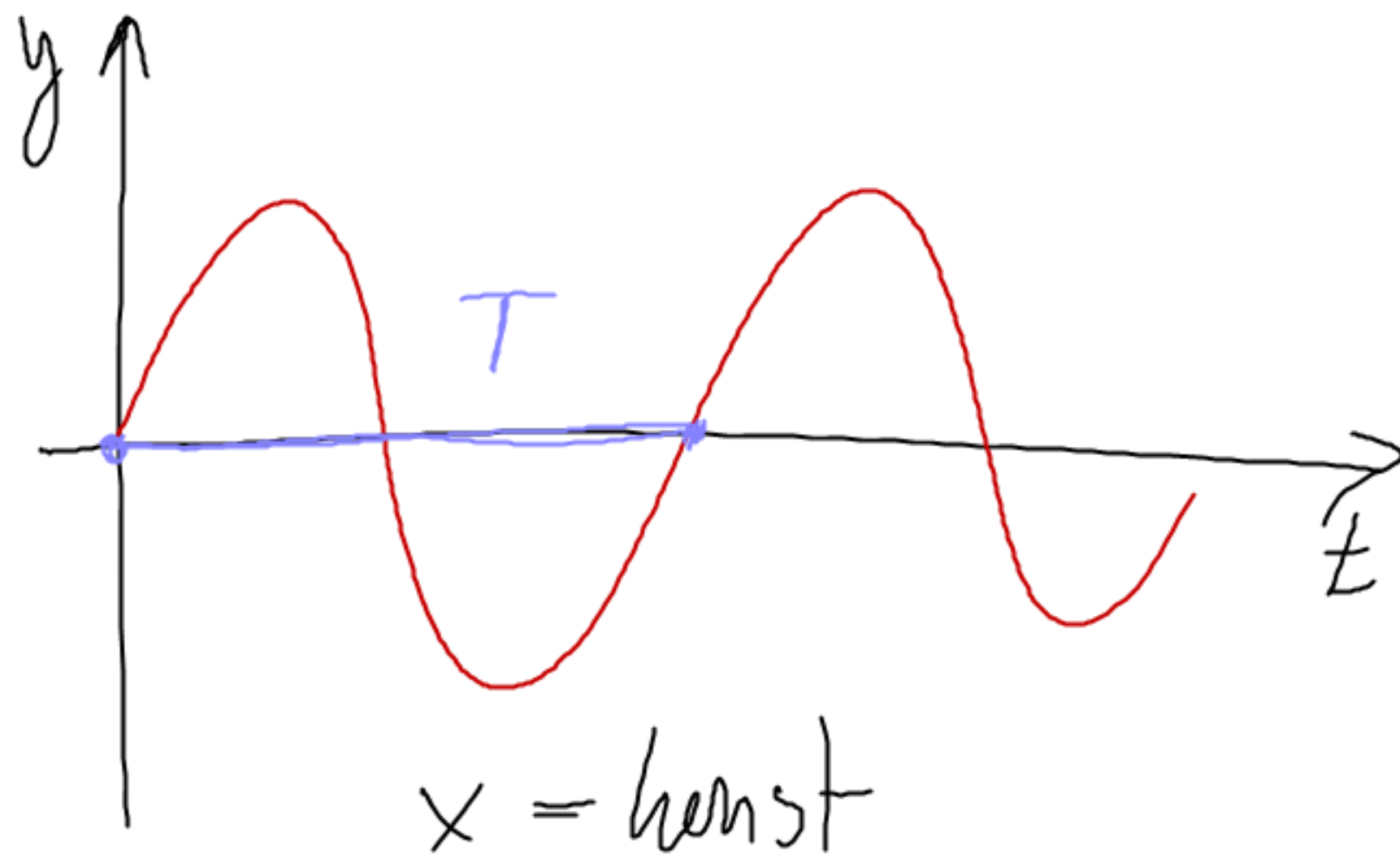


vlneňu!

"roztaženo do prostoru"

$$y = f(t, x)$$

↓ $kDy?$ → $kDE?$



λ - vlnová dĺžka

- dĺžka vlny
- vzdialenosť, ktorou vlna prejde za jednu

$$T : \lambda = vT = \frac{v}{f}$$

- najmenšia vzdialenosť 2 bodov, ktoré kmitajú
se stepnom fázou

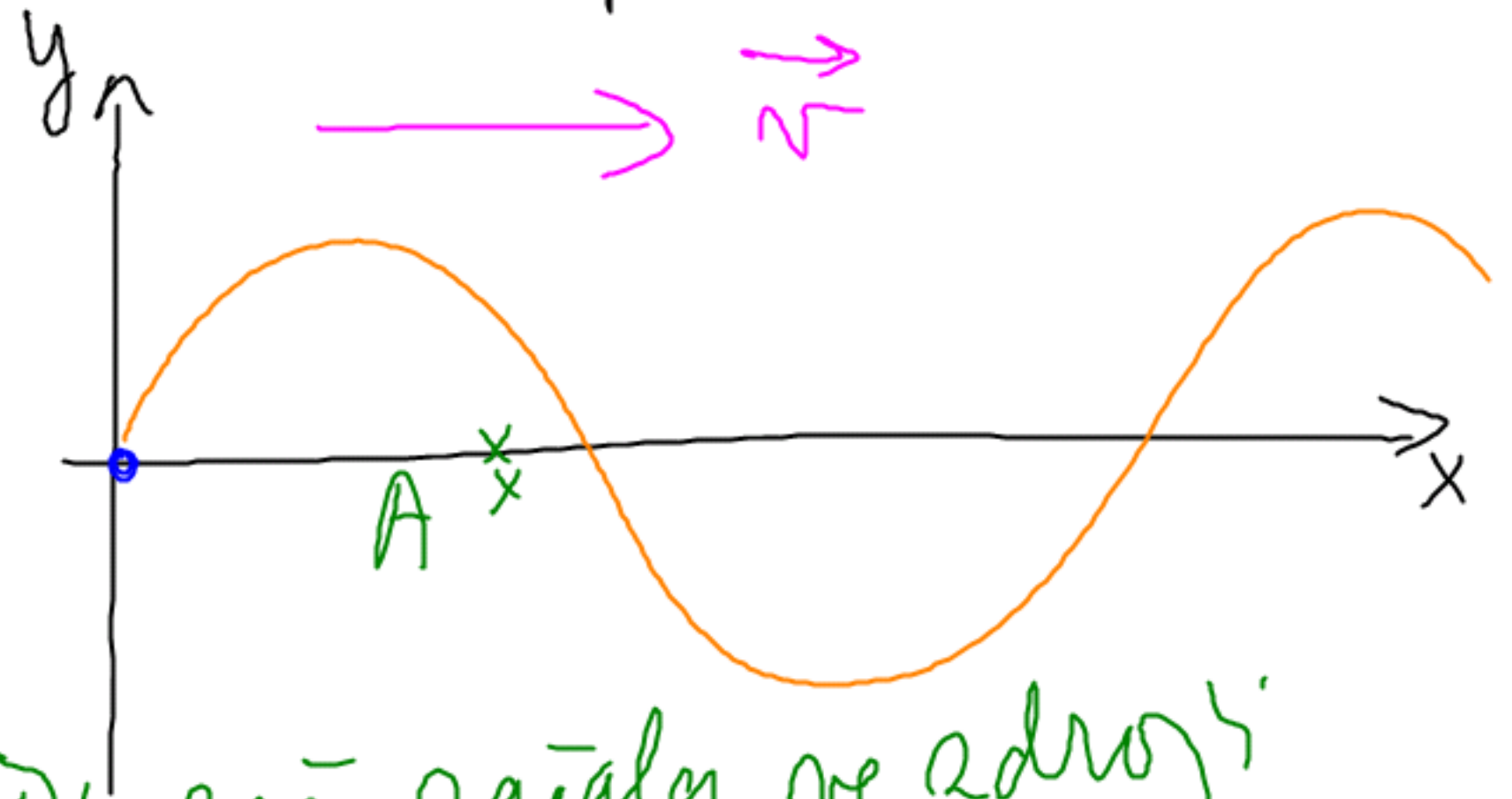
Inspirace: experiment se zářky, která pochází do níže
stran

Rce postupne' vlny

je podobna' jako rce harmonického kmitanu',
ale musis' zohlednit smeru' v prostoru

ZDROJ VLAŠTU' : OSCILATOR

$$y = y_m \sin \omega t$$



do bodu A přijde vlna POZDEJI, než začala ve zdroji'

Průběh vlny v bodě A:

$$y = y_m \sin(\omega(t - \underline{\tau})) =$$

τ - doba nutná na
urazení vzdálenosti
x

$$= y_m \sin\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) =$$

$$= y_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) =$$

$$= y_m \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{vT}\right)\right) =$$

$$= y_m \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$$

t, x - proměnné;
v závislosti na
nichž vyšetřujeme
y

T, λ - parametry
vlnění

RCE POSTUPNĚ VLMY

Interference vlnění (skládání vlnění)

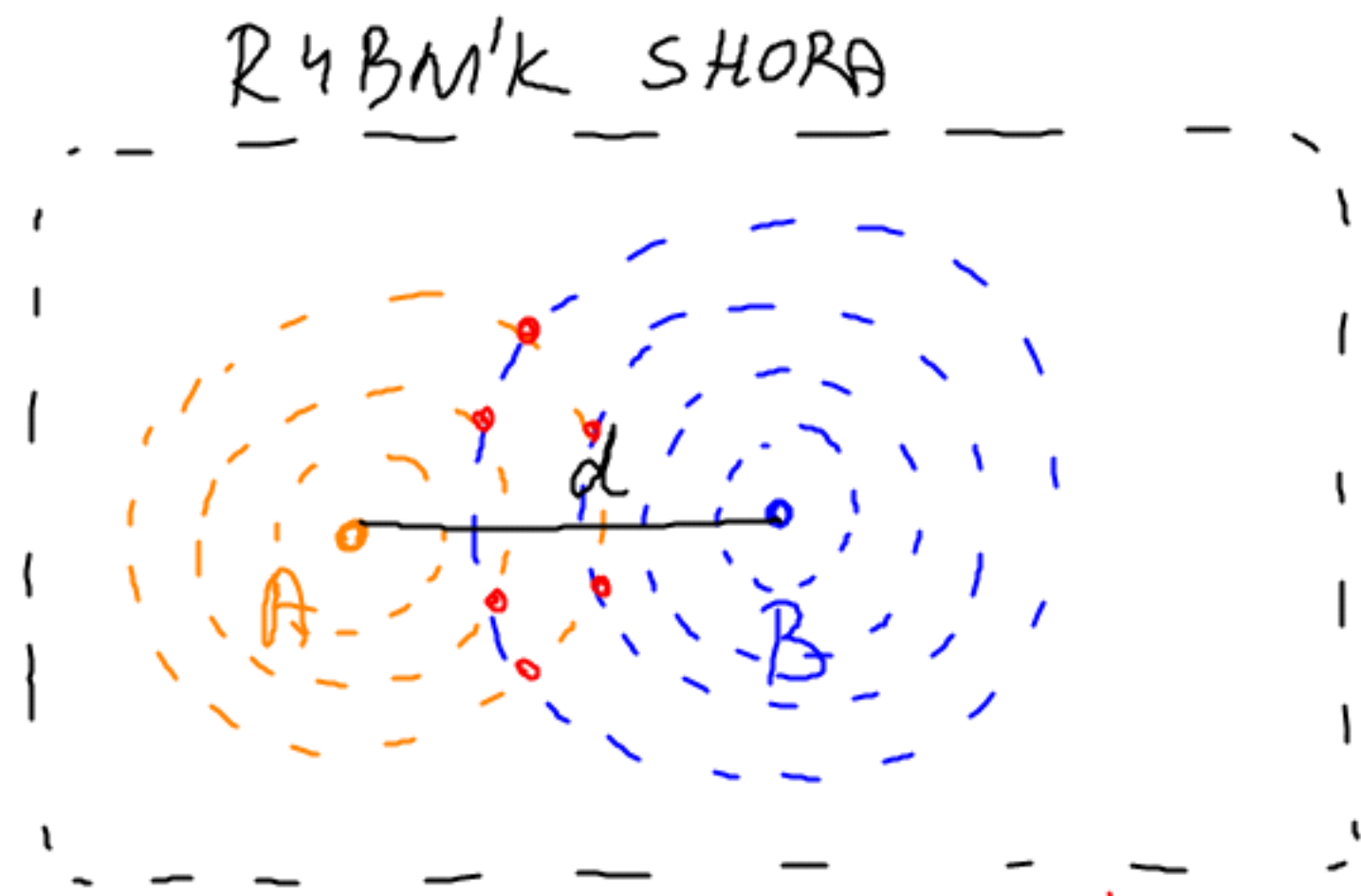
podmínky:

- 2 a více vln
- zdroj vln

- A, B - zdroj
ne stejný čas

- A, B - zdroj v různých časech

- stejná λ skládání vln (apodmíněný počet)

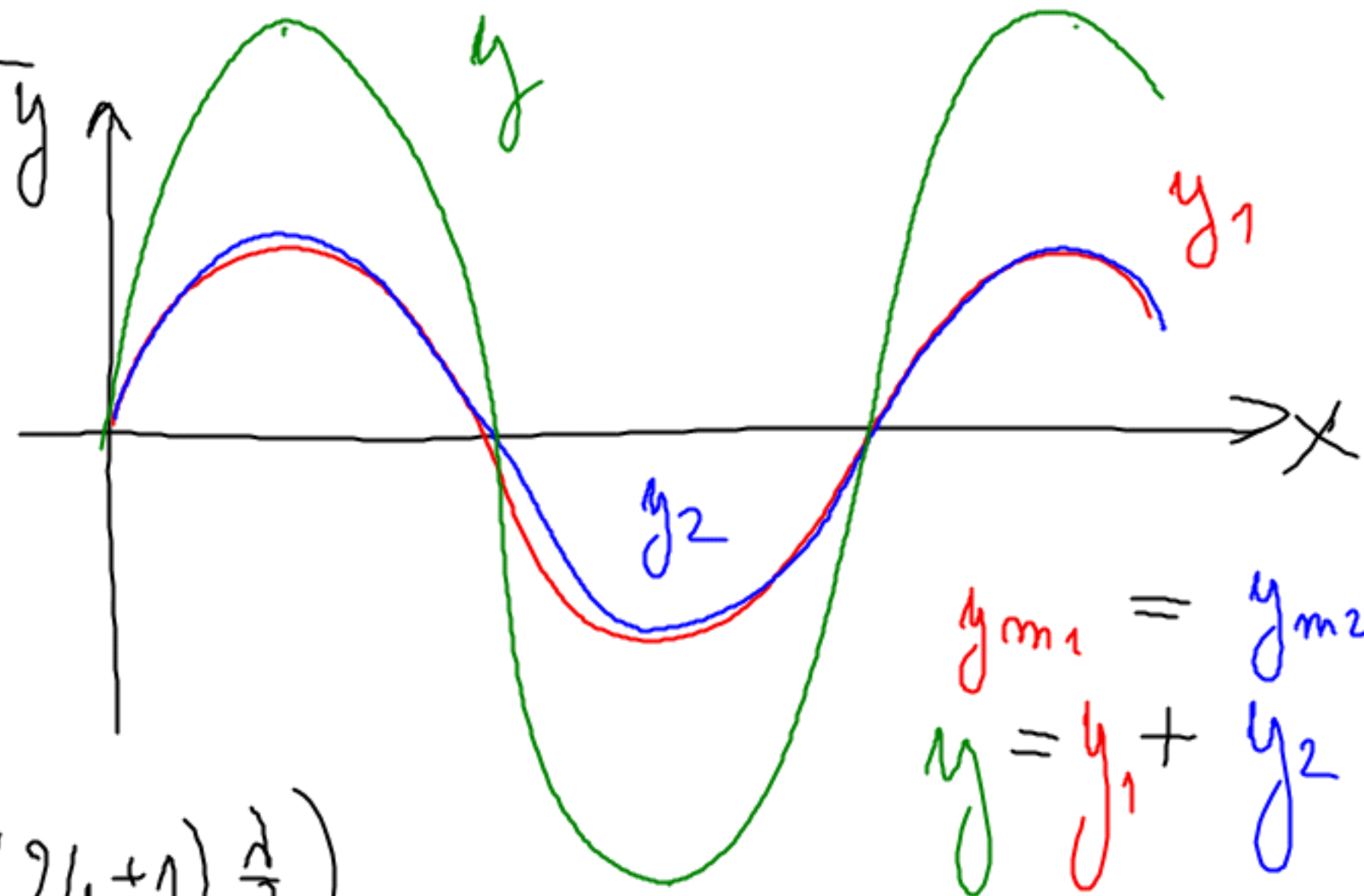


• místa interference

2 "VIP" signale:

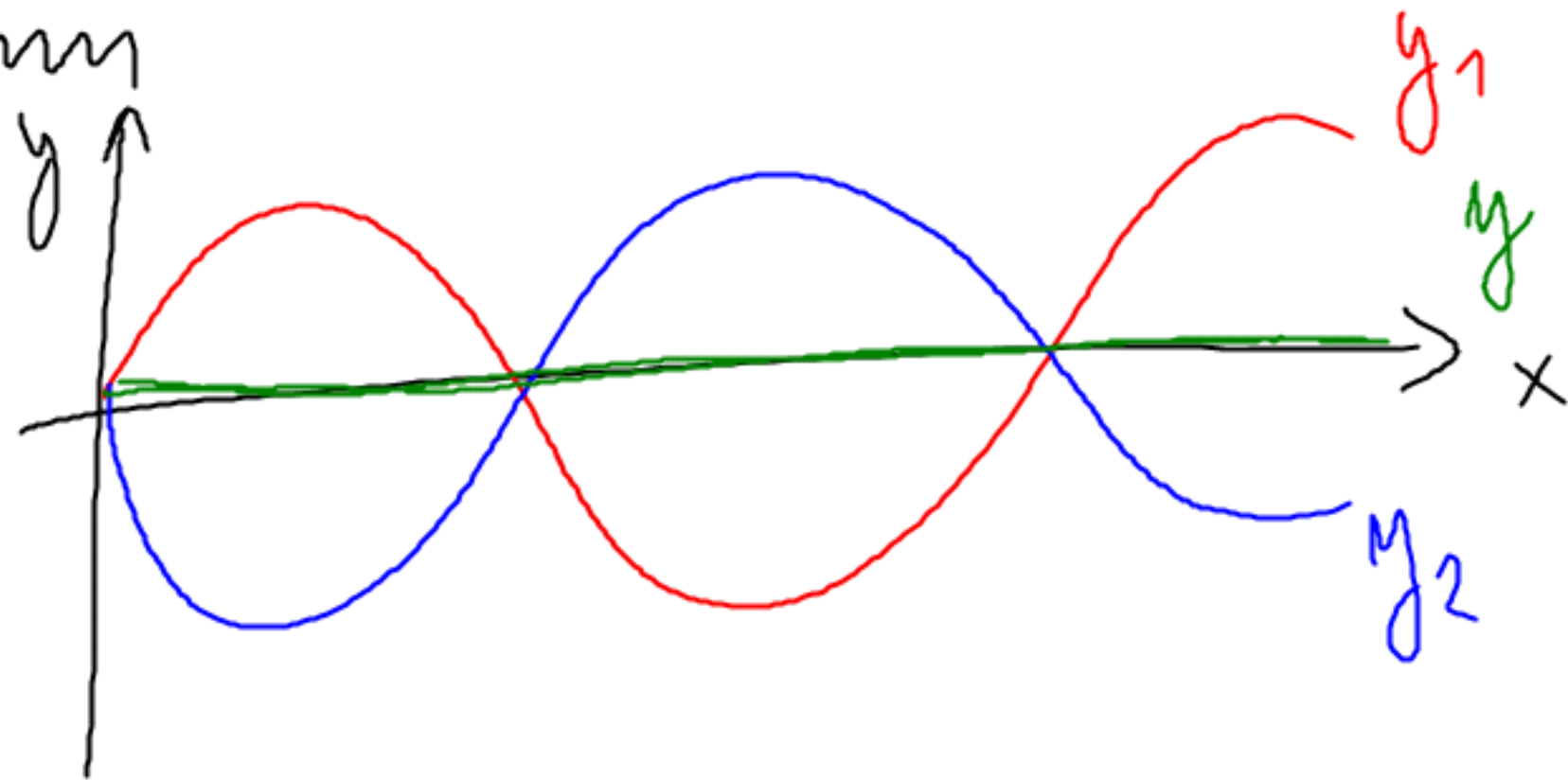
- $\Delta y = 2k\pi$, $k \in \mathbb{Z}$
($d = k\lambda$)

interferenzmaximum
(Reiten!)



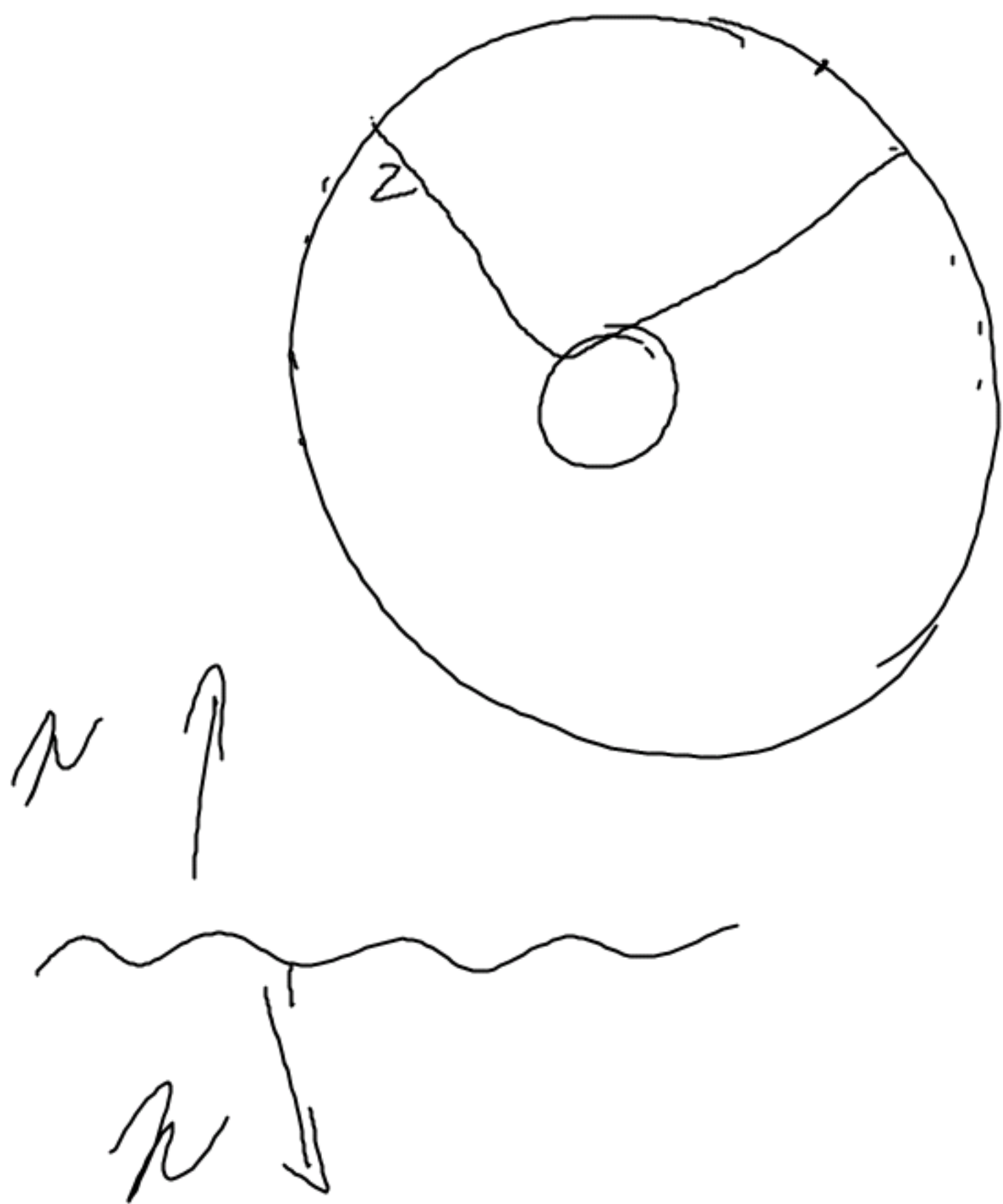
- $\Delta y = (2k+1)\pi$ ($d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$)

interferenzminimum
(Austreten!)



Odras vlnen' dle typu konce pruzinello prostredi'

- odras na pervom' konci' - odraz s OPAČNOU FA'ZI' (tj. posun vlny o $\frac{\lambda}{2}$)
(hadice na klice od oliva)
- odras na volnom' konci' - odraz se SVEŽNOU FA'ZI'
(hadice na provazku na klice od oliva)



p podélné
 s příčné

$$v_p > v_s$$

šíření p vln
 ve všech směrech
 šíření s vln,
 pouze pomocí
 prostředků

Stojate' vlněni'

vznika' interference' postupneho vlněni' a
vlněni' odrazeného

v tomto případě exist' 2 typy "VIP" bodů

- UZEL ... bod s nulovou výchylkou
- KMITNA ... bod s maximální výchylkou

$$|K_1 K_2| = |u_1 u_2| = \frac{\lambda}{2}$$

POSTUPNĚ

VŠECHNY BODY... STEJNÁ AMPLITUDA

RŮZNÉ BODY... RŮZNÁ FÁZE

PŘENÁŠÍ ENERGI

STOJATĚ

RŮZNÉ BODY... RŮZNÁ AMPLITUDA

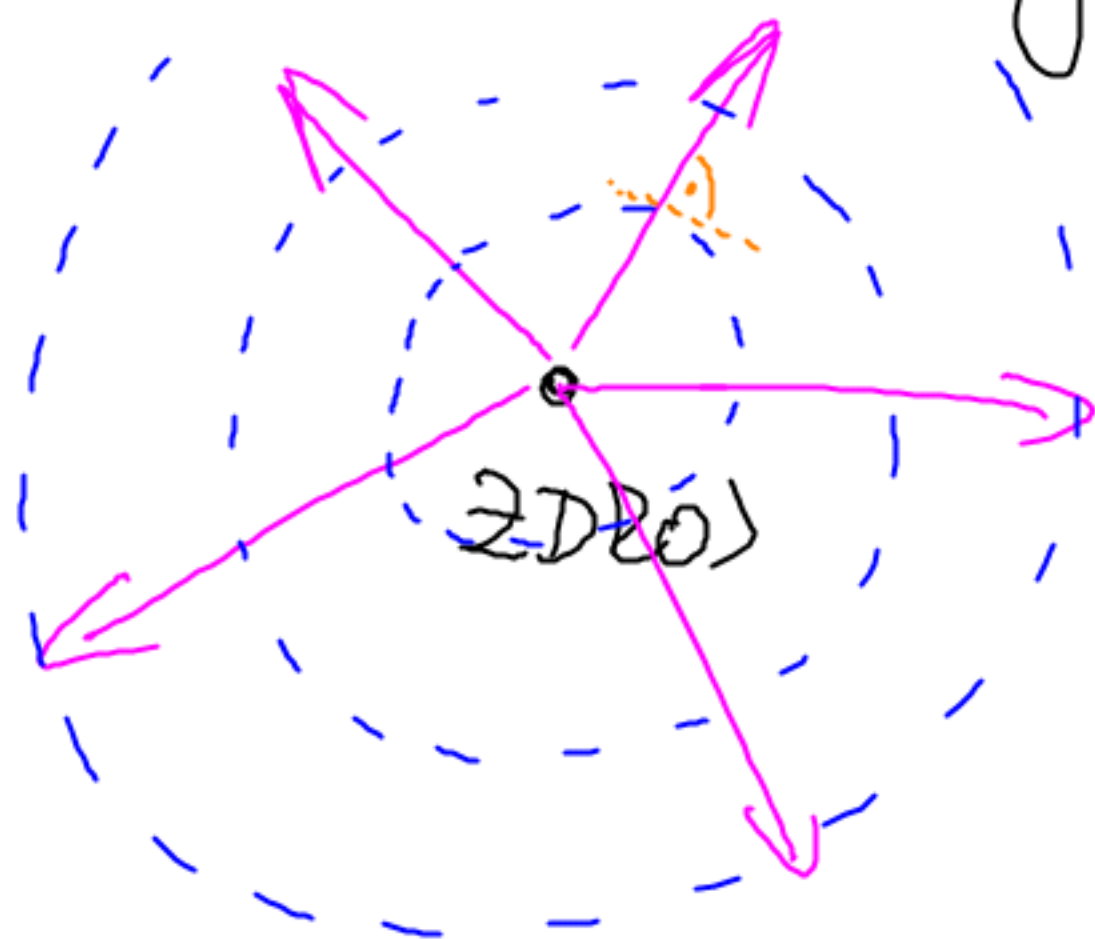
VŠECHNY BODY... STEJNÁ FÁZE

NEPŘENÁŠÍ ENERGI

Síťem' vlněm', Huygensov princip

• IZOTROPNÍM PROSTŘEDÍ - vlněm' & oln'

všem' směry stejně



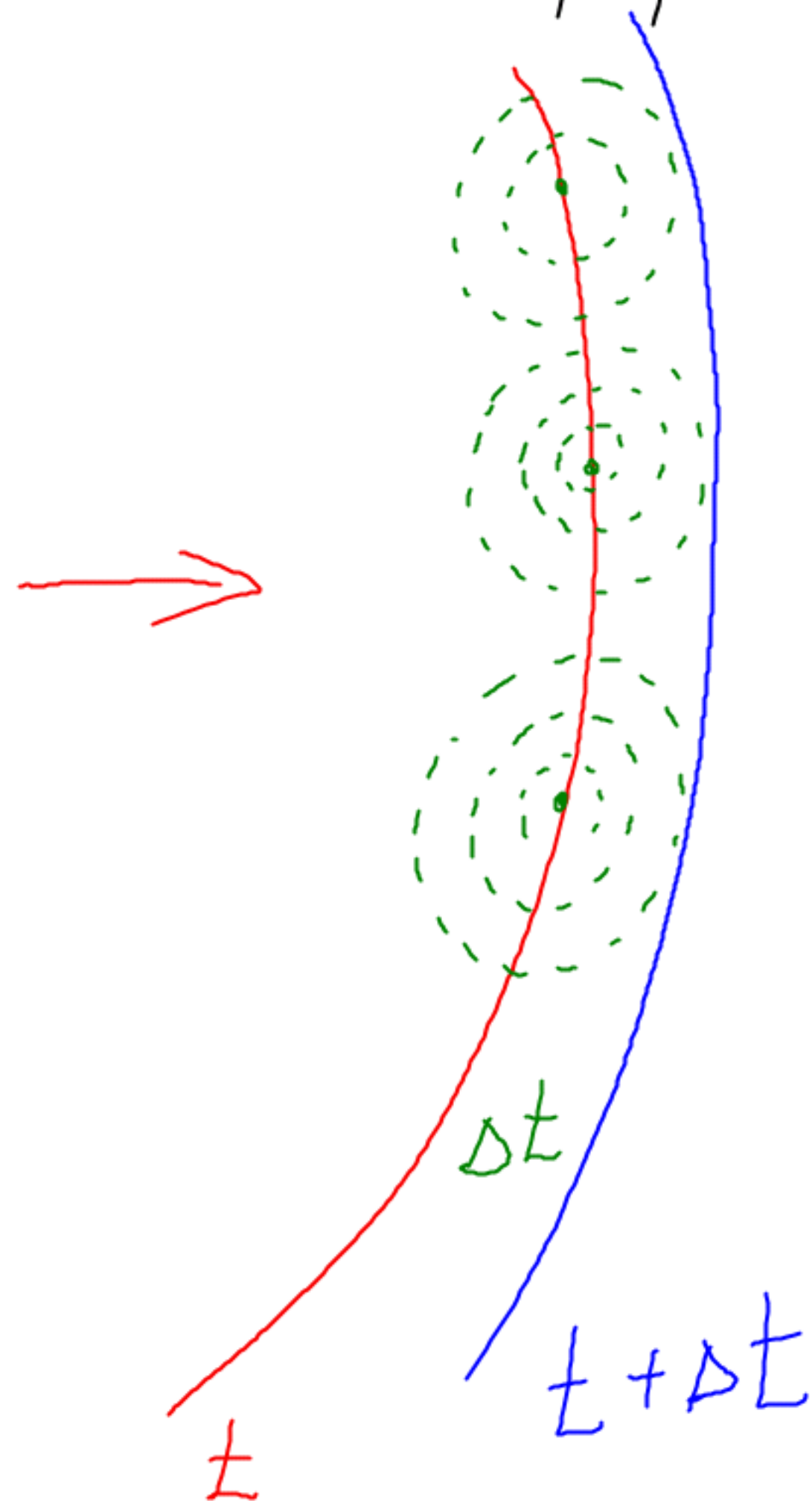
→ PÁPRSEK

--- VLNO PLOCHA -

- množina bodů
stejně vzdálených
od zdroje, které
kmitají se stejnou
fází

(„kružnice na vodě“)

Huygensov princíp - každý bod na vlně je zdrojem
vln, pokud neznáme její zdroj



• "jakoby zdroje"
fiktivní zdroje,
z nichž se vlnění
šíří vlnovými
plochami

vlnoplocha v čase $t + \Delta t$

Chvēm' son stav

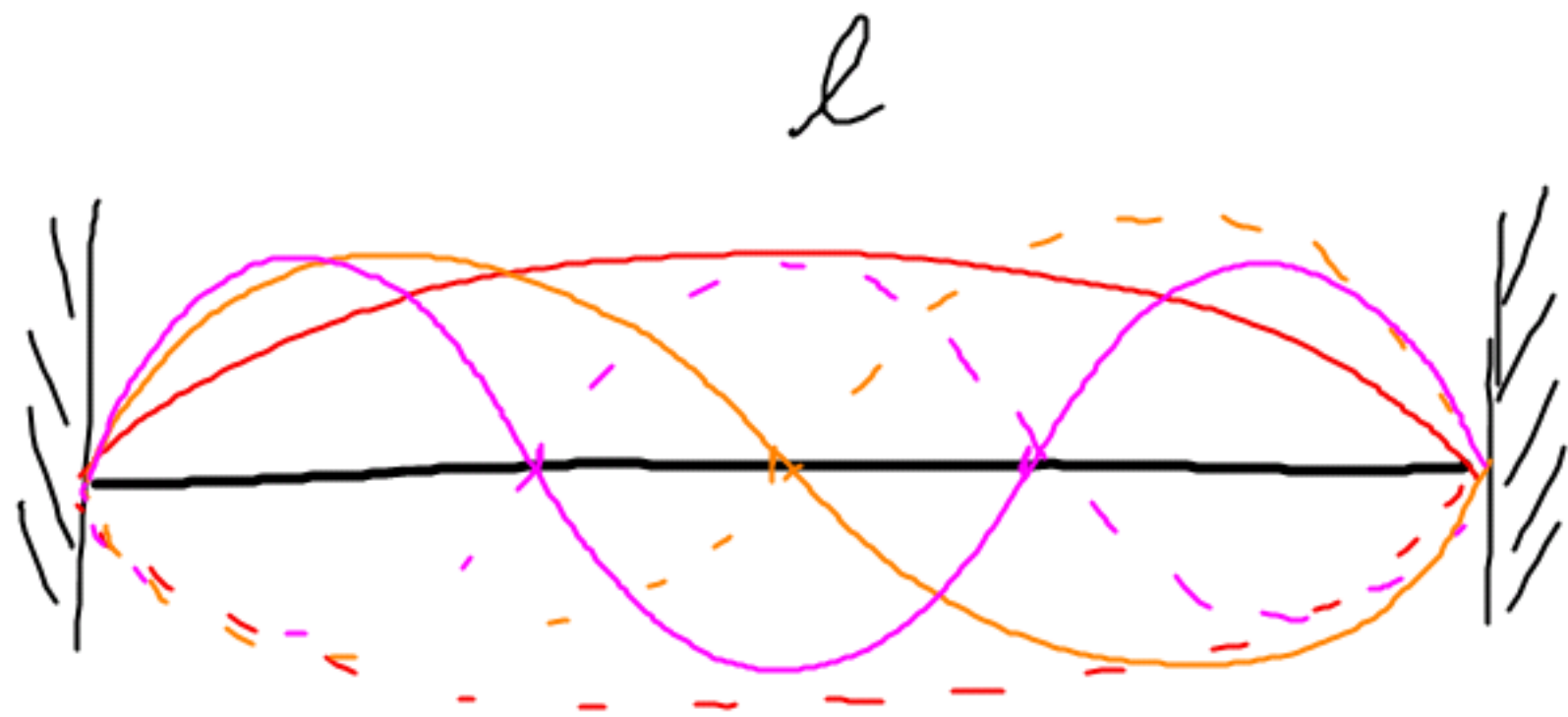
praxe: lundeŋi' na'stroje
myshe' domy (semětriseŋi')

pozor na:

- způsob uperněm' dnoj'čho k tělesa
- n' m'stē uperněm': UZEL namihle' stojate' vlny
- n' m'stē volného konce: KMITA — " —

omereu': dēsa s pīvasājū'um līm. nomēem
(tjč, dra4, struma, ... : dēla > pūmēr)

1) dēso upervēne' na 2 konu'te
(struma lītary, ...)



$$l = \frac{\lambda_1}{2} ; \text{ where } \lambda = \frac{v}{f}$$

$$l = \frac{v}{2f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2l}$$

$$l = \lambda_2 \Rightarrow f_2 = \frac{v}{l}$$

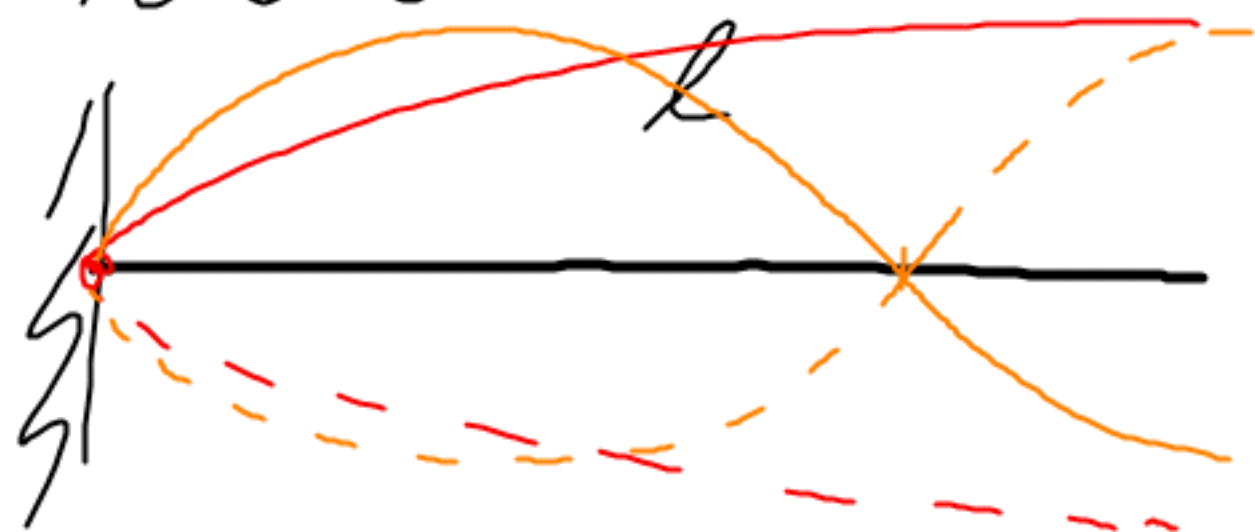
$$l = \frac{3}{2} \lambda_3 \Rightarrow f_3 = \frac{3}{2} \frac{v}{l}$$

f_1 ... ЗАКЛАДЫ FRC

$f_2, f_3, \dots$... ВЫСШЕЕ HARMONIC FRC

$$f_1 < f_2 < f_3 < \dots$$

2) debeso superpone me' na 1 kanci



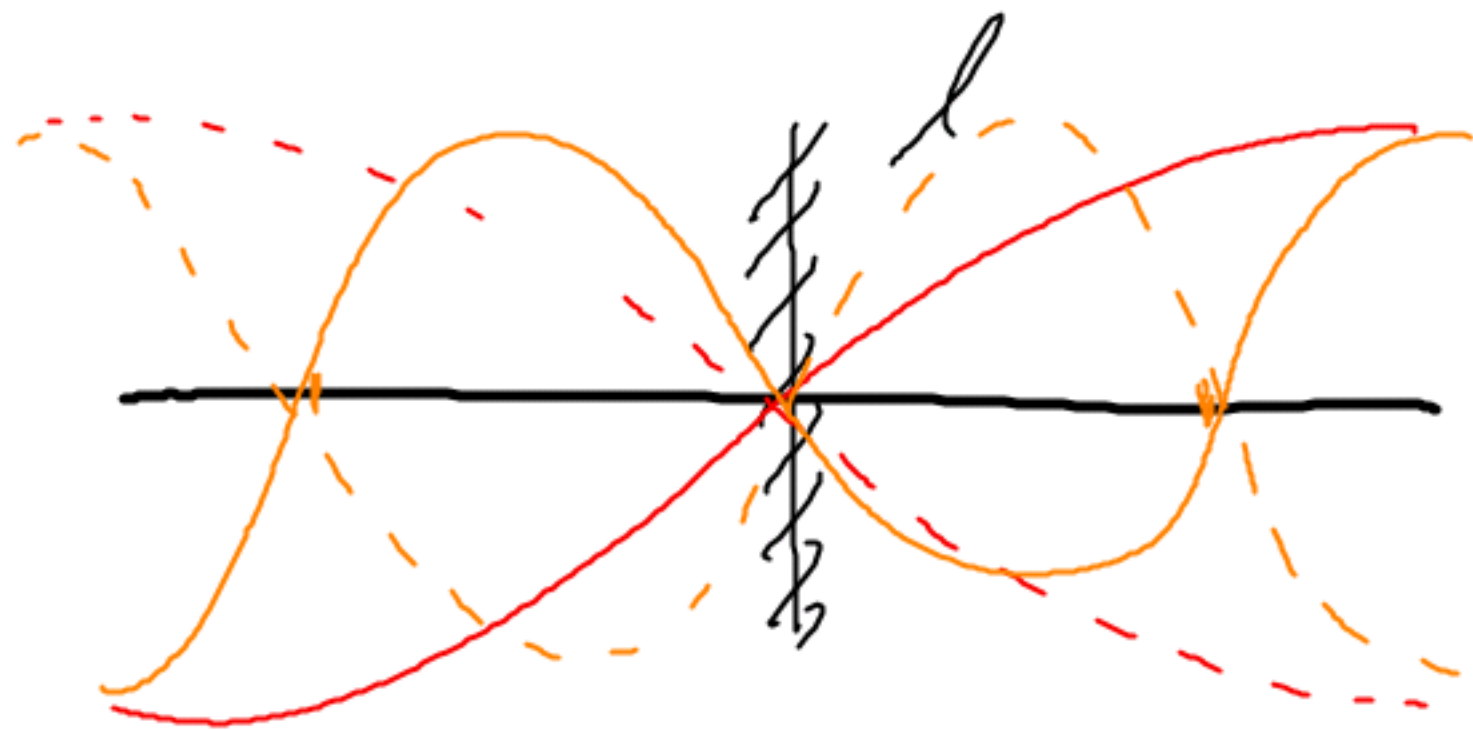
(originala dritoka,
lahur, pristaj, ...)

$$l = \frac{\lambda_1}{4} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{4l}$$

$$l = \frac{3\lambda_2}{4} \Rightarrow f_2 = \frac{3v}{4l}$$

3, dēleso ufermēme! uprostred

(orvencma' dilaiba, ...)



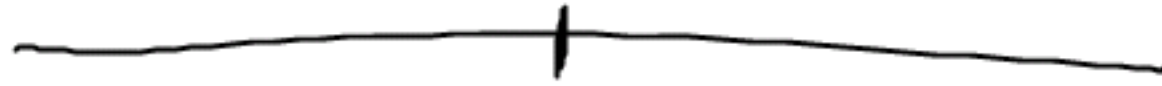
$$\ell = \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2\ell}$$

$$l = \frac{3}{2} \lambda_2 \Rightarrow f_2 = \frac{3v}{2l}$$

•
•
•

Pr. $f = 2491 \text{ Hz}$
 $\ell = 1,025 \text{ m}$

 $v = ?$



$$\ell = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f}$$

$$v = 2\ell f = 2 \cdot 1,025 \cdot 2491 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 5000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Je vysoký sloupec vzduchu uzavřený
 odměrným válcem, aby rezonoval s laděnou
 frekvencí 440 Hz? Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu
 je 340 m.s⁻¹.

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{1 - \frac{v}{f}}{4} = \frac{340}{440} = 0,8 \text{ m}$$

$$l = 0,2 \text{ m}$$

AKUSTIKA

Če'st pŕiŕy zaby'voj'u' ŝ avn luv

ŕiŕne' obvy:

FYZIOLOGICKA' - ŕiŕo

HUDEBN' - hudebn'na'stroje

STAVEBN' - konstrukce sa'ln

ELEKTROAKUSTIKA - pŕevod el. signa'lu na avn
a opatně

Druh zvuku

ZVUK - nejčastěji ve vzduchu; PODELNÉ MECH.
VLNĚNÍ S FREQ (16; 16000) Hz

$f < 16 \text{ Hz} \dots$ INFRAZVUK
 $f > 16 \text{ kHz} \dots$ ULTRAZVUK

Šířemí zvuku

- ZDROJ
- Hmotné prostředí
- PŘÍJÍMAČ

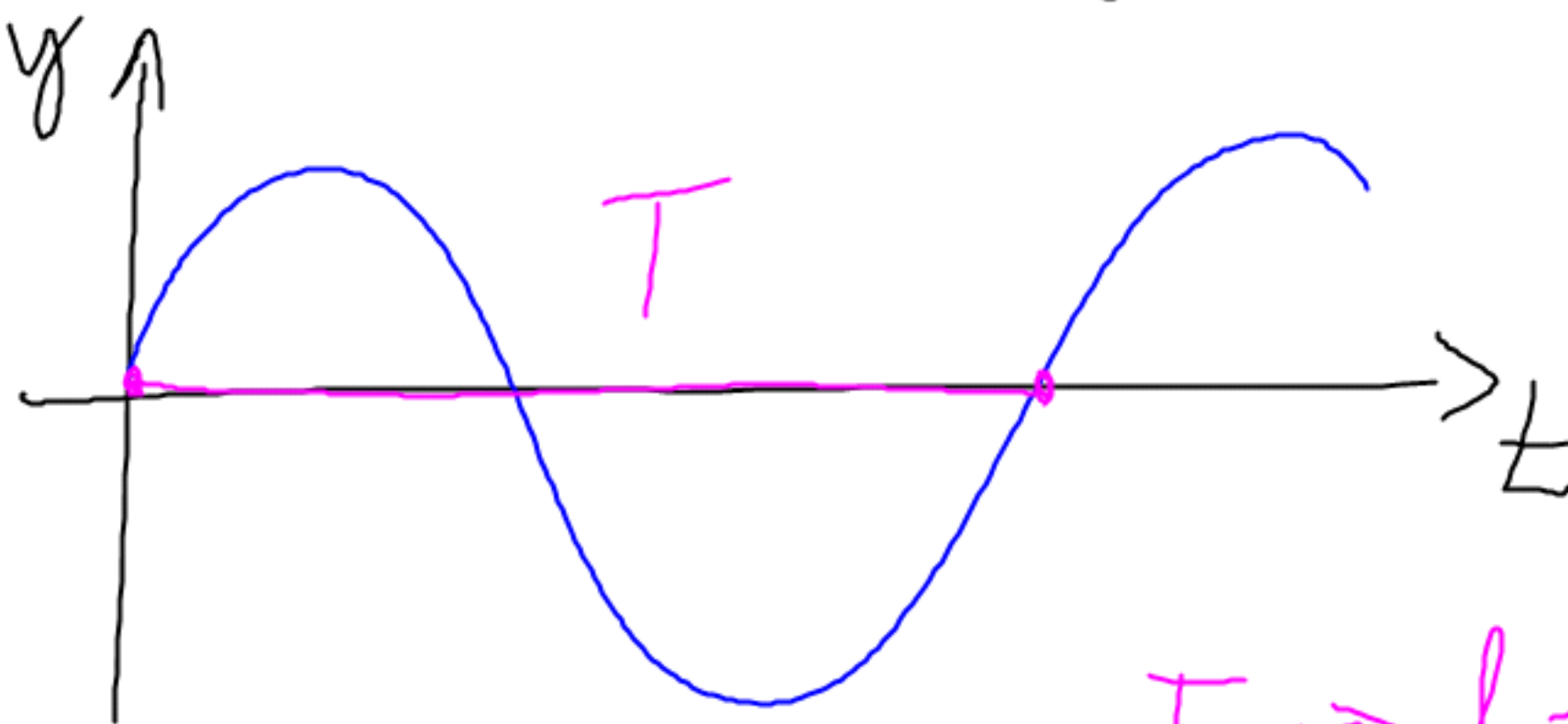
Rowly:

- 1, TON - periodic movement
- 2, HLUK, SKRZK, ... - non-periodic movement

1, by & da'le d'el'ma:

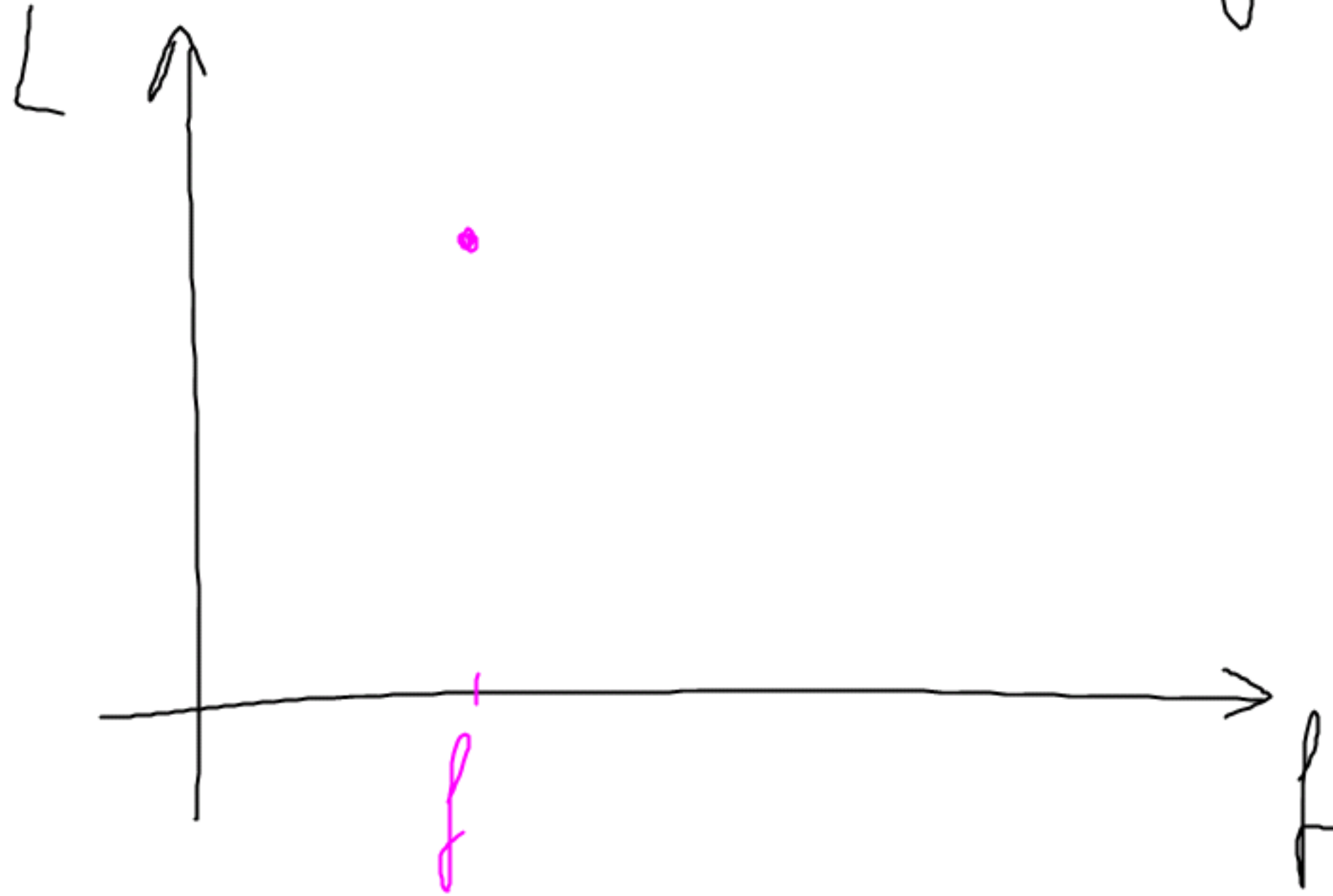
a) jednoduché tóny - movement je sinusový (harmonic)

pro mnoho melibé'

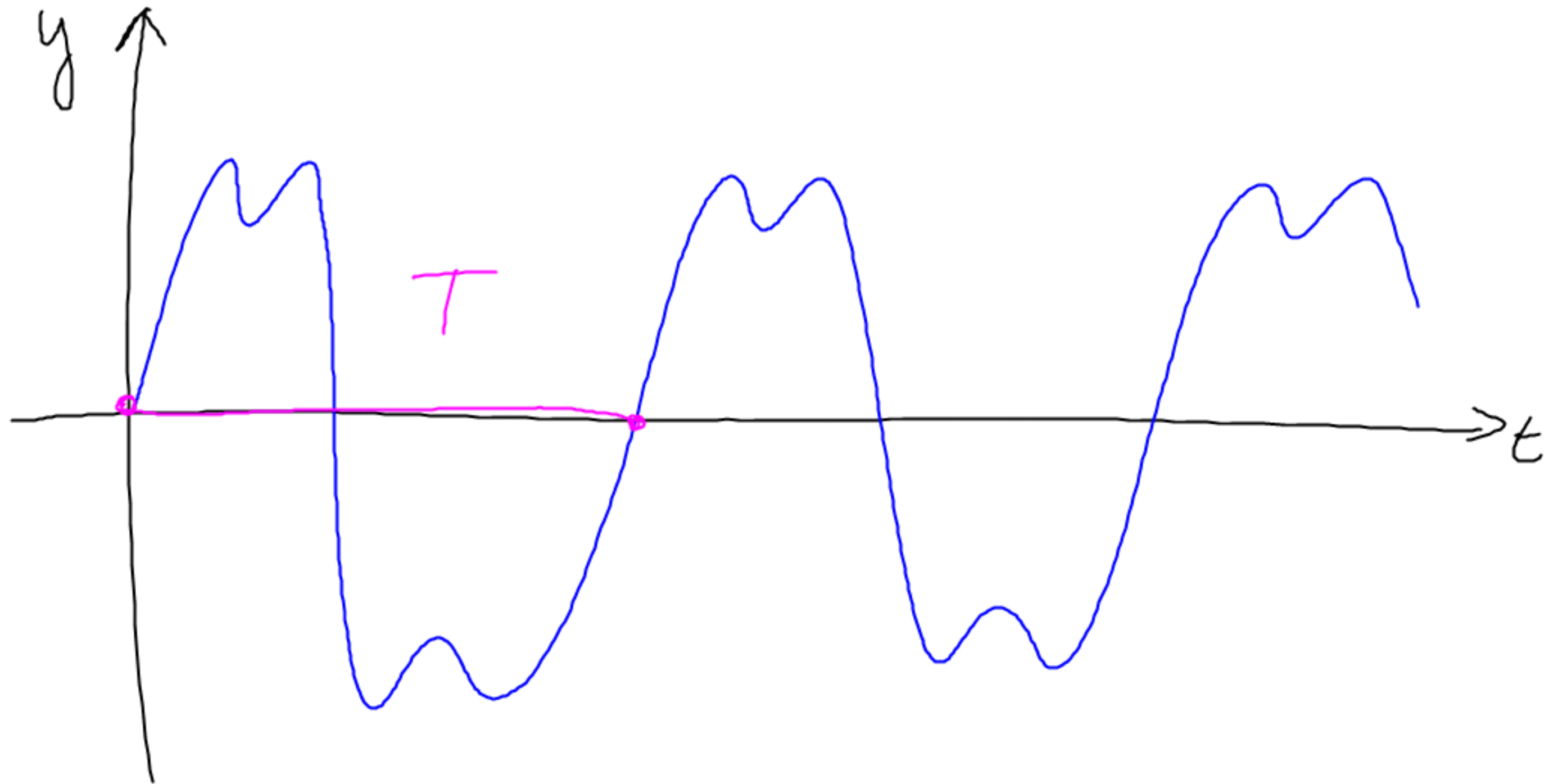


$T \Rightarrow f$ - M' SKA
TON

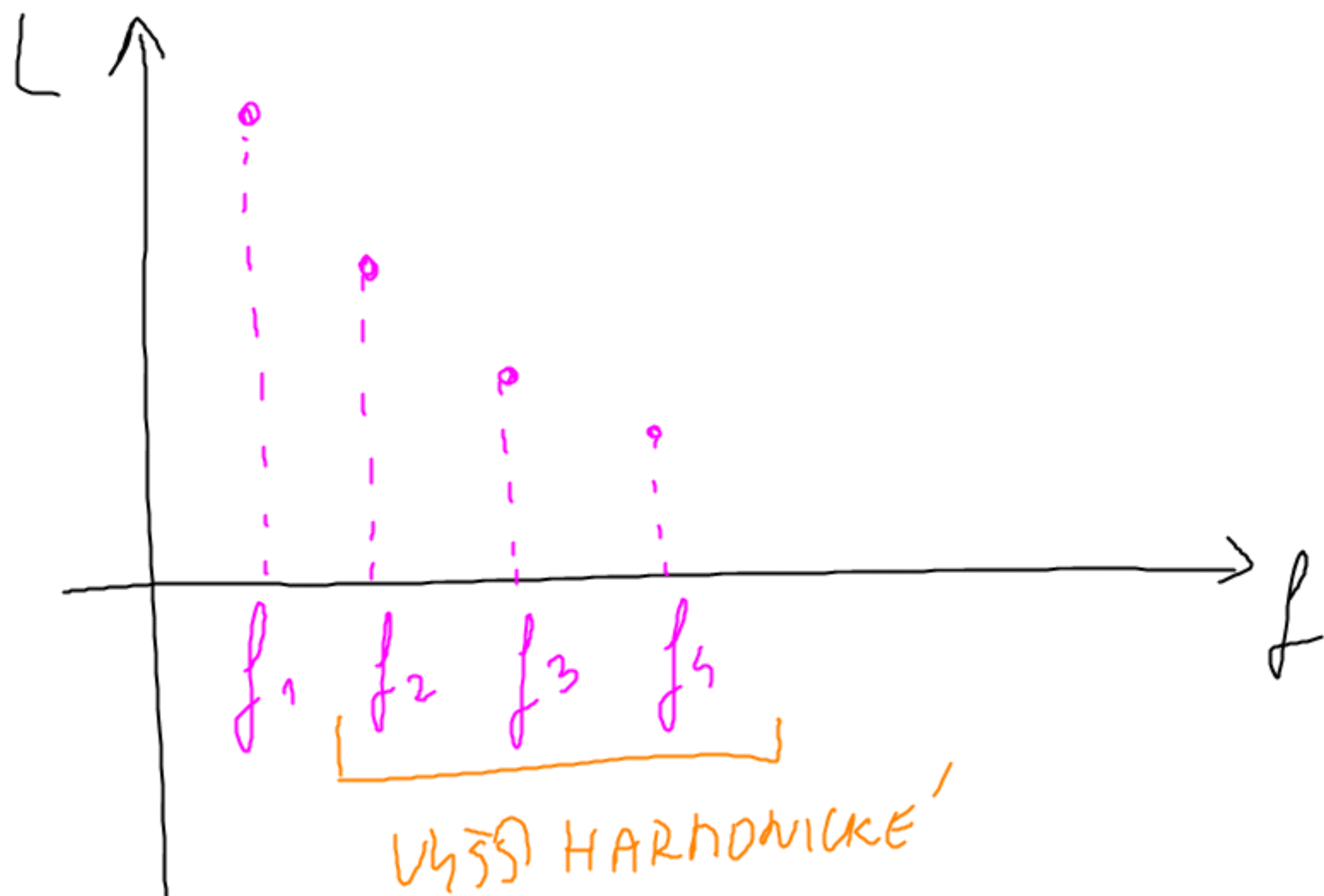
Spectrum - hladivna intenzita zvuku na fre



b) složený to'n — ma' periodicky, p'ibeh, ale
NE HARMONICKY'



$T \Rightarrow f \dots$ ZA'KLADNÍ FRC E;
VÍŠKA TO'NU



$$y = y_{m1} \sin \omega_1 t + y_{m2} \sin \omega_2 t + y_{m3} \sin \omega_3 t + \dots$$

FOURIEROVA ŘADA

• volbou y_{mi} a w_i lze douhat libovolný
periodický průběh

• pomocí tohoto vzorce lze periodický průběh
analyzovat, tj. nait f_i

Sířem' evulm

N ~ prostředu'

• OZVĚNA

• „BABSKÉ' URČOVNÁ'M' VĚDA'LENOSTI BUDĚKŮ“

Vlasnost' zvuka

1, Vysota

tyka' se TO'NU

da'na ZHKLADN' FRCU'

referenchn' to'ny:

- ludebm' slushika ... 440 Hz (komorn' a)
- tekhnika ... 1 kHz

ludebm' intervaly: OKTA'VA ... 1:2

2, Barwa rounu

dama VYSS'NI HARMONICKI FRET/

ty jon dany typem, trarem, materiallem, ...

edrope rounu, apisorben namiku rounu, ...

3, Intenzita a hladna intenzity

intenzita zvuku: $I = \frac{P}{S}$ $[I] = \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

P - akusticky výkon dopadající na plochu o obsahu S

exp. 2 prahové hodnoty:

- PRAH SLYSĚNÍ - nejmenší intenzita, kterou můžeme slyšet; $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

- PRAH BOLESTI - největší intenzita, kterou můžeme bez poškození slyšet; $I_B = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

hladina intensity avnku:
(„hlasitost“)

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad ; \quad [L] = \text{dB} \\ (\text{decibel})$$

prí více avnku se scítají INTENZITY

$$L = 10 \log \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{I_0}$$

Jak se změní L , bude-li místo 1 zdroje
zvuků v atmosféře dříve stojící zdroj?

$$\Delta L = ?$$

$$l = 2l_1$$

$$\left. \begin{array}{l} L_1 = 10 \log \frac{l_1}{l_0} \\ L_2 = 10 \log \frac{2l_1}{l_0} \end{array} \right\} \Delta L = L_2 - L_1 = 10 \left(\log \frac{2l_1}{l_0} - \log \frac{l_1}{l_0} \right) =$$
$$= 10 \log \frac{\frac{2l_1}{l_0}}{\frac{l_1}{l_0}} = 10 \log 2$$

$$\underline{\underline{\Delta L = 3 \text{ dB}}}$$

"člověk je dobrý logaritmický" – podněty,
které se rozšiřují v geometrické řadě,
vnímáme logaritmicky

WEBER-FECHNERŮV PSYCHOFYZIKÁLNÍ ZÁKON