



Mechanika I

Mgr. Antonín Procházka

Přípravný kurz z fyziky

- Přednášky se budou skládat jak z teorie, tak z příkladů
- Teorii nelze probírat do hloubky – jedná se kompletně o celou středoškolskou fyziku
- Snažíme se ale pokrýt většinu témat, co se vyskytují v příkladech a počítat všechny typy příkladů
- Přednášky jsou dělané také pro učení – více textu
- Příklady jsou ze sbírky:
- FYZIKA – modelové otázky k přijímacím zkouškám na I.LF UK (Beneš, Rakovič, Vítek)
 - Lze koupit/objednat zde:
 - <http://www.lf1.cuni.cz/modelove-otazky?f=pro-uchazece>



Přijímací zkoušky

- 100 otázek
- Naprostá většina otázek (99%) je vybrána ze sbírky modelových otázek
- „Filosofie“ přijímaček na I. LF:
 - Nemusíte být brilantními fyziky, ale spíše se **naučit používat fyziku** a také (nebo především) **ukázat, že jste si schopni toho hodně zapamatovat**



Co by měl umět úspěšný uchazeč?

- **! Vztahy (vzorečky)**
 - Nutno znát z paměti
- **Fyzikální jednotky**
 - Předpony jednotek – převody jednotek
 - Přiřazování jednotek k dané veličině
 - Vyjadřování jednotek ze vztahů
 - Rozměry jednotek
- **Počítat bez kalkulačky**
 - Naučit se vyjadřovat veličiny ze vztahů, krátit, počítat s desetinnými čísly...
- **Grafy - diagramy**



Co nás dneska čeká?

- Přehled fyzikálních jednotek
- Kinematika hmotného bodu, dynamika hmotného bodu
 - *Pohyb HB, druhy pohybů, pohyb rovnoměrný přímočarý, pohyb rovnoměrně zrychlený, pohyb rovnoměrně zpomalený, rovnoměrný pohyb po kružnici, vzájemné působení těles, síla, Newtonovy pohybové zákony, zákon zachování hybnosti, dostředivá síla, setrvačné síly*
 - *Volný pád – bude probrán na 4. přednášce (pohyby těles v hom. gravitačním poli)*



Veličiny a jednotky

□ Fyzikální veličina

- je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze změřit nebo spočítat. Hodnota veličiny je určena číselnou hodnotou a jednotkou.

□ Fyzikální jednotka

- představuje pevnou a stálou hodnotu veličiny, s níž jsou porovnávány hodnoty veličiny téhož druhu



Rozdělení jednotek

Zákonné jednotky

Hlavní jednotky –
soustava SI

Povolené vedlejší
jednotky

Základní

Doplňkové

Odvozené



Základní jednotky SI

Jednotka	Značka	Veličina
metr	m	délka
kilogram	kg	hmotnost
sekunda	s	čas
ampér	A	elektrický proud
kelvin	K	termodynamická teplota
mol	mol	látkové množství
kandela	cd	svítivost



Doplňkové jednotky

Jednotka	Značka	Veličina
radián	rad	rovinný úhel
steradián	sr	prostorový úhel



Odvozené jednotky

Odvozené jednotky vznikají pomocí fyzikálních definičních vztahů z jednotek základních nebo doplňkových.

Jednotka	Značka	Fyzikální rozměr	Veličina
newton	N	$\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	síla
metr za sekundu	m/s	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rychlost
watt	W	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$	výkon



Povolené vedlejší jednotky

- Vedlejší jednotky nepatří do soustavy SI, ale norma povoluje jejich používání.
- Jejich hodnoty jsou ve srovnání s odpovídajícími jednotkami SI pro praxi vhodnější.

Veličina	Jednotka	Značka
objem	litr	l
hmotnost	tuna	t



Předpony soustavy SI

Jednotky násobné

□ kilo-	k	10^3
□ mega-	M	10^6
□ giga-	G	10^9
□ tera-	T	10^{12}
□ peta-	P	10^{15}
□ exa-	E	10^{18}

Jednotky dílčí

□ mili-	m	10^{-3}
□ mikro-	μ	10^{-6}
□ nano-	n	10^{-9}
□ piko-	p	10^{-12}
□ femto-	f	10^{-15}
□ atto-	a	10^{-18}



Příklady I

1. Základních jednotek Mezinárodní soustavy SI je

- A) 4
- B) 5
- C) 6
- D) 7

3. Mezi základní veličiny soustavy SI patří

- A) elektrický proud
- B) látková koncentrace
- C) elektrický potenciál
- D) látkové množství

4. Mezi základní veličiny soustavy SI nepatří

- A) svítivost
- B) zářivý tok
- C) elektrický náboj
- D) teplo



Příklady II

5. Mezi odvozené veličiny patří

- A) rovinný úhel
- B) síla
- C) látkové množství
- D) elektrický náboj

8. Která z uvedených jednotek je jednotkou doplňkovou?

- A) sr
- B) N
- C) rad
- D) min

12. Která z uvedených jednotek je jednotkou vedlejší?

- A) °C
- B) mol
- C) rad
- D) N



Příklady III

16. Která z uvedených jednotek patří mezi základní jednotky soustavy SI?

- A) A
- B) W
- C) cd
- D) mol

18. Jednotka joule (J) patří z hlediska soustavy SI mezi jednotky

- A) základní
- B) odvozené
- C) doplňkové
- D) zakázané

26. Která z uvedených veličin je skalárem?

- A) frekvence
- B) dostředivá síla
- C) velikost rychlosti
- D) gravitační zrychlení



Příklady IV

29. Předpona piko- (p) před značkou jednotky značí

- A) 10^{-9}
- B) 10^{-12}
- C) 10^{-15}
- D) 10^{-18}

40. 200 km^2 je rovno

- A) $2 \cdot 10^8 \text{ m}^2$
- B) $2 \cdot 10^9 \text{ dm}^2$
- C) $2 \cdot 10^{12} \text{ cm}^2$
- D) $2 \cdot 10^{13} \text{ mm}^2$

44. $0,3$ litrů je rovno

- A) $3 \cdot 10^{-13} \text{ km}^3$
- B) $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- C) $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3$
- D) $3 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$



Kinematika

- Fyzika pohybu – neřešíme příčiny pohybu
- **Mechanickým pohybem** se ve fyzice označuje takový pohyb, při kterém dochází ke změně polohy tělesa vzhledem ke vztažné soustavě, opakem **klid**.
- **Klid a pohyb a klid těles jsou relativní.**
 - Proto se určuje **vztažná soustava**
- **Fyzikální těleso** je každá ohraničená část látky bez ohledu na skupenství.
- **Hmotný bod** je každé těleso, jehož rozměry lze vzhledem k uvažovaným vzdálenostem zanedbat .



Kinematika – základní veličiny

- **Trajektorie pohybu** je souvislá čára, kterou opisuje hmotný bod při mechanickém pohybu.
- **Dráha**
 - přímka (křivka) po nichž se těleso (hmotný bod) určitý čas pohybuje.
 - Značka: s
 - Jednotka: m



Rychlost

▣ Okamžitá

▣ podíl přírůstku dráhy Δs , k němuž dojde za čas Δt , a této doby

▣ Značka: v

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

▣ Průměrná

▣ podíl celkové dráhy s , kterou těleso urazí za celkový čas t , a celkového času t

▣ Značka: v_p

$$v_p = \frac{s}{t} \qquad 1 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$$



Zrychlení

- Změny rychlosti charakterizuje vektorová veličina **zrychlení a**
- Okamžité zrychlení je dáno změnou vektoru rychlosti za jednotku času

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

- Jednotkou ms^{-2}



Rozdělení pohybu podle tvaru trajektorie

- **přímočarý** - trajektorií je přímka (pohyb výtahu, čelisti svěráku)
- **křivočarý** - trajektorií je křivka (téměř všechny pohyby)
- zvláštním případem křivočarého pohybu je pohyb hmotného bodu po kružnici



Rozdělení pohybu podle rychlosti

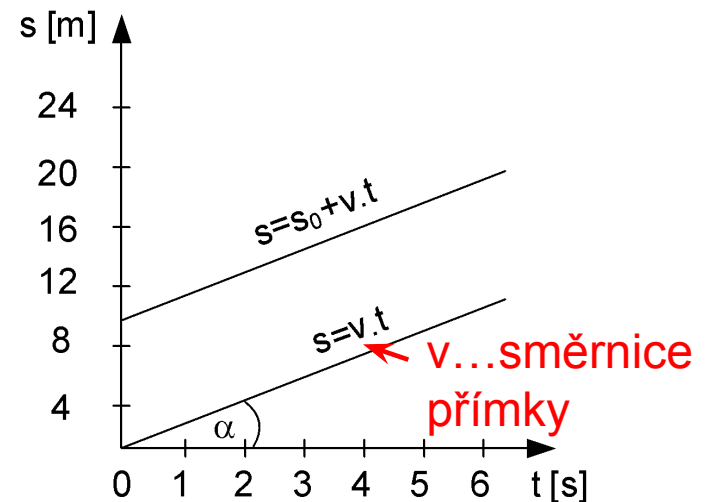
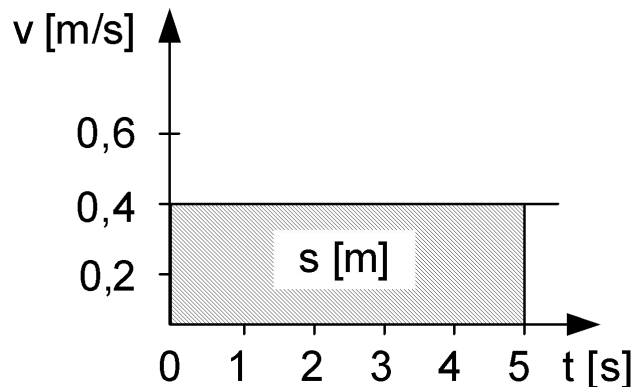
- ▣ **rovnoměrný** - rychlost je po celou dobu pohybu stálá (konstantní)
- ▣ **nerovnoměrný** - rychlost se během pohybu mění



Rovnoměrný přímočarý pohyb

- Hmotný bod urazí ve stejných a libovolně malých časových intervalech stejné dráhy. Rychlost se během pohybu nemění, je konstantní.

$$s = v \cdot t \quad v = \frac{s}{t} \quad t = \frac{s}{v}$$



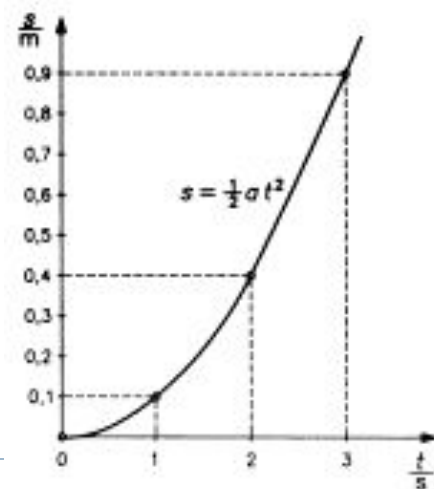
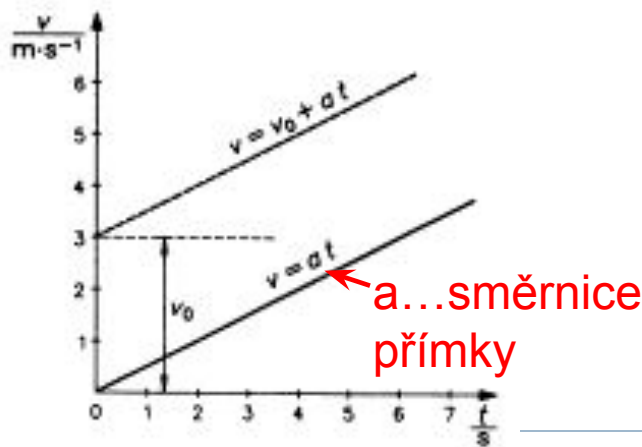
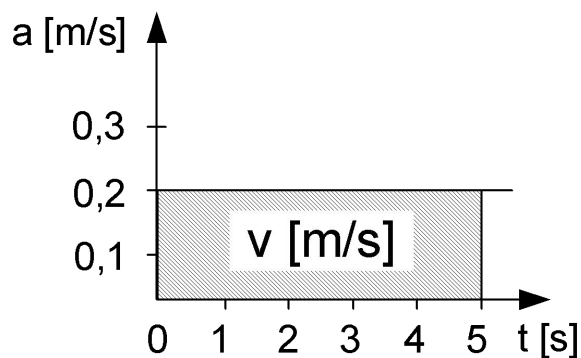
Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb

- Pohybuje-li se bod po přímé trajektorii tak, že **velikost jeho rychlosti vzroste každou sekundu stejně**, je jeho pohyb rovnoměrně zrychlený
- Zvláštním druhem rovnoměrně zrychleného pohybu je **volný pád**.

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

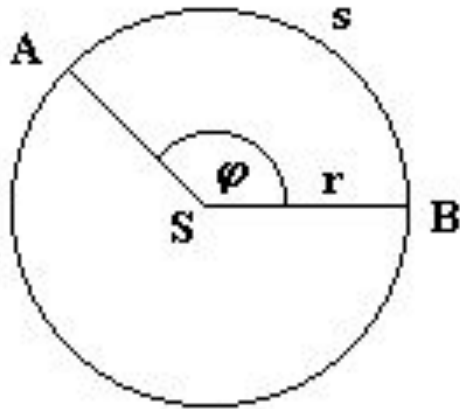
$$v = a \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} at^2$$



Rovnoměrný pohyb po kružnici

- Nejjednodušším příkladem křivočarého pohybu
- Přejde-li hmotný bod z bodu A do bodu B , opíše průvodič úhel φ (někdy se mu říká úhlová dráha). Jednotkou úhlové dráhy je radián .



$$s = r \cdot \varphi$$



Rovnoměrný pohyb po kružnici

- ▣ **Úhlová rychlost** se definuje jako podíl velikosti úhlu $\Delta\varphi$, který opíše polohový vektor za dobu Δt , a této doby.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

- ▣ Jednotkou úhlové rychlosti je radián za sekundu

$$[\omega] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

Při výpočtech se dosazuje „jen“ $[\omega] = \text{s}^{-1}$

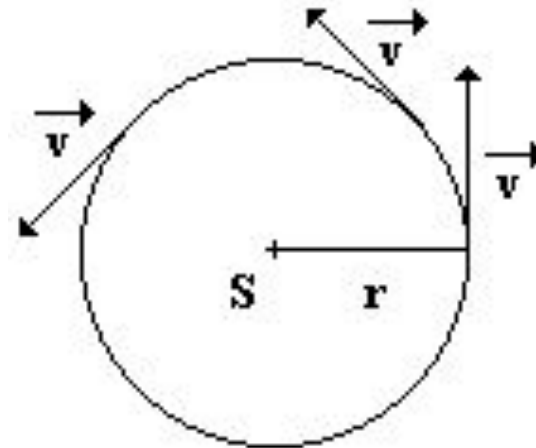


Rovnoměrný pohyb po kružnici

- ▣ **Velikost rychlosti** lze určit pomocí vztahu

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{r \cdot \Delta\varphi}{\Delta t} = r \cdot \omega$$



- ▣ **Velikost rychlosti je tedy přímo úměrná poloměru kružnice.**
- ▣ Vektor rychlosti má v každém bodě kruhové trajektorie směr **tečny** ke kružnici v daném bodě

Rovnoměrný pohyb po kružnici

- **Perioda T** je doba, za kterou hmotný bod pohybující se po kružnici, vykoná právě jednu otáčku ($\varphi=2\pi$)

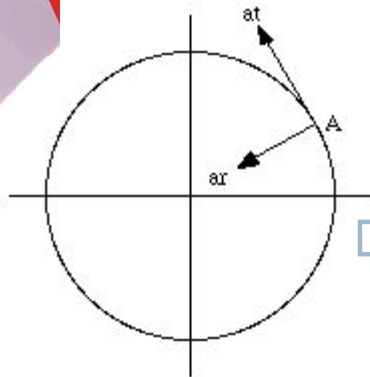
$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Jednotka: s}$$

- **Frekvence** u pohybu hmotného bodu po kružnici udává počet otáček za jednotku času
- Mezi frekvencí f a periodou T platí vztah

$$f = \frac{1}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f; \quad \text{Jednotka: s}^{-1}; \text{ Hz}$$



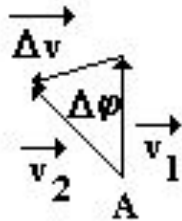
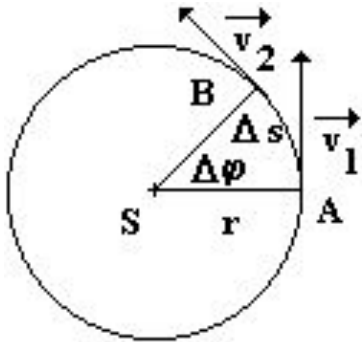
Pohyb po kružnici



▣ **tečné zrychlení a_t** - leží na stejné vektorové přímce jako vektor okamžité rychlosti. Vyjadřuje **změnu velikosti rychlosti**. Je-li jeho velikost nulová, jedná se o pohyb rovnoměrný.

▣ **normálové zrychlení a_n** - je kolmé ke směru okamžité rychlosti a vyjadřuje **změnu směru rychlosti**.

▣ *Normálové zrychlení tedy udává jak moc hmotný bod zatáčí.*



▣ Pokud je $\Delta\varphi$ malý, lze na základě podobnosti trojúh. Psát:

$$\frac{\Delta v}{\Delta s} = \frac{v}{r} \rightarrow \Delta v = \frac{\Delta s}{r} \cdot v$$

$$a_d = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot \frac{v}{r} = \frac{v^2}{r}$$

Příklady V

66. Grafickým znázorněním závislosti velikosti rychlosti na čase v pravouhlých souřadnicích je v případě pohybu rovnoměrně zrychleného

- A) přímka, jejíž směrnice se nerovná nule
- B) přímka rovnoběžná s vodorovnou osou
- C) parabola
- D) přímka, jejíž směrnice má hodnotu zrychlení

77. Jednotkou zrychlení v soustavě SI je

- A) $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
- B) $\text{m}\cdot\text{s}$
- C) $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
- D) $\text{m}\cdot\text{s}^2$

80. Vyberte nesprávnou kombinaci veličiny z oblasti kinematiky hmotného bodu a jejího grafického znázornění v pravouhlých souřadnicích v závislosti na čase:

- A) velikost zrychlení rovnoměrně zrychleného pohybu – přímka s nenulovou směrnici
- B) dráha rovnoměrně zrychleného pohybu – parabola
- C) dráha rovnoměrného přímočarého pohybu – přímka s nulovou směrnici
- D) velikost rychlosti rovnoměrného přímočarého pohybu – přímka s nenulovou směrnici



Příklady VI

- 130. Hlemýžď urazil rovnoměrným pohybem 108 cm za 45 minut. Jeho rychlost v m/s byla**
- A) 0,4
 - B) $4 \cdot 10^{-3}$
 - C) $4 \cdot 10^{-4}$
 - D) $8 \cdot 10^{-3}$
- 129. Doba oběhu sedačky rovnoměrně se pohybujícího kolotoče o průměru 6 m jsou 3 s. Jaká je velikost její rychlosti?**
- A) 3,14 m/s
 - B) 6,28 m/s
 - C) 1,57 m/s
 - D) 12,56 m/s
- 131. O kolik dříve bude ve městě vzdáleném 9 km cyklista, který jede rychlostí 15 km/hod, než chodec, který jde rychlostí 4 km/hod?**
- A) 47 min
 - B) 76 min
 - C) 99 min
 - D) 135 min



Příklady VII

121. Rotor centrifugy o průměru 20 cm rotuje rychlostí 3000 otáček/minutu. Jaké je odstředivé zrychlení?:

- A) 4930 m.s^{-2}
- B) 9860 m.s^{-2}
- C) 12890 m.s^{-2}
- D) 19720 m.s^{-2}



Dynamika

- Základy dynamiky tvoří tři **Newtonovy** (pohybové) zákony, které jsou založeny na pojmu síla F , $[F]=N$.
- **Síla** se vždy projevuje při vzájemném působení těles.
 - při přímém styku - tělesa se navzájem dotýkají
 - prostřednictvím silového pole - tělesa nejsou ve vzájemné dotyku; síla působí prostřednictvím pole (gravitační, magnetické, elektrické, elektromagnetické, ...)
- Síla může mít na těleso různý účinek:
 - deformační (statický) - síla má za následek deformaci tělesa
 - pohybový (dynamický) - síla má za následek změnu pohybového stavu tělesa



Dynamika

□ Skládání sil

- Působí-li současně na jedno těleso více sil, lze je vektorově sečíst a nahradit je jejich výslednicí, která má na těleso stejný účinek jako všechny působící síly.



První Newtonův pohybový zákon - zákon setrvačnosti

- Každé těleso setrvává v relativním klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud není přinuceno silovým působením jiných těles tento stav změnit.
- Podle prvního pohybového zákona je tedy klid a rovnoměrný přímočarý pohyb ekvivalentní. Oba dva typy pohybů jsou pohyby s nulovým zrychlením.



Druhý Newtonův pohybový zákon - zákon síly

- Velikost zrychlení hmotného bodu je přímo úměrná velikosti výslednice sil působících na hmotný bod a nepřímo úměrná hmotnosti tělesa.

$$a = \frac{F}{m} \quad F = m \cdot a$$

- Směr zrychlení je shodný se směrem výslednice sil



Třetí Newtonův zákon – zákon akce a reakce

- Jestliže těleso 1 působí silou na těleso 2, pak také těleso 2 působí na těleso 1 stejně velkou silou opačného směru. Síly současně vznikají a zanikají
- Síly akce a reakce působí každá na jiné těleso, proto se navzájem nezruší.



Hybnost hmotného bodu

- **Hybnost** tělesa je vektorová fyzikální veličina definovaná jako součin hmotnosti a okamžité rychlosti hmotného bodu $p = m \cdot v$
- Směr vektoru hybnosti je totožný se směrem vektoru okamžité rychlosti
- Změní-li se rychlost tělesa při konstantní hmotnosti, pak je změna hybnosti dána vztahem:

$$F = m \cdot a \qquad F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \qquad \Delta p = m \cdot \Delta v$$



Zákon zachování hybnosti

- Celková hybnost všech těles v izolované soustavě se zachovává, tj. zachovává se směr i velikost celkové hybnosti.
- Jinými slovy: Součet hybností všech těles izolované soustavy je stálý:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \vec{p} = \overrightarrow{\text{konst}}$$



Dostředivá síla

- Hmotný bod při pohybu po kružnici má dostředivé zrychlení a_d
- Podle druhého Newtonova zákona je příčinou zrychlení hmotného bodu vždy nějaká síla, která má stejný směr jako zrychlení. V tomto případě se jedná tedy o **sílu dostředivou**, pro jejíž velikost platí.

$$F_d = m \cdot a_d = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$



Příklady VIII

117. Velikost dostředivé síly při rovnoměrném pohybu tělesa o hmotnosti 500 g po kružnici o průměru 1 m s frekvencí 10 Hz je přibližně

- A) 314 N
- B) 31 N
- C) 99 N
- D) 986 N

127. Při rovnoměrném pohybu kuličky o hmotnosti 10 g po kružnici o poloměru 60 cm byla její hybnost $15,072 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jaká byla frekvence jejího pohybu?

- A) 50 Hz
- B) 200 Hz
- C) 800 Hz
- D) 400 Hz



Reference

- 1. KRYNICKÝ, Martin. Elektronické učebnice matematiky a fyziky. [online]. 2013-01-28 [cit. 2013-02-29]. Dostupné z: <http://www.realisticky.cz/>
- 2. REICHL, Jaroslav, VŠETIČKA Martin. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2013-02-29]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/>
- 3. Wikipedia [online]. [cit. 2013-02-29]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org>
- 4. GESCHA H., PFLANZ S. Kompendium fyziky. Univerzum 2003, překlad: Ludmila Eckertová

