NESTACIOÁRNE FYZIKÁLNE DEJE (1)

- sú opísané veličinami, ktoré sa s časom menia
- fyzikálne deje 1. PERIODICKÉ
  - rotácia Zeme,
  - striedavý prúd,
  - činnosť srdca
  - kmitanie,
  - hudobné tóny

2. NEPERIODICKÉ
   - zemetrasenie
   - hlas
   - buchot, praskot

Nestacionárne periodické fyzikálne deje

- sú to napríklad rotácia Zeme okolo osi (T=24 hodín) alebo pohyb planét okolo Slnka (T_{zeme} = 1rok)
- časový priebeh striedavého napätia a prúdu
- kardiogram činnosti srdca
- kmitavý pohyb kyvadla
- kmitavý pohyb závažia na pružine
- kmitanie hlasiviek
- zvuk klarinetu
- zemetrasenie
- prasknutie

KMITAVÝ POHYB (2)

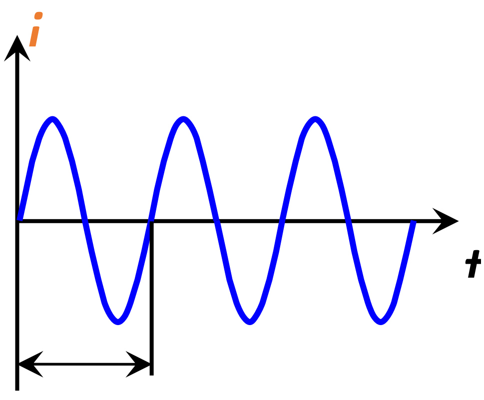
- je to pohyb, ktorý sa pravidelne opakuje
- zariadenia, ktoré konajú opakovane rovnaký pohyb - kyvadlo (Pondusové hodiny)
  - teleso zavesené na pružine
  - tyč na jednom konci upevnená
  - kvapalina v trubici
  - hodinový nepokoj

PRÍČINA KMITAVÉHO POHYBU – tiažová sila
- sila pružnosti pružiny

VLASTNOSTI KP – priamočiary
- krivočiary
- otáčavý
- nerovnomerný

- oscilátor - každé zariadenie, ktoré môže voľne kmitať bez vonkajšieho pôsobenia
  - kyvadlo, struna, pružina

ČASOVÝ DIAGRAM KMITAVÉHO POHYBU



Kmitavý pohyb, ktorého grafom je sínusoida, je jednoduchý kmitavý harmonický pohyb

Kmit: periodicky sa opakujúca časť kmitavého pohybu

Doba kmitu (T): čas, za ktorý prebehne 1 kmit

[T]=1s

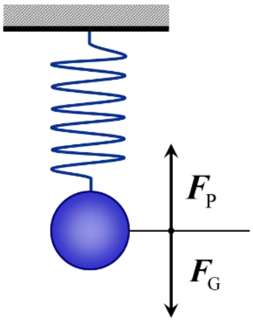
Frekvencia (kmitočet) f: počet kmitov za 1 sekundu
- rovná prevrátenej hodnote periódy

= [ ]=

Heinrich Hertz – nemecký fyzik, ktorý dokázal existenciu rádiových vĺn

KINEMATIKA KMITAVÉHO POHYBU (3)

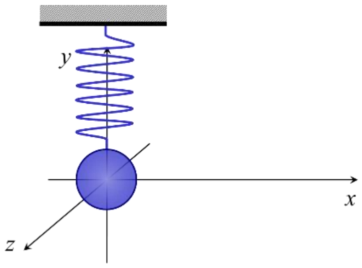
Kinematika – časť fyziky, ktorá skúma a opisuje pohyb pomocou veličín dráha, rýchlosť a zrýchlenie



Pružinový oscilátor kmitá okolo určitého bodu
F_P – sila pružnosti pružiny
F_G – tiažová sila pôsobiaca na závažie

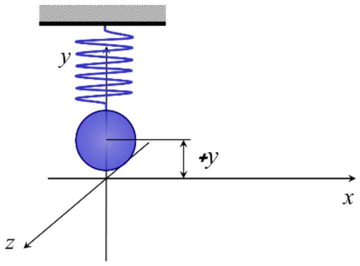
$$F_G = F_P$$
$$F_v = 0\ \mathrm{N}$$

Rovnovážna poloha: bod okolo ktorého oscilátor kmitá

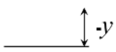


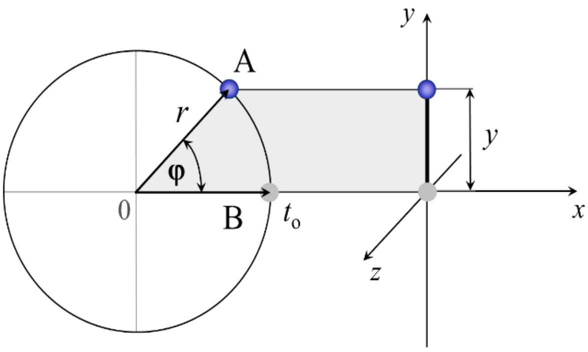
Polohu oscilátora opisujeme v súradnicovej sústave

Počiatok súradnicovej sústavy sa nachádza v rovnovážnej polohe, teleso sa v nej pohybuje v smere osi *y*



Okamžitá výchylka $+y$ **,** $-y$ **:** vzdialenosť telesa od rovnovážnej polohy
Amplitúda výchylky y_m: najväčšia hodnota okamžitej výchylky





r – polohový vektor
Pravouhlý priemet sprievodiča *r* do smeru osi *y* je okamžitá výchylka kmitavého pohybu.
Z trojuholníka 0AB vyplýva sin = => *y* = *r*sin
priemet sprievodi
veľkosť sprievodi
uhol otočen
uhlová rýchlo

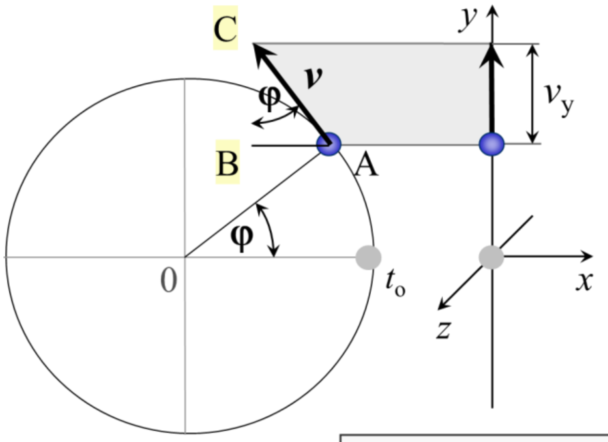
$$y = r\sin\varphi$$
$$\varphi = \omega t$$
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$
$$\boxed{y = y_m \sin\omega t}$$

Základná rovnica kmitavého pohybu vyjadruje výchylku y harmonického pohybu telesa, ktoré sa v začiatočnom okamihu (t0) nachádza v rovnovážnej polohe

Jednoduchý kmitavý pohyb: periodický, priamočiary, nerovnomerný, okamžitá výchylka sa mení podľa funkcie sínus

RÝCHLOSŤ KMITAVÉHO POHYBU (4)

Odvodenie vzťahu pre okamžitú rýchlosť



$$\cos\varphi = \frac{v_y}{v}$$

$$v_y = v\cos\varphi$$

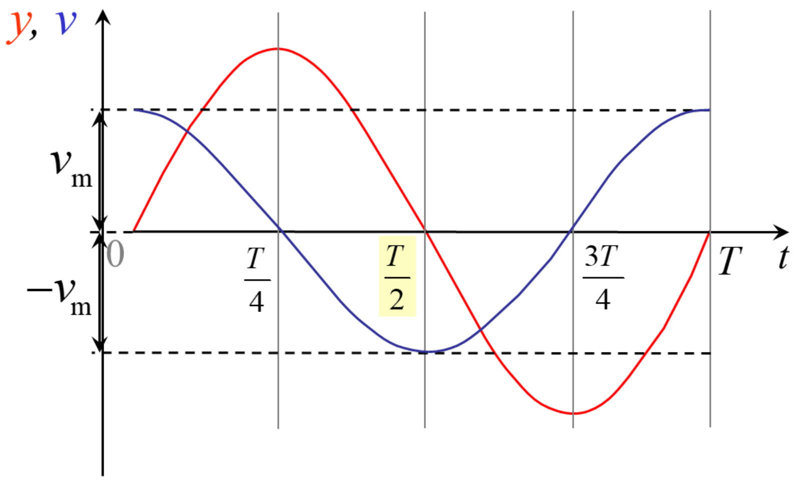
$$v = \omega r$$

$$r \rightarrow y_m$$

$$\varphi = \omega t$$

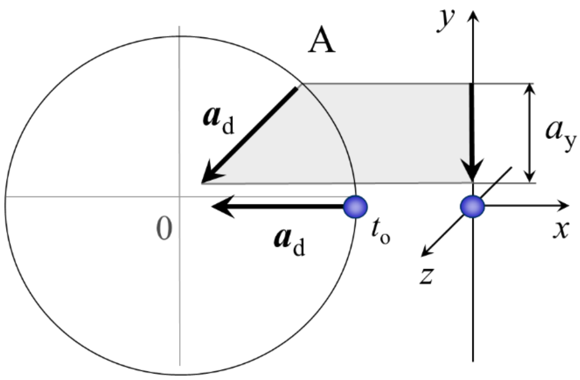
$$\boxed{v = \omega y_m \cos\omega t}$$

rýchlosť kmitavého pohybu sa mení periodicky podľa funkcie kosínus



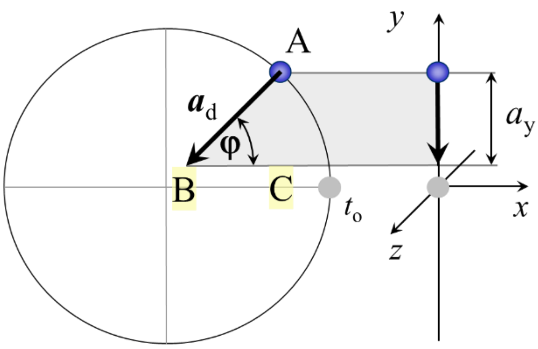
v_m - amplitúda rýchlosti
Rýchlosť je maximálna $-v_m$, pri prechode rovnovážnou polohou, nulová v amplitúdach.

ZRÝCHLENIE KMITAVÉHO POHYBU (5)



a_d - dostredivé zrýchlenie

a_y - pravouhlý priemet dostredivého zrýchlenia a_d do smeru osi y je okamžité zrýchlenie kmitavého pohybu.

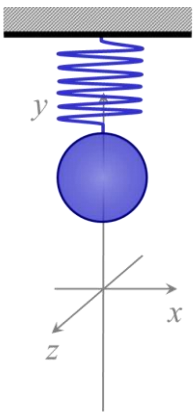


$$\sin\varphi = \frac{a_y}{a_d}$$
$$a_y = a_d \sin\varphi$$
$$a_d = \omega^2 r$$
$$r \to y_m$$
$$\varphi = \omega t$$

Zrýchlenie kmitavého pohybu sa mení periodicky podľa funkcie sínus.

$$\boxed{a = -\omega^2 y_m \sin\omega t}$$

ZRÝCHLENIE KMITAVÉHO POHYBU



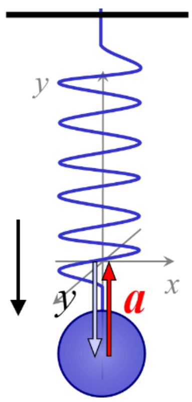
$$a = -\omega^2 \underbrace{y_m \sin\omega t}_{y}$$

$$\boxed{a = -\omega^2 y}$$

Vektor zrýchlenia má vždy opačný smer ako je smer okamžitej výchylky telesa.

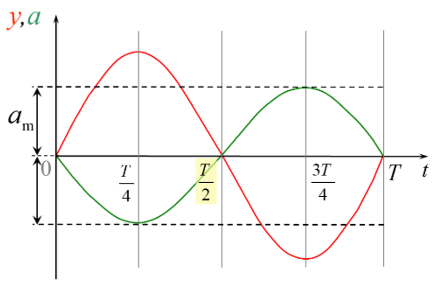
a

Pri pohybe z amplitúdy do rovnovážnej polohy je pohyb telesa zrýchlený, zmrýchlenie má smer pohybu telesa.



Pri pohybe z rovnovážnej polohy do amplitúdy je pohyb telesa spomalený, zrýchlenie má smer proti pohybu telesa.

ČASOVÝ DIAGRAM ZRÝCHLENIA KMITAVÉHO POHYBU



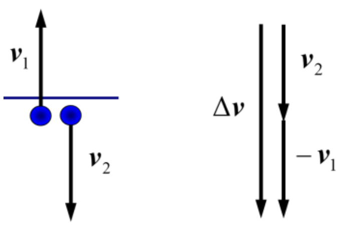
$y = y_m \sin\omega t$

$a = -\omega^2 y_m \sin\omega t$

$a_m = \omega^2 y_m$

a_m - amplitúda zrýchlenia
Zrýchlenie je nulové pri prechode rovnovážnou polohou.
Zrýchlenie je maximálne - a_m - v amplitúdach.

MAXIMUM ZRÝCHLENIA PRI PRECHODE AMPLITÚDOV



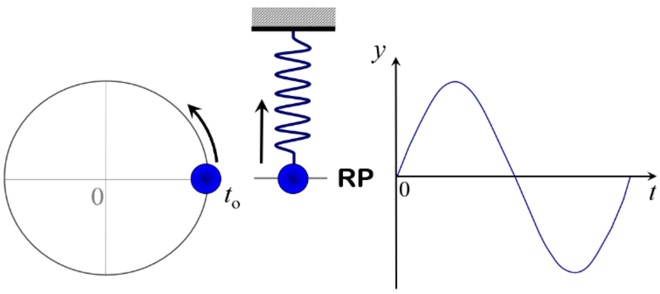
V amplitúdach nastáva zmena smeru vektora okamžitej rýchlosti, zrýchlenie je maximálne.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Kmitavý pohyb je:
- pri pohybe telesa z rov
amplitúdy spomalený,
- pri pohybe telesa do ro
zrýchlený.
Na rozdiel od pohybu
zrýchleného sa
veľkosť zrýchlenia men
hodnotu
v najväčšej vzdialenosti
polohy.

FÁZA KMITAVÉHO POHYBU (6)

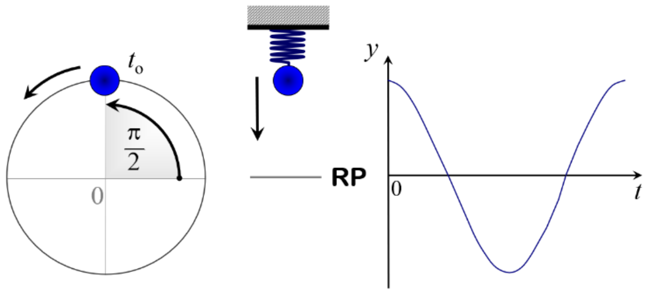
Harmonické kmitanie oscilátora



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

Oscilátor prechádza v čase t_o rovnovážnou polohou smerom nahor.

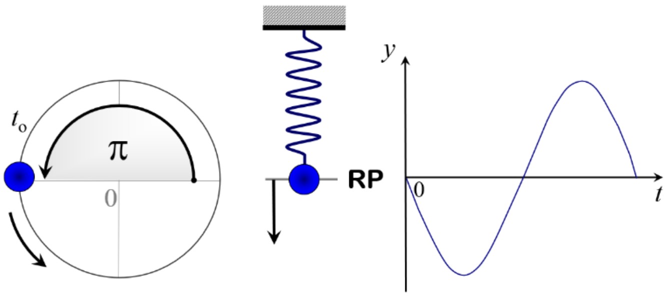
Harmonické kmitanie oscilátora



$$y = y_m \sin\left(\omega t + \frac{1}{2}\pi\right)$$

Oscilátor prechádza v čase t_o hornou amplitúdou.

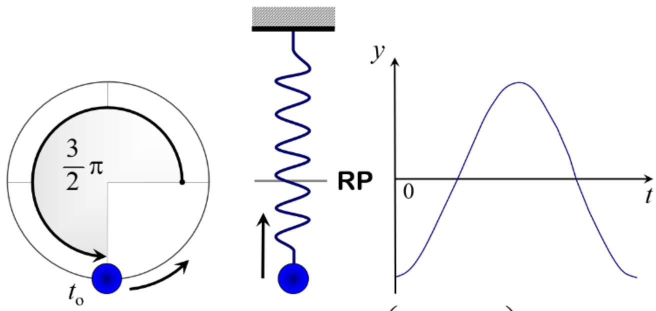
Harmonické kmitanie oscilátora



$$y = y_m \sin(\omega t + \pi)$$

Oscilátor prechádza v čase t_o rovnovážnou polohou smerom nadol.

Harmonické kmitanie oscilátora



$y = y_m \sin \omega t$ $\quad$ $y = y_m \sin\left(\omega t + \frac{3}{2}\pi\right)$

Oscilátor prechádza v čase t_o dolnou amplitúdou.

φ_0 - začiatočná fáza kmitavého pohybu

$$y = y_m \sin(\omega t + 0)$$

$$y = y_m \sin(\omega t + \frac{1}{2}\pi)$$

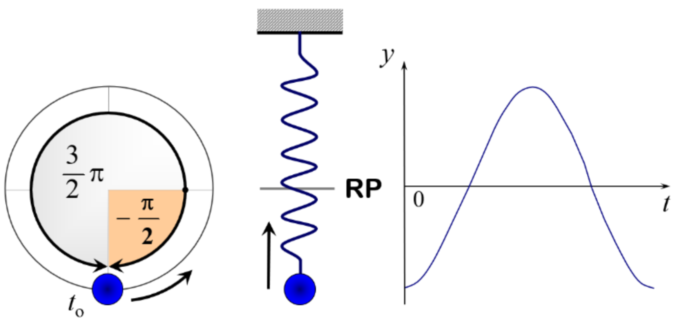
$$y = y_m \sin(\omega t + \pi)$$

$$y = y_m \sin(\omega t + \frac{3}{2}\pi)$$

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

Určuje hodnotu veličiny harmonického kmitania v začiatočnom okamihu t.j. v čase $t = 0$ s.

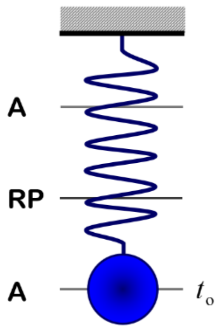
φ_0 - začiatočná fáza kmitavého pohybu



$$y = y_m \sin\left(\omega t - \frac{1}{2}\pi\right)$$

Začiatočná fáza môže mať kladnú aj zápornú hodnotu.

Rýchlosť a zrýchlenie pri začiatočnej fáze φ_0



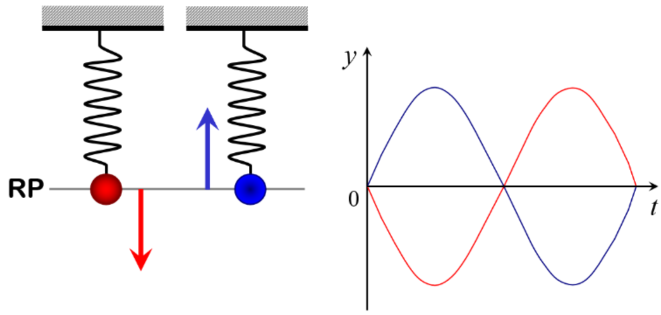
$$y = y_m \sin\left(\omega t + \frac{3}{2}\pi\right)$$

$$v = \omega y_m \cos\left(\omega t + \frac{3}{2}\pi\right)$$

$$a = -\omega^2 y_m \sin\left(\omega t + \frac{3}{2}\pi\right)$$

Veličiny rýchlosť a zrýchlenie majú v rovniciach pripočítanú začiatočnú fázu φ_0.

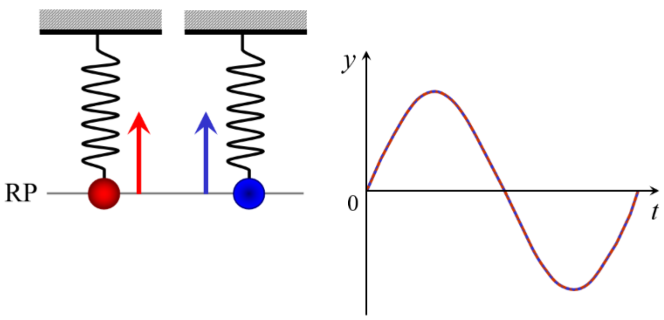
Kmitanie oscilátorov s opačnou fázou



$$y_1 = y_m \sin \omega t$$

$$y_2 = y_m \sin(\omega t + \pi)$$

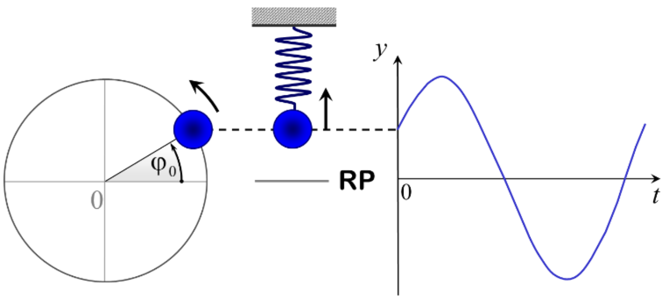
Kmitanie oscilátorov s rovnakou fázou



$$y_1 = y_m \sin \omega t$$

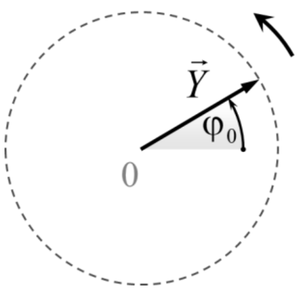
$$y_2 = y_m \sin \omega t$$

FAZOROVÝ DIAGRAM (7)



Súvislosť harmonického kmitania oscilátora s rovnomerným pohybom po kružnici s časovým diagramom kmitavého pohybu
Rovnomerný pohyb po kružnici umiestnime do vzťažnej sústavy (súradnicová vzťažná sústava [0,x,x])

$y =$

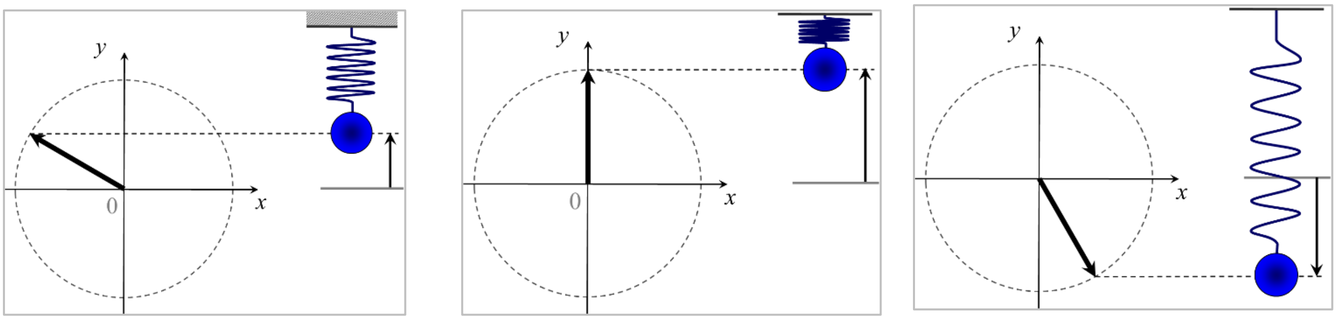


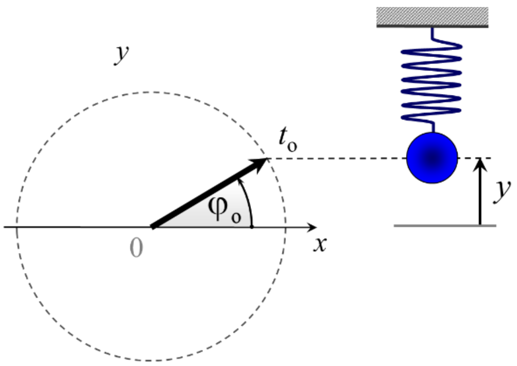
Teleso pohybujúce sa po kružnici nahradíme vektorom Y, spájajúcim počiatok sústavy s okamžitou polohou telesa...
Vektor Y rotuje v sústave (0,x,y) tak, že jeho počiatočný bod je v bode 0 a koncový sa pohybuje po kružnici.

FÁZOR: Vektor Y v sústave súradníc (0,x,y) rotujúci v kladnom zmysle.

ROTÁCIA FÁZORA A SÚVISLOSŤ S KMITANÍM

Pravouhlý priemet fázora do zvislej osi určuje okamžitú hodnotu veličiny - okamžitú výchylku *y*.





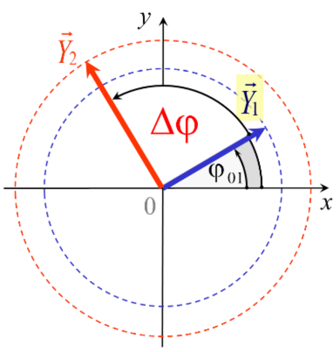
ROTÁCIA FÁZORA A SÚVISLOSŤ S KMITANÍM

Uhol, ktorý zviera fázor v čase to s kladnou časťou osi x-ovej je začiatočná fáza φ_0.

Veľkosť fázora $|\boldsymbol{Y}|$ odpovedá amplitúde veličiny harmonického deja (maximálna výchylka y_m).

$y =$

FÁZOVÝ ROZDIEL KMITAVÝCH POHYBOV



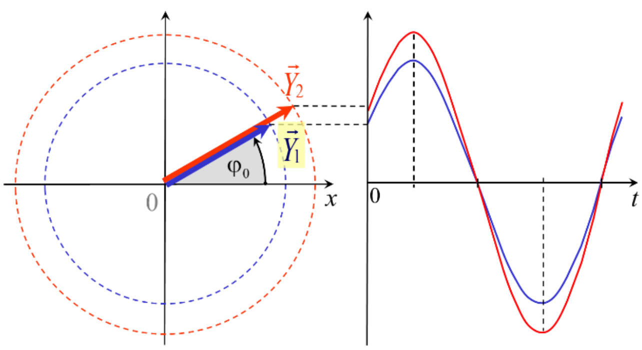
$$y_1 = y_{m1}\sin(\omega t + \varphi_{01})$$
$$y_2 = y_{m2}\sin(\omega t + \varphi_{02})$$

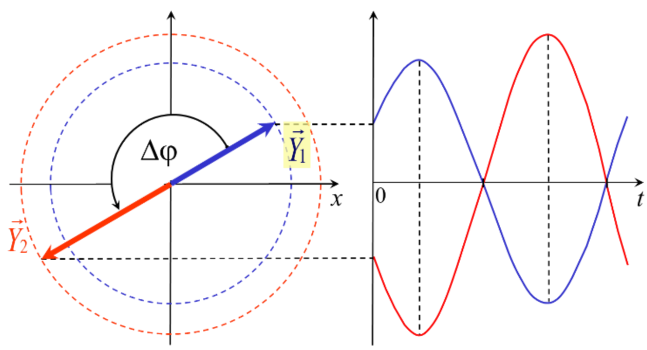
$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$
$$\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_{02}) - (\omega t + \varphi_{01})$$
$$\boxed{\Delta\varphi = \varphi_{02} - \varphi_{01}}$$

Fázový rozdiel kmitavých pohybov vo fázorovom diagrame vyjadruje uhol medzi fázormi $\Delta\varphi$.

KMITAVÉ POHYBY S ROVNAKO $\Delta\varphi$ =0 rad

A OPAČNOU FÁZOU, $\Delta\varphi$ =π rad

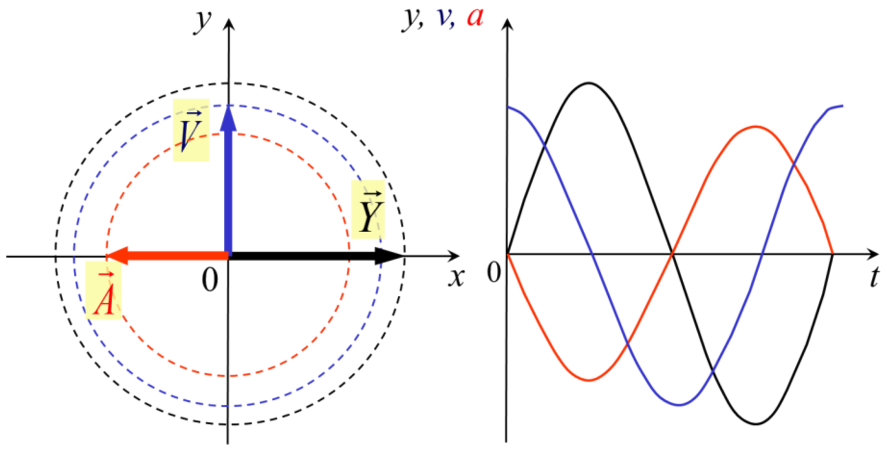




Oscilátory súčasne prechádzajú rovnakými amplitúdami a v rovnakom smere rovnovážnymi polohami.

Oscilátory súčasne prechádzajú opačnými amplitútami a v opačnom smere rovnovážnymi polohami.

FÁZORY RÔZNYCH VELIČÍN KMITAVÉHO POHYBU

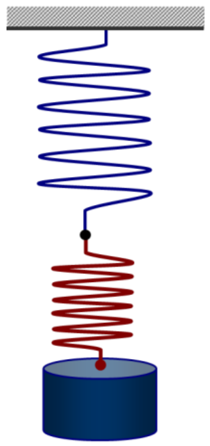


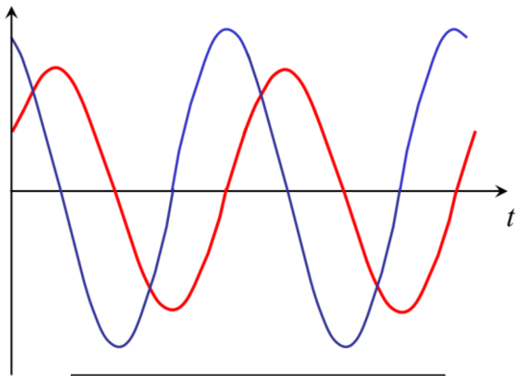
Okamžitá výchylka

Okamžitá rýchlosť

Okamžité zrýchlenie

ZLOŽENÉ KMITANIE (8)





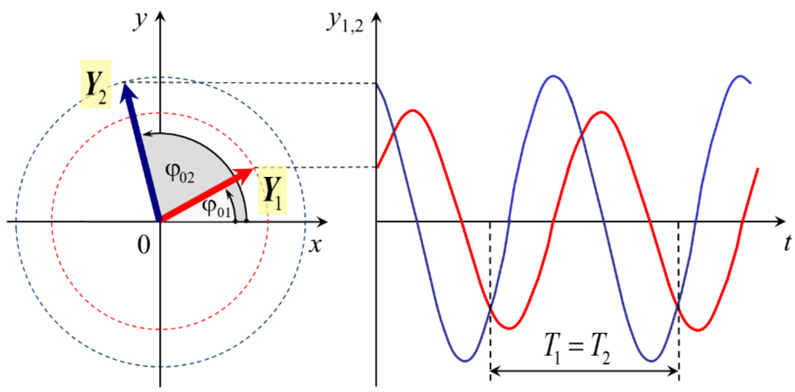
$$y_v = y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n$$

Ak teleso súčasne koná niekoľko harmonických pohybov rovnakého smeru s okamžitými výchylkami y_1, y_2, y_3... y_n je okamžitá výchylka výsledného kmitania y_v...

Teleso zavesené na dvoch nerovnakých pružinách

Teleso kmitá, akoby konalo súčasne viac pohybov.

POROVNAJTE KMITANIA ZNÁZORNENÉ DIAGRAMAMI

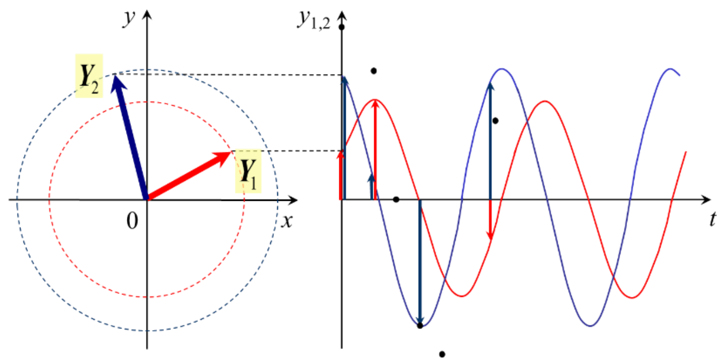


Kmitania majú:
- rovnakú periódu a frekvenciu,
- odlišnú amplitúdu,
- odlišnú začiatočnú fázu kmitania.

IZOCHRÓNNE KMITANIA:
- majú rovnakú periódu a frekvenciu,
- prebiehajú v jednej priamke.

Z gréckeho ***isos*** - rovnaký, ***chronos*** – čas.

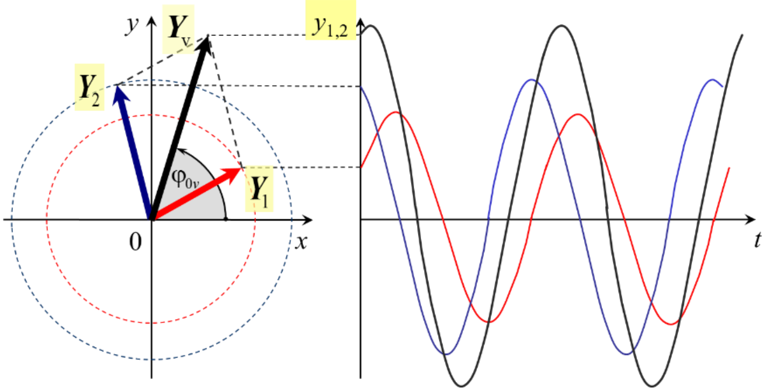
SKLADANIE IZOCHRÓNNYCH KMITOV (PRINCÍP SUPERPOZÍCIE)



Pre výchylky rovnakého smeru platí $y_v = y_1 + y_2$

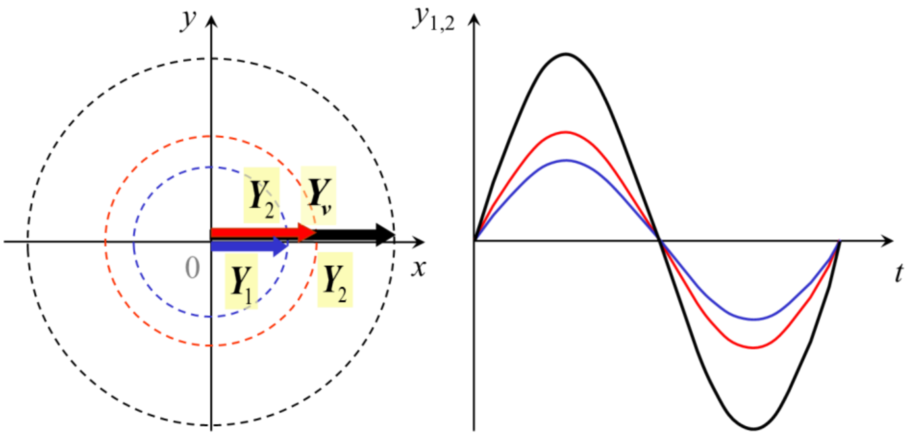
Pre výchylky opačného smeru platí $y_v = y_1 - y_2$

SKLADANIE IZOCHRÓNNYCH KMITOV (PRINCÍP SUPERPOZÍCIE)



Fázorový diagram výsledného kmitania vznikne vektorovým súčtom fázorov jednotlivých kmitaní

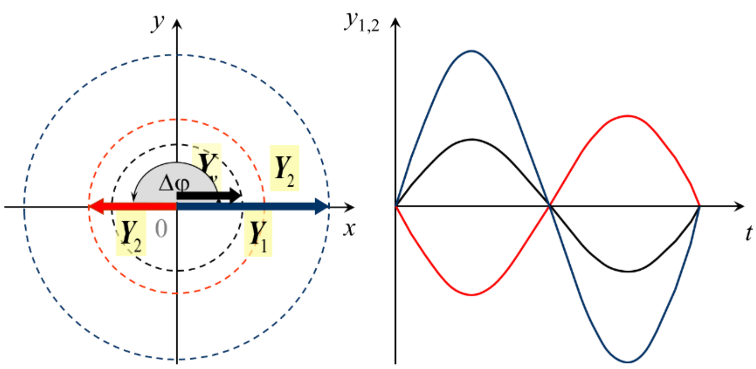
SKLADANIE IZOCHRÓNNYCH KMITOV S ROVNAKOU FÁZOU $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$ rad



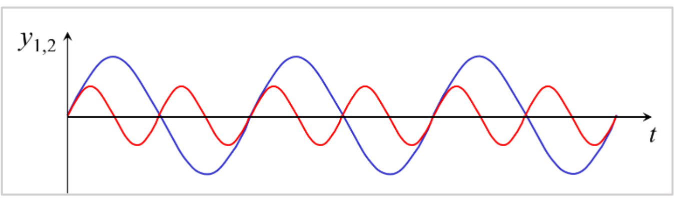
Výsledné kmitanie je zosilnené. Amplitúda výsledného kmitania je $y_{mV} = y_{m1} + y_{m2}$.

SKLADANIE IZOCHRÓNNYCH KMITOV S OPAČNOU FÁZOU $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pi$ rad

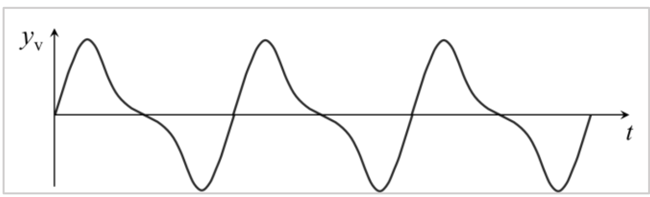
Výsledné kmitanie je zoslabené. Amplitúda výsledného kmitania je $y_{mV} = y_{m1} - y_{m2}$.



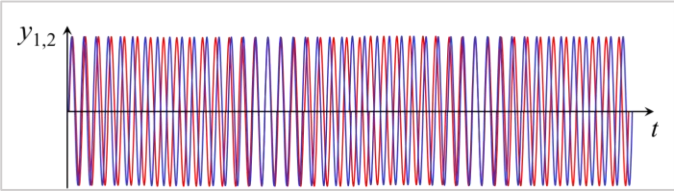
SKLADANIE NEIZOCHRÓNNYCH KMITOV



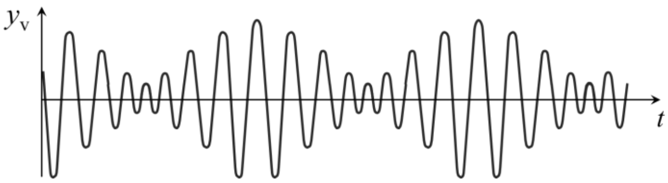
Kmitania s pomerom frekvencií 1 : 2



Zložené kmitanie s pomerom frekvencií 1 : 2

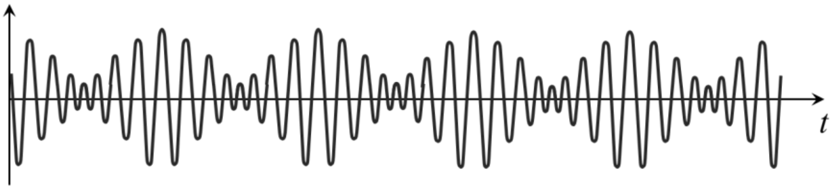


Kmitania s blízkymi frekvenciami $\omega_1 \to \omega_2$

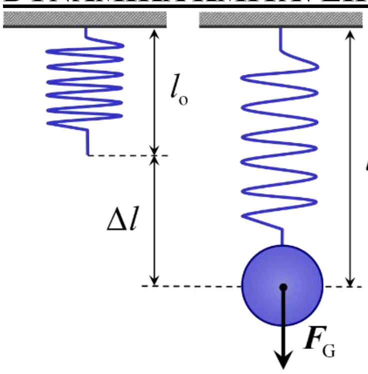


Zložené kmitanie – rázy

RÁZY - PERIODICKÉ ZOSILŇOVANIE A ZOSLABOVANIE ZVUKU.

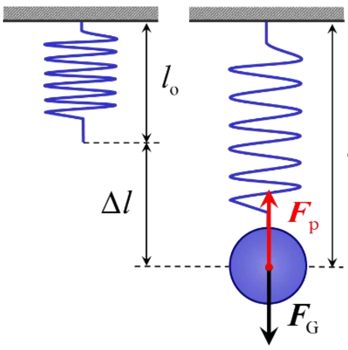


DYNAMIKA KMITAVÉHO POHYBU (9)



Pri vytvorení oscilátora sa pružina predĺži...

l_0 - dĺžka nezaťaženej pružiny
Δl - predĺženie pružiny pri deformácii tiažovou silou $\boldsymbol{F}_G$
$\boldsymbol{F}_G = mg$
$\Delta l = l - l_0$

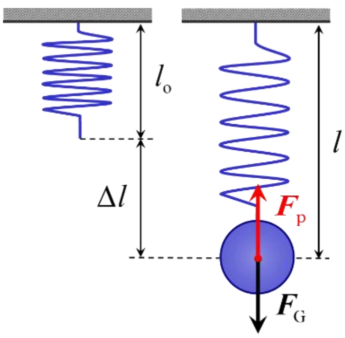


Predĺžením pružiny vzniká sila pružnosti $\boldsymbol{F}_p$ ...

Veľkosť sily pružnosti pružiny F_p je priamo úmerná predĺženiu pružiny Δl.

$$F_G = mg$$
$$\Delta l = l - l_o$$
$$F_p = k(l - l_o)$$
$$\boxed{F_p = k\Delta l}$$

KONŠTANTA ÚMERNOSTI k



$$F_p = k\Delta l$$
$$k = \frac{F_p}{\Delta l}$$
$$k = \frac{[F_p]}{[\Delta l]} = \mathrm{N.m^{-1}}$$

k - tuhosť pružiny, direkčná sila

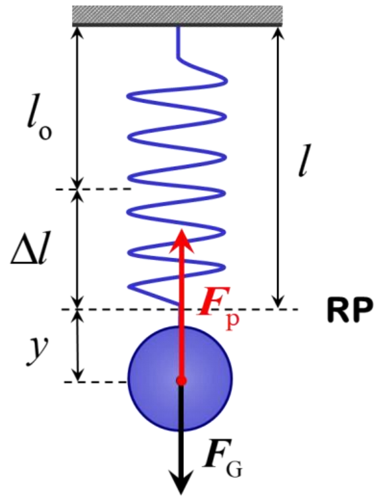
Tuhosť pružiny k číselne zodpovedá veľkosti sily F, ktorá spôsobí predĺženie pružiny o 1 meter.

$$k = \frac{F_p}{\Delta l}$$

ak $\Delta l = 1$m

$\{k\} = \{F_p$

V ROVNOVÁŽNEJ POLOHE ZÁVAŽIA



Je výsledná pôsobiaca sila na pružinu rovná nule, tiažová sila závažia F_G je rovná sile pružnosti pružiny F_p.

$$F_V = 0$$

$$\boldsymbol{F}_V = \boldsymbol{F}_G + \boldsymbol{F}_p$$

$$F_V = F_G - F_p$$

$$F_G = F_p$$

$$\boxed{mg = k\Delta l}$$

Príčinou harmonického kmitania mechanického oscilátora je sila F_V priamo úmerná okamžitej výchylke y.

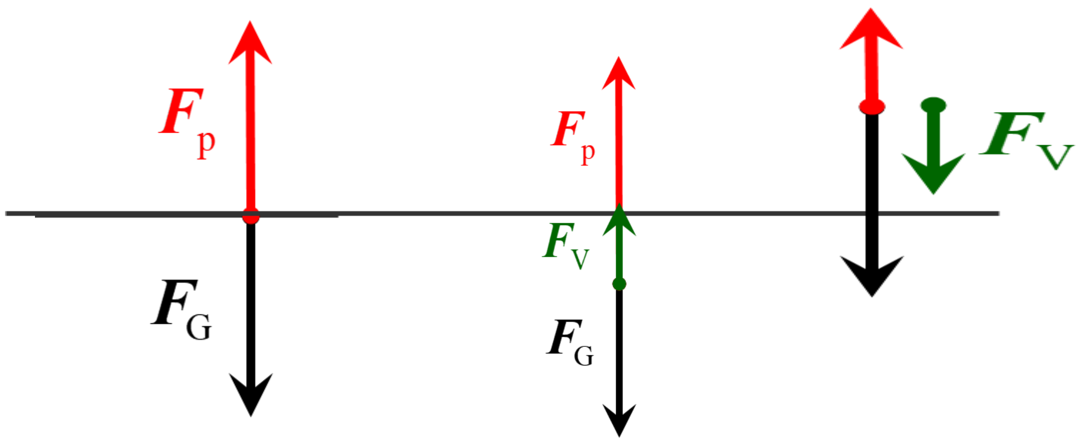
$$\boldsymbol{F}_V = \boldsymbol{F}_G + \boldsymbol{F}_p$$

$$F_V = F_G - F_p$$

$$F_V = mg - k(\Delta l + y)$$

$$\boxed{F_V = -ky}$$

AK SA OSCILÁTOR NACHÁDZA V



V rovnovážnej polohe

$$\boxed{F_V = -ky}$$

Nad RP

$$\boxed{F_V = -ky}$$

Pod RP

$$\boxed{F_V = -ky}$$

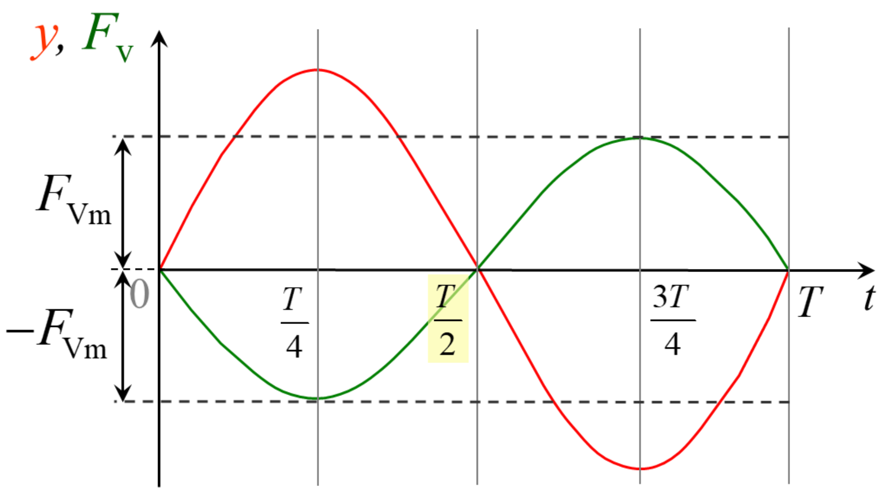
V rovnovážnej polohe: Okamžitá výchylka y je rovná nule, výsledná sila $\boldsymbol{F}_v$ je rovná takisto nule.

Pod rovnovážnou polohou: Výsledná sila $\boldsymbol{F}_v$ má opačný smer ako okamžitá výchylka, výsledná sila $\boldsymbol{F}_v$ má smer do rovnovážnej polohy

Nad rovnovážnou polohou: Výsledná sila Fv má opačný smer ako okamžitá výchylka, Výsledná sila Fv má smer do rovnovážnej polohy.

Harmonický pohyb mechanického oscilátora je spôsobený silou, ktorá stále smeruje do rovnovážnej polohy a je priamo úmerná okamžitej výchylke. $F_V = -ky$

ČASOVÝ DIAGRAM



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

$$F_v = -k y_m \sin\omega t$$

$$F_{Vm} = -k y_m$$

Maximálna sila F_{Vm} - pôsobí na teleso v amplitúdach.

Kmitanie bez ovplyvňovania vonkajšími silami je vlastné kmitanie.

$F_V = -ky \qquad F_V = ma \qquad a = -\omega^2 y$ $\quad w_0$ - uhlová frekvencia vlastného kmitania oscilátora.

$$F_V = ma \Rightarrow a = \frac{F_v}{m} = -\frac{k}{m} y$$

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

$$\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$$

Kmitanie bez ovplyv

vl

Uhlová frekvencia vla

parametrov oscilátora

- tuhosti pružiny k.
- hmotnosti závažia m

S využitím... $\quad \omega_o =$

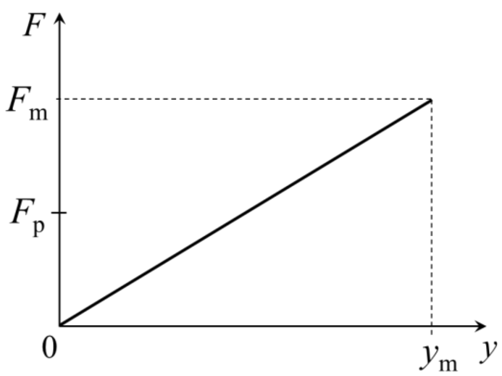
$T_o = 2\pi$

Perióda a frekvencia

PREMENY ENERGIE V MECHANICKOM OSCILÁTORE (10)

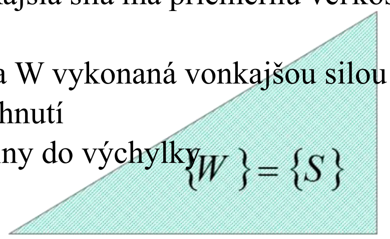
Vychýlením oscilátora z rovnovážnej polohy vonkajšia sila F vykoná prácu W a o ňu sa zväčší mechanická energia oscilátora. ***F = ky***

GRAF ZÁVISLOSTI VEĽKOSTI VONKAJŠEJ SILY *F* OD OKAMŽITEJ VÝCHYLKY OSCILÁTORA *Y*



F_m- maximálna hodnota vonkajšej sily pri výchylke y_m.
Vonkajšia sila má priemernú veľkosť F_p.

Práca W vykonaná vonkajšou silou F pri natiahnutí
pružiny do výchylky
y_m



$$F = ky$$

$$F_m = k y_m$$

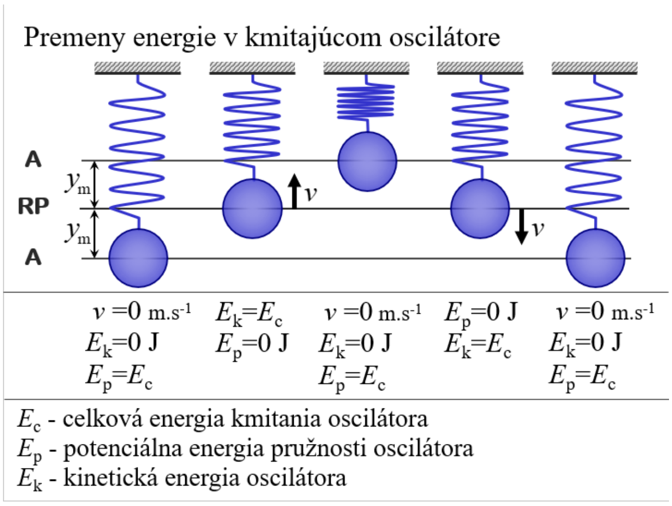
$$F_p = \frac{1}{2} k y_m$$

- Konaním práce W získava oscilátor energiu $E_c = W$
- Ec - celková energia kmitania oscilátora závisí od tuhosti pružiny k a amplitúdy kmitania y_m.

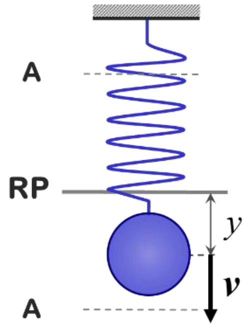
$$W = \frac{1}{2} k y_m^2$$

$$W = E_c$$

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2} k y_m^2}$$



Pri harmonickom kmitaní sa periodicky mení potenciálna
energia na kinetickú energiu a naopak. Ak na oscilátor nepôsobia vonkajšie sily je E_c=konštatná, y_m=konštantná.



$$E_p = \frac{1}{2} k y^2$$

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

$$\boxed{E_p = \frac{1}{2} k y_m^2 \sin^2 \omega t}$$

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

$$v = \omega y_m \cos \omega t$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 y_m^2 \cos^2 \omega t$$

ak použijeme $\omega^2 = \dfrac{k}{m}$

$$\boxed{E_k = \frac{1}{2} k y_m^2 \cos^2 \omega t}$$

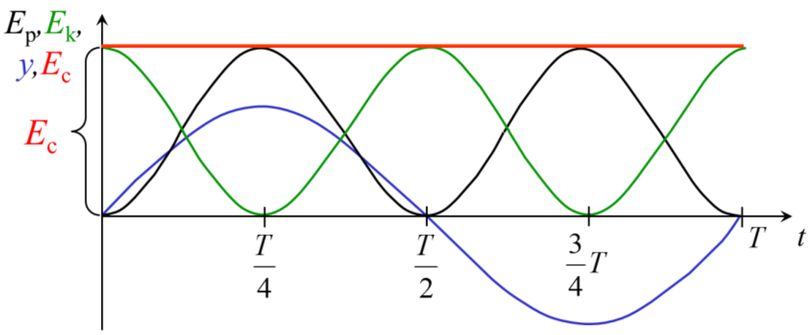
$$E_c = E_p + E_k$$

$$E_c = \frac{1}{2} k y_m^2 \sin^2 \omega t + \ldots$$

$$E_c = \frac{1}{2} k y_m^2 (\sin^2 \omega t + \ldots$$

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2} k y_m^2}$$

GRAFICKÁ ZÁVISLOSŤ E_P V PRIEBEHU PERIÓDY



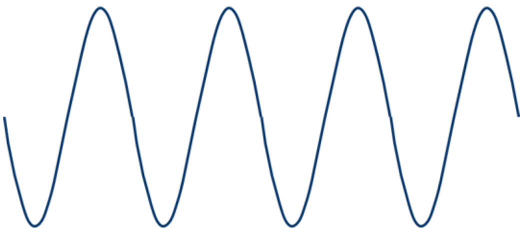
V rovnovážnej polohe je potenciálna energia Ep nulová.
V amplitúdach je potenciálna energia maximálna Ep=Epm.

Pri pohybe z rovnovážnej polohy do amplitúdy E_k klesá a E_p stúpa.
Pri pohybe z amplitúdy do rovnovážnej polohy E_k stúpa a E_p klesá.

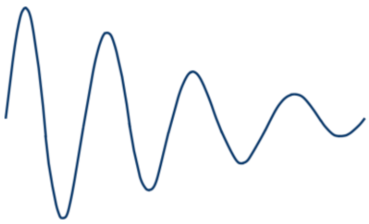
Celková energia oscilátora je konštantná a v každom okamihu sa rovná súčtu potenciálnej a kinetickej energie.

$$E_C = E_p + E_k = \frac{1}{2} k y_m^2$$

Netlmené kmitanie - ak oscilátor kmitá voľne, t.j. že naň v priebehu kmitania nepôsobia žiadne sily,
- amplitúda kmitania sa nemení, oscilátor kmitá neobmedzene dlho



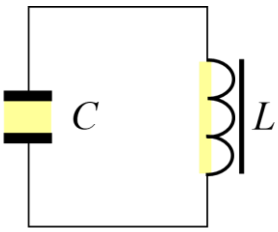
Tlmené kmitanie -- pri kmitaní reálneho oscilátora sa amplitúda kmitov zmenšuje, až voľné kmitanie zanikne
- mechanická energia oscilátora sa mení na iné formy energie (vnútornú energiu prostredia a oscilátora),
- jeho príčinou sú odporové sily pôsobiace na oscilátor.



- 1. Nežiadúce kmitanie = veľké tlmenie:
    - tlmiče perovania automobilov,
    - tlmenie pohybu ručičiek meracích prístrojov
- 2. Žiadúce kmitanie = malé tlmenie:
    - hodinový nepokoj, kyvadlo

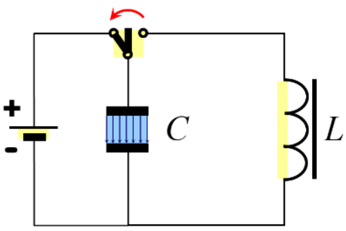
<u>Elektromagnetický oscilátor (11)</u>

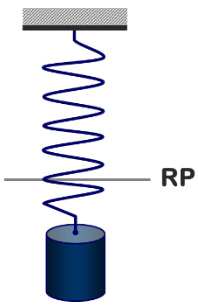
V spotrebiteľskej sieti je striedavý prúd a napätie s nízkou frekvenciou - 50 Hz.
Zdrojom striedavých prúdov iných frekvencii sú rôzne typy elektromagnetických oscilátorov.
Striedavé napätia a prúdy v týchto prípadoch označujeme ako elektromagnetické kmitanie.
Elektromagnetický oscilátor je elektrický obvod s cievkou a kondenzátorom.



oscilačný obvod
LC obvod

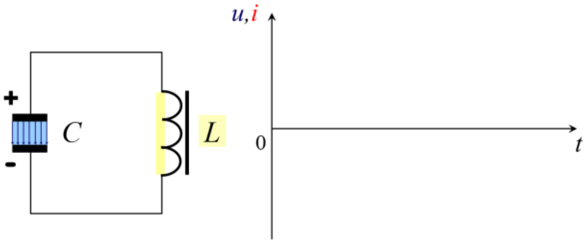
Ak chceme, aby mechanický oscilátor kmital, musíme mu dodať energiu - silou ***F*** natiahnuť pružinu.





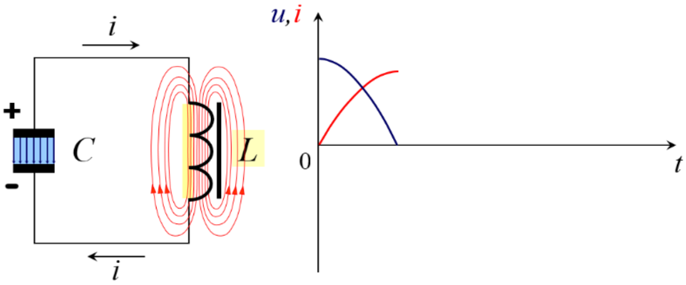
Ak chceme, aby oscilačný obvod kmital, musíme mu dodať energiu - nabiť kondenzátor.
Energia mechanického oscilátora je sústredená v potenciálnej energii pružnosti.
Energia elektromagnetického oscilátora je v sústredená v energii elektrického poľa nabitého kondenzátora.

VLASTNÉ ELEKTROMAGNETICKÉ KMITANIE



- je dej, ktorý prebieha v elektromagnetickom oscilátore
u - okamžitá hodnota elektrického napätia na kondenzátore
i - okamžitá hodnota elektrického prúdu v obvode

Vlastné elektromagnetické kmitanie

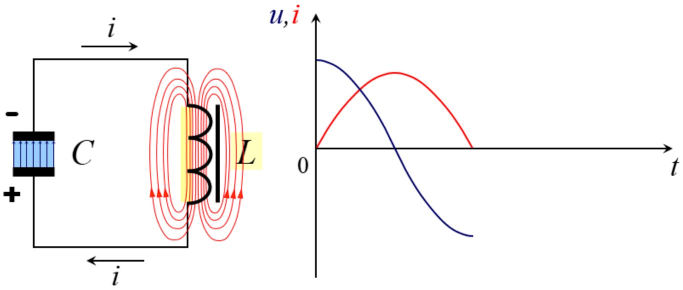


Nabitý kondenzátor je spojený s cievkou - obvodom začne prechádzať elektrický prúd.
Zväčšuje sa prúd cievkou - vytvára sa jej magnetické pole.
Kondenzátor sa vybíja - zmenšuje sa jeho energia.

Vl

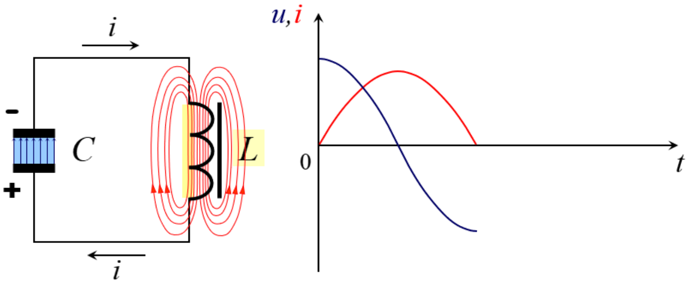
En
me

Vlastné elektromagnetické kmitanie



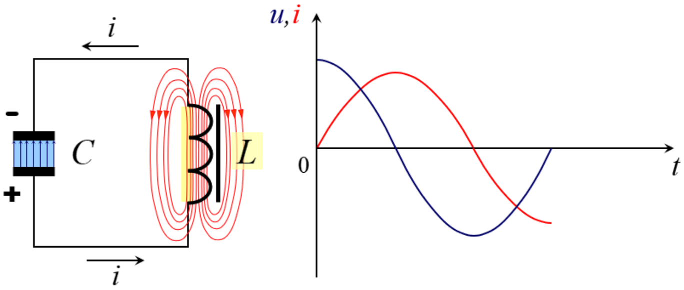
Kondenzátor je vybitý - prúd sa v obvode zmenšuje.
V cievke sa indukuje napätie - obvodom prechádza indukovaný prúd, ktorým sa kondenzátor znova nabíja.
Polarita napätia bude opačná.

Vlastné elektromagnetické kmitanie



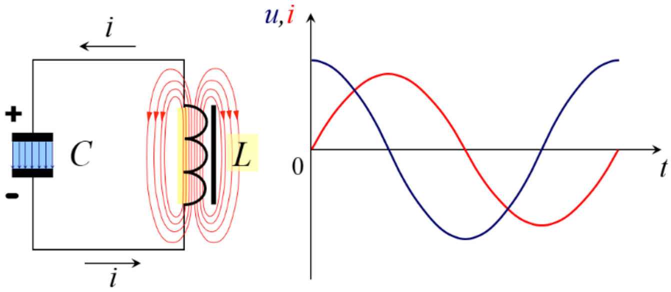
Energia magnetického poľa cievky sa mení na energiu elektrického poľa nabitého kondenzátora.

Vlastné elektromagnetické kmitanie



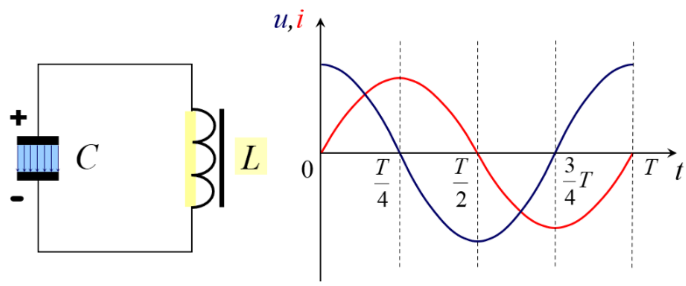
Dej sa opakuje opačným smerom:
Energia elektrického poľa nabitého kondenzátora sa mení na energiu magnetického poľa cievky.

Vlastné elektromagnetické kmitanie



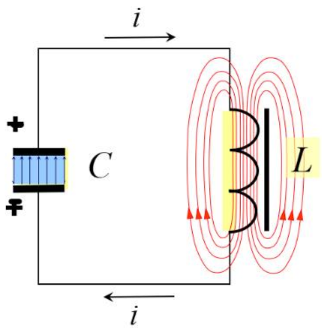
Dej sa opakuje opačným smerom:
Energia magnetického poľa cievky sa mení na energiu elektrického poľa nabitého kondenzátora.

Vlastné elektromagnetické kmitanie



Elektromagnetické kmitanie je periodický dej.
Počas periódy sa 4x zmení energia elektrického poľa kondenzátora na energiu magnetického poľa cievky a naopak.

Vlastné elektromagnetické kmitanie

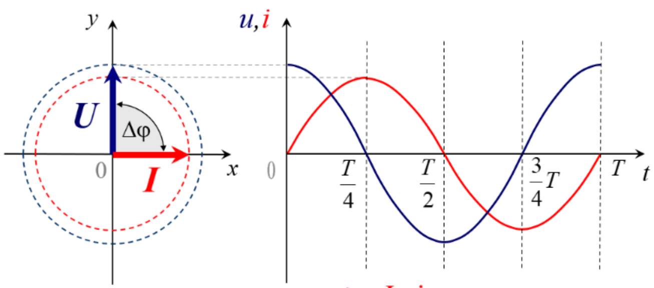


$$E_e = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C} \rightarrow E_m = \frac{1}{2}LI_m^2$$

$$E_e = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C} \leftarrow E_m = \frac{1}{2}LI_m^2$$

Elektromagnetické kmitanie je periodický dej.
Počas periódy sa 4x zmení energia elektrického poľa kondenzátora na energiu magnetického poľa cievky a naopak.

Vlastné elektromagnetické kmitanie



$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}\,\text{rad}$$

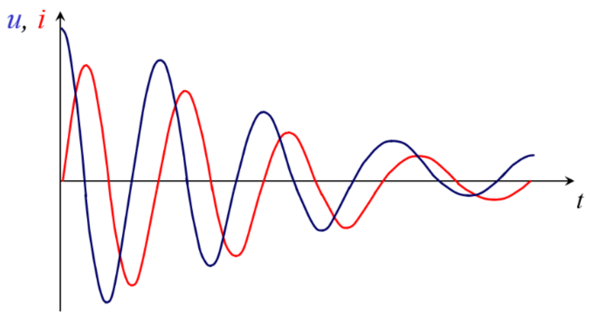
$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Zmeny napätia a prúdu sú harmonické.
Fázový posun medzi napätím a prúdom je $\Delta\varphi = \pi/2$ rad.

Frekvencia vlastného kmitania LC obvodu
Thomsonov vzťah pre frekvenciu a periódu vlastných kmitov oscilačného obvodu:

Elektromagnetické kmitanie reálneho *LC* obvodu



Je vždy tlmené, kvôli odporu oscilačného obvodu.
V reálnom *LC* obvode sa energia elektrického a magnetického poľa postupne premieňa na teplo.

Analógia medzi oscilátormi

Mechanický		Elektromagnetický	
okamžitá výchylka	- y	okamžitý náboj	- q
rýchlosť	- v	okamžitý prúd	- i
potenciálna energia	- E_p	elektrická energia	- E_e
kinetická energia	- E_k	magnetická energia	- E_m
sila	- F	okamžité napätie	- u
hmotnosť	- m	indukčnosť	- L
tuhosť pružiny	- k	(kapacita) $^{-1}$	- C^{-1}

ANALÓGIA MEDZI OSCILÁTORMI (12)

Porovnanie elektromagnetického a mechanickéhooscilátora:

V mechanickom oscilátore sa periodicky mení potenciálna energia na kinetickú a naopak, v elektromagnetickom oscilátore sa mení energia elektrického poľa na energiu magnetického poľa a naopak. Tieto premeny umožňujú porovnať veličiny, ktorými fyzikálne deje v oscilátoroch opisujeme.

Analógia - zhodný spôsob matematického opisu fyzikálnych dejov

Analógia medzi oscilátormi

Mechanický	Elektromagnetický
okamžitá výchylka - y	okamžitý náboj - q
rýchlosť - v	okamžitý prúd - i
potenciálna energia - E_p	elektrická energia - E_e
kinetická energia - E_k	magnetická energia - E_m
sila - F	okamžité napätie - u
hmotnosť - m	indukčnosť - L
tuhosť pružiny - k	(kapacita) $^{-1}$ - C^{-1}
$E_p = \frac{1}{2}ky^2$	$E_e = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$
$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$E_m = \frac{1}{2}Li^2$
$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T_o = 2\pi\sqrt{LC}$
$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
$y = y_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$	$q = Q_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
	$u = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$
	$i = I_m \sin\omega t$

SKLADANIE KOLMÝCH KMITOV (14)

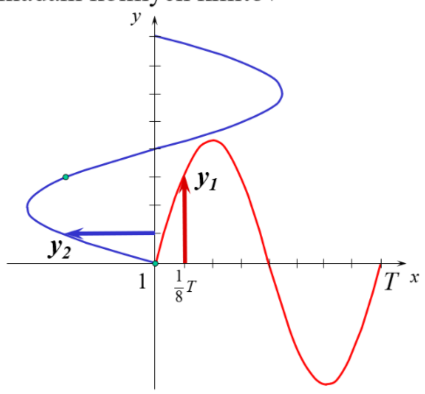
Pri skladaní kolmých kmitov využijeme princíp superpozície:

- ak teleso súčasne koná niekoľko harmonických pohybov s okamžitými výchylkami y_1, y_2, y_3... y_n je okamžitá výchylka výsledného kmitania y_v daná vektorovým súčtom jednotlivých okamžitých výchyliek

$$\boxed{y_v = y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n}$$

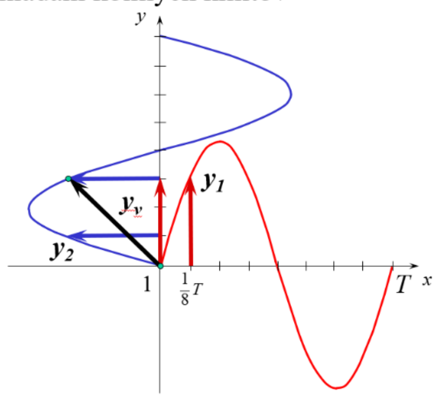
Keďže okamžitá výchylka má okrem veľkosti aj smer, považujeme ju za vektorovú fyzikálnu veličinu.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



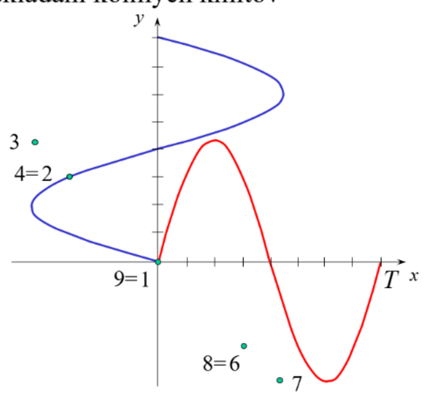
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



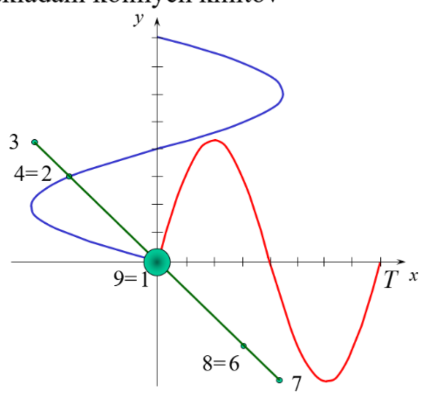
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



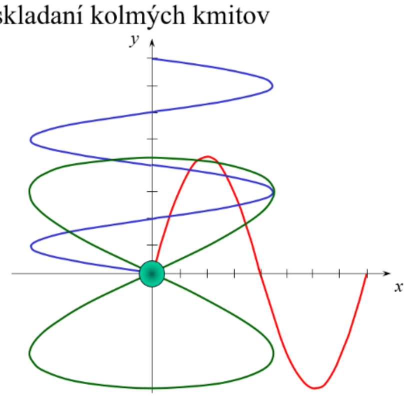
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



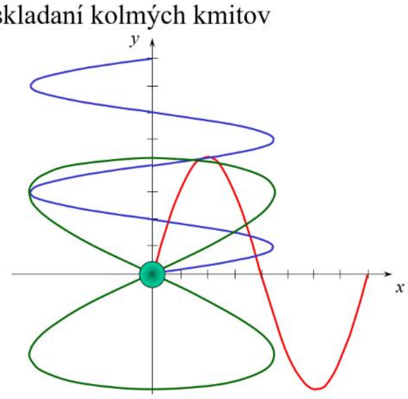
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



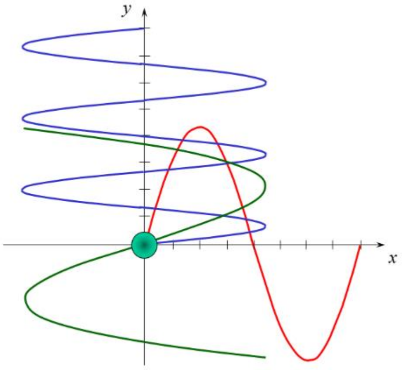
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{2}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



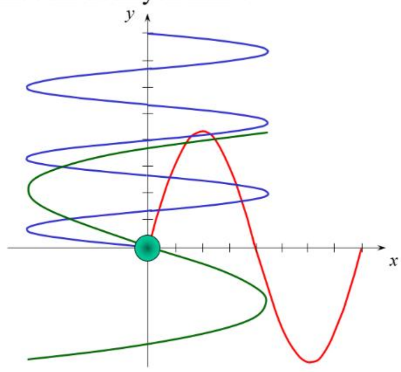
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{2}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = \pi$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



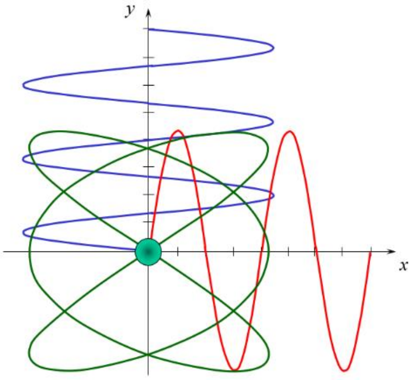
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = \pi$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



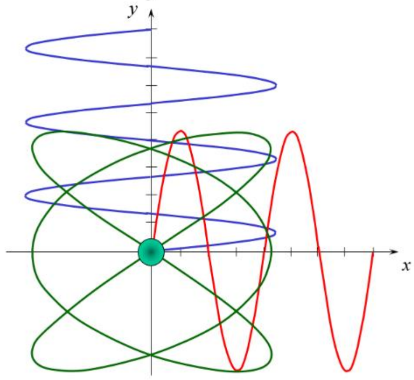
Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{1}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov

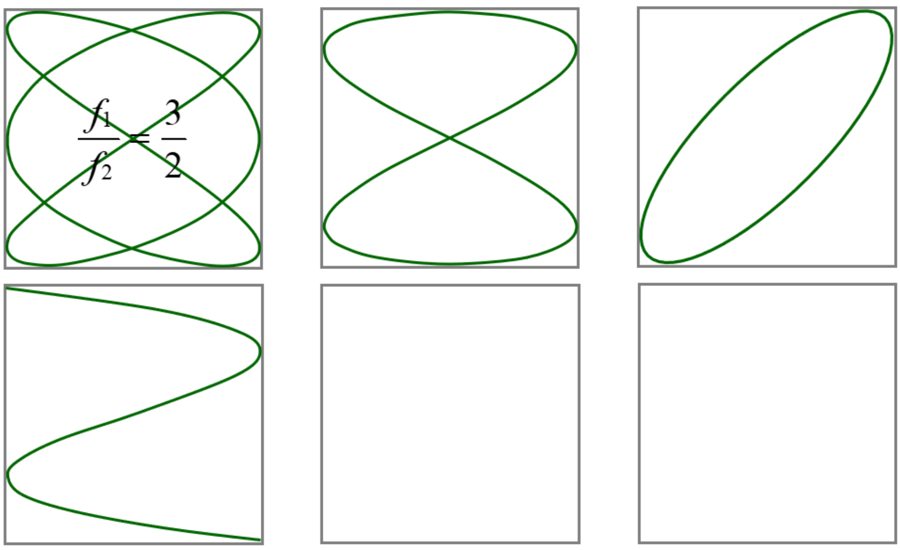


Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{2}$, fázový posun $\Delta\varphi = 0$rad.

Postup pri skladaní kolmých kmitov



Pomer frekvencii kmitov $\frac{f_1}{f_2} = \frac{3}{2}$, fázový posun $\Delta\varphi = \pi$rad.



Pomer počtu dotykových bodov na susedných stranách obdĺžnika je rovnaký ako pomer frekvencií...