

KINEMATIKA

1. Základní kinematické veličiny

Tato část fyziky popisuje pohyb těles.

VZTAŽNÁ SOUSTAVA

je těleso nebo soustava těles, ke kterým vztahujeme pohyb nebo klid sledovaného tělesa. Absolutní klid neexistuje, protože pohyb je základní vlastností hmoty. V řadě případů je výhodné pro zjednodušení výpočtů vztažnou soustavu spojit s

HMOTNÝ BOD

při popisu pohybu těles, kdy jejich rozměry a tvar nejsou podstatné, si úvahy zjednodušíme tím, že tělesa nahradíme hmotnými body. Protože zanedbáváme velikost objektů, neuvažujeme např. tření, odpor vzduchu. Síly působící na hmotný bod také nemohou způsobit jeho rotaci.

TĚŽIŠTĚ, HMOTNÝ STŘED TĚLESA

těžiště tělesa (nebo soustavy hmotných bodů) je působíště tíhové síly, která na těleso působí v homogenním tíhovém poli Země.

TRAJEKTORIE

je souhrn všech poloh, kterými hmotný bod při pohybu postupně prochází. Trajektorií hmotného bodu může být přímka, křivka, část kružnice, ... Tvar trajektorie závisí na volbě vztažné soustavy. Není to fyzikální veličina, protože ji neměříme, pouze ji popisujeme.

DRÁHA (s, l)

je délka trajektorie, kterou hmotný bod opíše za určitou dobu. Je to skalární veličina a měříme ji v

SOUŘADNICE BODU (a, b, c, x, y, z)

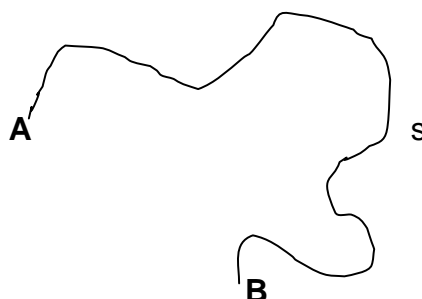
obecně v prostou uspořádaná trojice veličin (vzdáleností od zvoleného počátku), která jednoznačně určuje polohu bodu. Měříme je v..... Tyto souřadnice určují také polohový vektor bodu.

POSUNUTÍ ($\vec{d} = \mathbf{d}$)

je vektorová veličina charakterizující změnu polohy hmotného bodu. Jeho velikost je rovna vzdálenosti mezi počátečním a koncovým bodem trajektorie. Směřuje od počátečního bodu trajektorie ke koncovému bodu a nezávisí na změnách směru během pohybu, odpovídá tak úsečce z A do B.

Př.:

A je počáteční a B je koncový bod trajektorie



Najděte posunutí a doplňte rovnost/nerovnost

$$s \quad \left| \begin{array}{c} \rightarrow \\ d \end{array} \right|$$

VELIKOST RYCHLOSTI (v)

Je to skalární veličina, která udává, jakou dráhu v metrech objekt urazil za jednu sekundu, nezahrnuje informaci o směru pohybu. Další často užívaná jednotka je $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

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

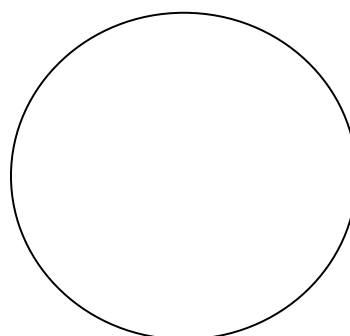
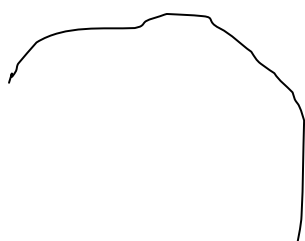
Průměrná rychlost $\bar{v} = \frac{\text{celková dráha}}{\text{celkový čas}}$

Okamžitá rychlost ($\vec{v} = \mathbf{v}$)

obvykle ji měříme v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Je to vektorová veličina, má vždy směr tečny k trajektorii hmotného bodu v daném bodě trajektorie.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{d}}{dt} \text{ popř. } \vec{v} = \frac{\Delta\vec{d}}{\Delta t} \text{ nebo } \vec{v} = \frac{\vec{d}_2 - \vec{d}_1}{t_2 - t_1}$$

Zakreslete vektor okamžité rychlosti v různých bodech daných trajektorií:



DRUHY POHYBŮ

1. podle rychlosti

a) $v = \text{konst}$; rychlost je stálá, konstantní

vzdálenosti uražené ve stejných časových intervalech jsou stejné

b) $v \neq \text{konst}$; rychlost je proměnná

např. rovnoměrně zrychlený pohyb – nejjednodušší případ, kdy $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a = \text{konst}$.

2. podle trajektorie

přímočaré, křivočaré

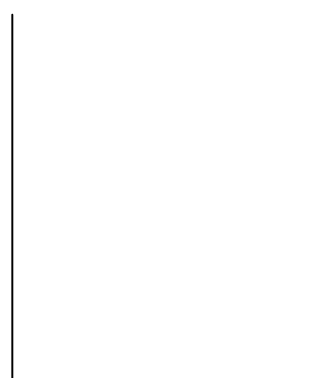
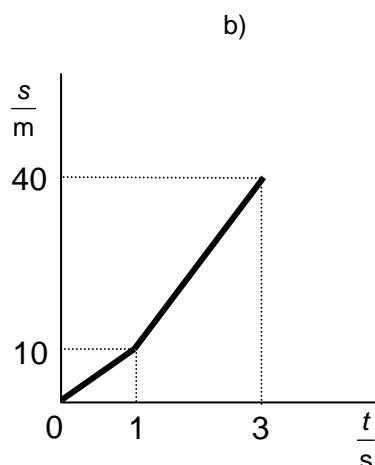
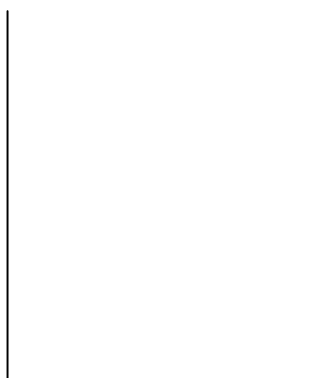
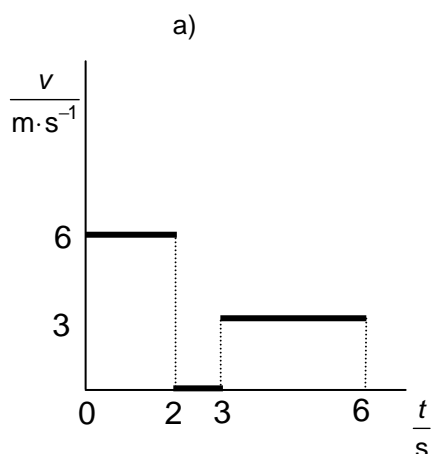
2. Rovnoměrný přímočarý pohyb

je to nejjednodušší přímočarý pohyb, kdy se velikost ani směr rychlosti nemění.

Pohyb musí mít počáteční rychlost $v_0 = v = konst$

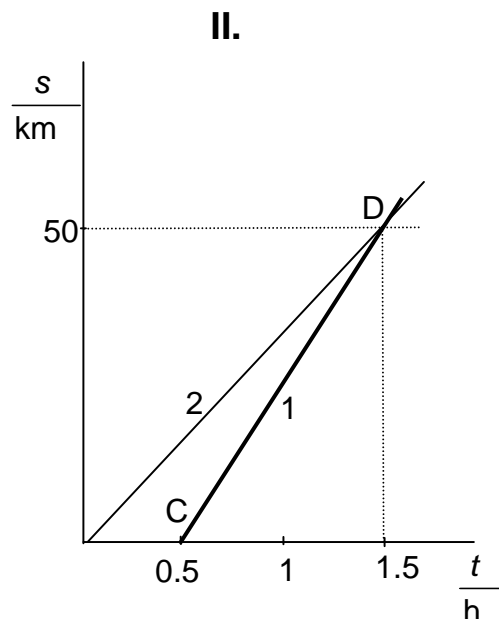
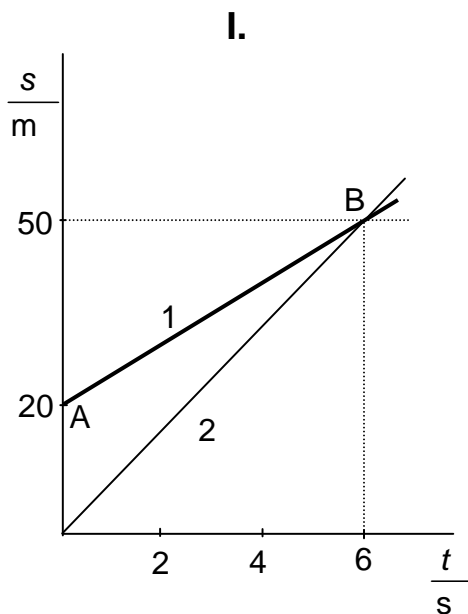
Otázky:

- Automobil jede rychlostí $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
 - Jakou dráhu urazí za 20 minut?
 - Zakreslete graf závislosti dráhy na čase, rychlosti na čase a zrychlení na čase.
 - Jaký význam má plocha pod grafem znázorňující časový průběh rychlosti?
- Předpokládejme, že se motocykl pohybuje rovnoměrně rychlostí $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
 - Vypočítejte dráhu, kterou urazí za 10 sekund.
 - Nakreslete graf závislosti dráhy na čase a rychlosti na čase.
- Nakreslete graf závislosti dráhy na čase a rychlosti na čase pro zadané grafy v-t, s-t.



- Auto jelo 1 hodinu rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a 45 minut rychlostí $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.
- Automobil jel $\frac{3}{4}$ celkové doby jízdy rychlostí $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a zbývající dobu jízdy rychlostí $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.

6. Automobil projel $\frac{3}{4}$ celkové dráhy rychlostí $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a zbývající část dráhy rychlostí $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.
7. Cyklista jede do určitého místa s větrem v zádech rychlostí $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a nazpět proti větru rychlostí $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jaká je jeho průměrná rychlost?
8. Těleso se pohybuje z A do B 10 minut rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a zpět se vrací rychlostí $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Určete průměrnou rychlost v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Nakreslete graf závislosti rychlosti na čase.
9. Petr šel dvě hodiny rychlostí $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a potom jednu hodinu stoupal do kopce rychlostí $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jaká byla jeho průměrná rychlost? Nakreslete graf závislost rychlosti na čase a dráhy na čase.
10. Automobil projel $\frac{1}{4}$ celkové dráhy rychlostí $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a zbývající část dráhy rychlostí $75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Určete průměrnou rychlost v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Nakreslete graf rychlosti a dráhy v závislosti na čase.
11. Na obr. I. a II. jsou nakresleny grafy závislosti dráhy na čase automobilu 1 a 2. Pro oba případy určete: a) jak velkou rychlostí se pohybuje auto 1 a auto 2
b) jaký fyzikální význam mají body A, B, C a D?
c) jak daleko a kdy se auta setkají?



12. Policejní automobil P je ve vzdálenosti 800 m od křižovatky a blíží se k ní konstantní rychlostí $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Automobil M přijíždějící po vedlejší silnici je ve stejném okamžiku ve vzdálenosti 600 m od křižovatky. Jakou rychlostí (v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ i $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) se pohybuje automobil M, jestliže se obě auta na křižovatce srazí? **Narýsujte** grafy závislosti v - t a s - t pro oba automobily.
13. Dvě tělesa se současně začala pohybovat ze dvou bodů M a N ležících na ose x stejným směrem podél této osy. Počáteční body jdou vzdáleny 100 m od sebe, těleso pohybující se z bodu M má rychlost $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, druhé pohybující se z bodu N má rychlost $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kdy první těleso dostihne druhé? Jaké vzdálenosti do té doby obě tělesa urazí? **Narýsujte** pro obě tělesa grafy závislosti v - t a s - t .
14. Chodec pohybující se stálou rychlostí ušel za prvních 6 sekund vzdálenost 9 m, v dalších 4 sekundách vzdálenost 8 m. Jaká byla jeho rychlost v prvních 6 s a dalších 4 s? Jaká byla jeho průměrná rychlost v prvních 10 sekundách (v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)? **Narýsujte** grafy závislosti v - t a s - t

při jeho pohybu.

15. Automobil ujel první polovinu vzdálenosti rychlostí $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a druhou rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Druhý automobil, který se začal pohybovat ve stejném okamžiku, se pohyboval po stejné trajektorii stálou rychlostí $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Který z automobilů dorazil do cíle dříve?

Skládání rychlostí

Výsledná rychlost tělesa může mít více složek – viz příklady níže.

Otázky:

16. Na hladině jezera pluje loď. Její rychlost vzhledem k vodě je $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Po palubě lodi jde cestující A rychlostí $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ve směru pohybu lodi, cestující B jde proti směru pohybu lodi rychlostí $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, cestující C stojí na jednom místě paluby. Jakou rychlostí se pohybují jednotliví cestující vzhledem k vodě v jezeře?
17. Motorový člun se pohybuje vzhledem k vodě stálou rychlostí $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rychlost vodního proudu v řece je $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Určete: a) Pod jakým úhlem vzhledem k vodnímu proudu musí člun plout, aby se stále pohyboval kolmo ke břehům řeky?
b) Za jak dlouho přepluje napříč řeku, jestliže jsou břehy od sebe vzdáleny 800 m
18. Veslaři se plaví přes řeku širokou 0,7 km, v níž voda teče rychlostí $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a čelo lodi udržují kolmo ke břehu. Je-li rychlost lodi vzhledem k vodě $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, vypočítejte:
a) rychlost lodi vzhledem ke břehu;
b) čas potřebný k přeplutí řeky;
c) příčné posunutí místa, kde loď přistane u druhého břehu.
19. Déšť padá svisle rychlostí $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vzhledem k zemi. Na okně auta svírají stopy dešťových kapek s vodorovným směrem úhel 30° . Jaká je rychlost auta?
20. Chlapec plave vzhledem k vodě stálou rychlostí $0,85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rychlost proudu v řece je $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a šířka řeky je 60 m. Vypočítejte:
a) jak velká je výsledná rychlost chlapce vzhledem k břehům řeky, pohybuje-li se kolmo k proudu;
b) za jakou dobu chlapec přeplave řeku?
21. Ve vagónu vlaku pohybujícího se stálou rychlostí $24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je vyhozen míč počáteční rychlostí $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Určete rychlost míče vzhledem k zemi, jestliže byl vyhozen:
a) ve směru pohybu vlaku;
b) opačným směrem, než se pohybuje vlak;
c) kolmo na směr pohybu vlaku.

L2/6-8, 11, 16, 19, 25, 32, 34

3. Rovnoměrně zrychlený, resp. rovnoměrně zpomalený přímočarý pohyb

Za stejné časové intervaly se velikost okamžité rychlosti změní o stejnou hodnotu. Vezmeme-li velikost časového intervalu jednu sekundu, změna rychlosti pak přímo určuje zrychlení daného pohybu.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \text{konst}$$

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

rovnice pro výpočet dráhy a okamžité rychlosti (*bude odvozena v následujících příkladech*)

$$s = s_0 + v_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = v_0 \pm a t$$

http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=The_Moving_Man

<http://www.walter-fendt.de/ph14e/acceleration.htm>

Otázky (pohyb bez počáteční rychlosti):

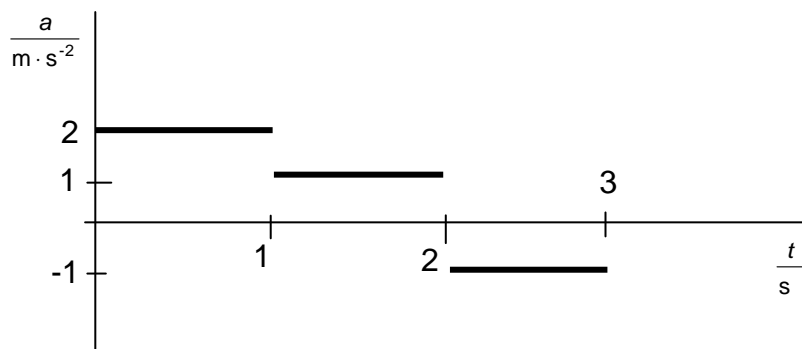
22. Lokomotiva se rozjíždí z klidu rovnoměrně zrychleně a dosáhne rychlosti $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ za 10 sekund.
- Vypočítejte zrychlení.
 - Nakreslete graf závislosti rychlosti na čase a zrychlení na čase.
 - Použijte graf závislosti rychlosti na čase k určení vzdálenosti, kterou lokomotiva urazí.
 - Zakreslete graf závislosti dráhy na čase.
23. Automobil se rozjíždí z klidu a za 20 sekund dosáhne rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Za předpokladu, že se pohybuje rovnoměrně zrychleně, vypočítejte zrychlení a dráhu, kterou urazí během této doby. Nakreslete graf závislosti rychlosti na čase.
24. Těleso se pohybuje z klidu se zrychlením $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Vypočítejte jeho rychlost ve vzdálenosti 100 m od počátku pohybu.

L2/37, 38

Otázky (pohyb s počáteční rychlostí):

25. Počáteční rychlost přímočarého pohybu hmotného bodu je $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Předpokládejte, že jeho zrychlení je $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Vypočítejte rychlost tohoto hmotného bodu po 5 s od začátku měření. Načrtněte graf závislosti rychlosti na čase a určete vzdálenost, kterou během tohoto časového intervalu hmotný bod urazil.
26. Rychlost vlaku se během 40 s změnila z $36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vypočítejte zrychlení a uraženou vzdálenost. Výsledek ověřte pomocí grafu závislosti rychlosti na čase.
27. Automobil pohybující se zpočátku rychlostí $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ zvýšil během 10 s svou rychlost na $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Určete zrychlení a ujetou vzdálenost.
28. Automobil jedoucí rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ musí zastavit na vzdálenosti 12,5 m. Vypočítejte jeho zrychlení a čas potřebný k zastavení.
29. Vlak během 40 s rovnoměrně sníží svou rychlost z $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vypočítejte zrychlení a vzdálenost, kterou při tom urazí.
30. V elektrickém poli katodové trubice je elektron rovnoměrně urychlen z $5 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ na $20\,000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ na vzdálenosti 10 mm. Jaké je jeho zrychlení?
31. Cyklista jedoucí rychlostí $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ začne zrychlovat a za 8 s dosáhne rychlosti $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Předpokládejte, že se pohybuje rovnoměrně zrychleně a určete velikost zrychlení i vzdálenost, kterou cyklista při zrychlování ujel.

32. K zadanému grafu závislosti zrychlení na čase nakreslete graf závislosti rychlosti na čase. Předpokládejte však nulovou počáteční rychlost.

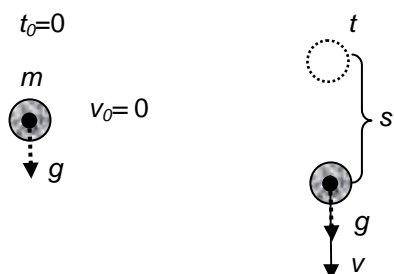


33. Dvě auta se pohybují ze stejného místa. První již má rychlost $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a rovnoměrně zrychluje o $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Druhé bylo původně v klidu a až 5 s po startu prvního se rozjíždí se zrychlením $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Spočítejte: a) kdy budou mít auta stejnou rychlost a jaká bude její hodnota; b) za jak dlouho od počátku měření a v jaké vzdálenosti od počátku se potkají; c) nakreslete grafy závislosti rychlosti a dráhy na čase.
34. Dva motocykly jsou 4 km od sebe a pohybují se proti sobě. První má rychlost $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a zrychlení $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, druhý má počáteční rychlost $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a zrychlení $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Určete kdy a v jaké vzdálenosti od výchozího bodu prvního motocyklu se srazí.
35. Dvě tělesa se pohybují současně ze stejného bodu. První má počáteční rychlost $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a zrychlení $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, druhé má počáteční rychlost $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a zrychlení $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Určete: a) kdy budou mít tělesa stejnou rychlost a jak bude velká; b) za jak dlouho a v jaké vzdálenosti se potkají; c) nakreslete grafy závislosti rychlosti a dráhy na čase.

L2/ 40-52, 55-57

4. Volný pád

- ve vakuu!!!
- v gravitačním poli V BLÍZKOSTI zemského povrchu
 $a = g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \doteq 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- z klidu ($v_0 = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)



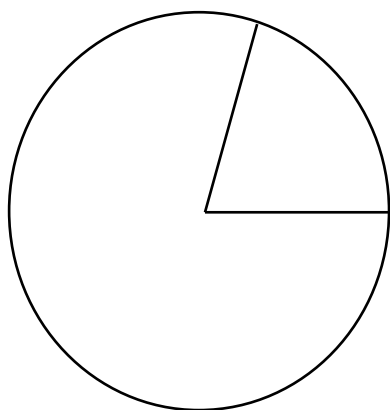
dráha padajícího tělesa: $s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} gt^2$
 rychlost padajícího tělesa: $v = at = gt$

<http://www.walter-fendt.de/ph14e/projectile.htm>

Otázky:

36. Za jak dlouho spadne kámen z výšky 80 m? Odpovídá vypočtený výsledek skutečnosti? Zdůvodněte.
37. Automobil narazil do překážky rychlostí 60 km·h⁻¹. Z jaké výšky by musel spadnout, aby získal stejnou rychlost?
38. Určete čas, za který se rychlost padajícího tělesa zvýší z 10 m·s⁻¹ na 30 m·s⁻¹.
39. Jakou vzdálenost urazí těleso během páté sekundy volného pádu?

5. Rovnoměrný pohyb po kružnici



úhel v radiánech

$$\varphi = \frac{s}{r} = \frac{\text{délka kruhového oblouku}}{\text{poloměr}}$$

plný úhel v radiánech

$$\varphi = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Rightarrow 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

úhlová rychlost $\omega = \frac{\varphi}{t}$ $[\omega] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

- Rovnoměrný pohyb po kružnici je jeden ze základních typů **periodického** pohybu – trajektorie (v tomto případě kružnice) se opakuje.

perioda T... čas potřebný k absolvování jedno cyklu (= kružnice)

frekvence f... počet cyklů (kružnic) absolvovaných během jedné sekundy

$$f = \frac{1}{T} \quad [f] = \text{s}^{-1} = \text{Hz (hertz)}$$

- vztahy mezi ω , v , T , f**

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

$$\omega = \frac{\text{opsaný úhel}}{\text{odpovídající čas}} = \frac{\text{plný úhel}}{\text{perioda}} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Ladybug_Revolution

Otázky:

40. Gramofon se za minutu otočí 33 krát. Vypočítejte
- periodu a frekvenci pohybu;
 - úhlovou rychlost a rychlost otáčení bodu ve vzdálenosti 12 cm od středu.
41. Závaží olovnice se rovnoměrně otáčí po kružnici o poloměru 0,5 m tak, že oblouk délky 40 cm urazí za 0,1 s. Vypočítejte periodu a frekvenci pohybu, úhlovou rychlost a rychlost otáčení závaží.
42. Kolo bicyklu má průměr 0,5 m a vykoná 7 otáček za sekundu. Určete úhlovou rychlost a rychlost otáčení bodu na plášti kola.
43. Určete úhlovou rychlost hřídele, která vykoná 120 otáček za 1 minutu. Najděte periodu a frekvenci tohoto pohybu.
44. Jaká je rychlost bodů na zemském rovníku? Uvažujte poloměr Země 6 378 km, úhlová rychlost otáčení Země je $7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete také frekvenci.
45. Pulsar o průměru 15 km rotuje s frekvencí 9 Hz. Vypočtete rychlost bodu na rovníku pulsaru.
46. Vozidlo má pneumatiky o průměru 0,55 m. Zjistete úhlovou rychlost bodu na vnějším obvodu pneumatiky, jestliže se auto pohybuje rychlostí $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
47. Umělá družice obíhá okolo Země po kruhové orbitě o poloměru 42 250 km. Jakou rychlostí se pohybuje, jestliže okolo Země obletí jednou za 24 h?
48. Najděte odpovídající úhly v radiánech: 45° ; 30° ; 60° ; 90° ; 180° ; 270° ; 50° ; 75°
49. Najděte odpovídající úhly ve stupních: 1 rad, π rad, $\pi/2$ rad, $\pi/3$ rad, $\pi/4$ rad, $\pi/6$ rad, $\pi/8$ rad

L2/68-74a

Výsledky:

- 20 km
- 200 m
- $59,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $58,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $57,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $68,75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $78,26 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- I. $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $8,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
II. $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $33,3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- 0,01 h; $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- 250 m; 150 m; 50 s
- $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- druhý
- $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$; 0; $3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- $11,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $80,4^\circ$; 68 s
- $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 53; 1 167 s; 933 m
- $13,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 80 s
- $31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 50 m
- $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; 250 m

24. $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $87,5 \text{ m}$
25. $-0,125 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 300 m
26. $0,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 250 m
27. $-7,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $1,8 \text{ s}$
28. $-0,14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 778 m
29. $2\cdot 10^{16} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
30. $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
31. $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 40 m
33. 14 s , $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 26 s , 221 m
34. $95,6 \text{ s}$; 1333 m
35. $1,43 \text{ s}$, $6,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $2,86 \text{ s}$, 18 m
36. 4 s
37. $13,9 \text{ m}$
38. 2 s
39. 45 m
40. $0,55 \text{ Hz}$, $1,818 \text{ s}$; $3,46 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$, $0,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
41. $0,79 \text{ s}$; $1,27 \text{ Hz}$; $8 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$; $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
42. $44 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$, $11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
43. 2 Hz , $0,5 \text{ s}$, $12,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$
44. $465 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $1,16\cdot 10^{-5} \text{ Hz}$
45. $424 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$
46. $109 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$
47. $3 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$
48. $\pi/4 \text{ rad}$, $\pi/6 \text{ rad}$, $\pi/3 \text{ rad}$, $\pi/2 \text{ rad}$, $\pi \text{ rad}$, $3\pi/2 \text{ rad}$, $0,87 \text{ rad}$, $1,31 \text{ rad}$
49. $57,3^\circ$, 180° , 90° , 60° , 45° , 30° , $22,5^\circ$