Zavádění inovativních metod a výukových materiálů do přírodovědných předmětů na Gymnáziu v Krnově

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

05_2_Kinematika hmotného bodu

Ing. Jakub Ulmann

2 Kinematika hmotného bodu

Nejstarším odvětvím fyziky, které se začalo rozvíjet, byla bezpochyby **mechanika**. Její základy vybudovali italský učenec Galileo Galilei (1564 - 1642) a anglický fyzik, matematik a astronom Isaac Newton (1642 - 1727). Mechanika se zabývá studiem nejjednoduššího fyzikálního jevu, který každý zná a pozoruje kolem sebe – **mechanickým pohybem**.

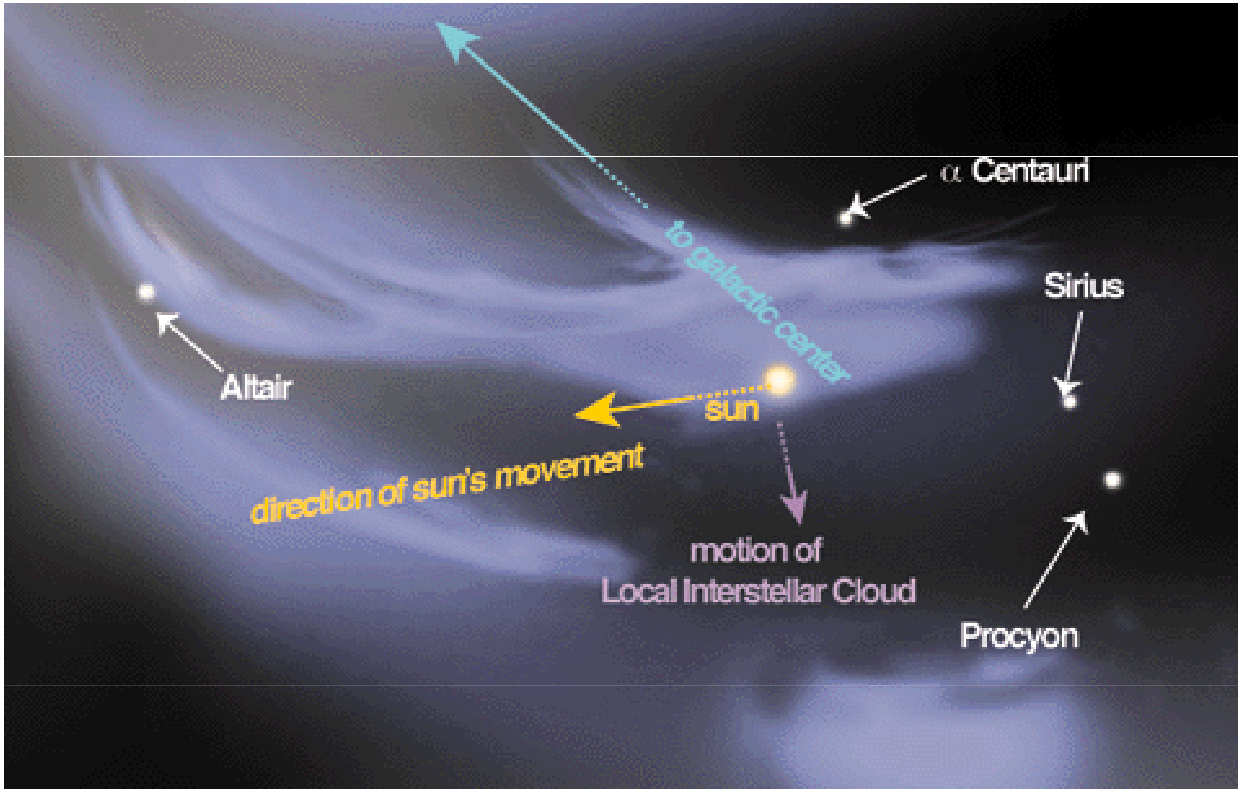
Mechaniku dělíme na dvě odvětví:

1. **kinematiku** – zajímá se o popis pohybu (trajektorie, dráha, rychlost, …).
2. **dynamiku** – zajímá se o příčiny pohybu (síly působící na hmotný bod či těleso).

2.1 Klid a pohyb tělesa

Pohyb jakéhokoliv tělesa vždy určujeme vzhledem k nějakému jinému tělesu (vztažné těleso) - vztažné soustavě.

Klid (relativní) je stav tělesa, při němž se jeho poloha, vzhledem ke zvolené vztažné soustavě nemění.
Absolutní klid neexistuje.



Trajektorie je čára, kterou opisuje hmotný bod při pohybu.
Tvar trajektorie závisí na vztažné soustavě.
Např. ventilek kola…
Podle tvaru trajektorie dělíme pohyby na **přímočaré** a **křivočaré** (speciální pohyb **otáčivý**).

Dráha – fyzikální veličina, označení *s*
Délka úseku trajektorie, kterou hmotný bod opisuje za určitou dobu.

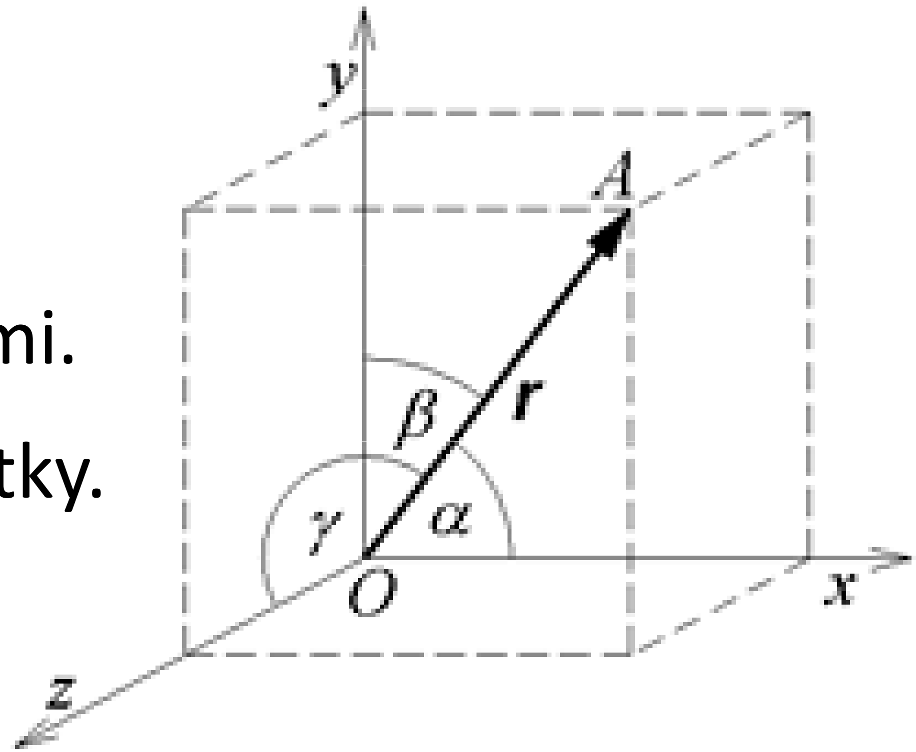
Vztažná soustava je určena na vztažném tělese počátkem, souřadnicemi a počátkem měření času.

Hmotný bod je model tělesa, u kterého je zachována hmotnost tělesa, ale jeho rozměry jsou zanedbány.
Těleso můžeme nahradit hmotným bodem, jestliže jeho tvar a rozměry jsou z hlediska zkoumaného jevu nepodstatné.

Poloha hmotného bodu je vyjádřena polohovým vektorem ***r*** (spojnice počátku s bodem – orientovaný směrem k bodu).

Pravoúhlá soustava *0xyz* jsou tři na sebe kolmé osy procházející počátkem. Poloha bodu je určena třemi souřadnicemi.

U os jsou popsány fyzikální jednotky.



V rovině vystačíme se dvěma souřadnicemi.

Na Zemi používáme jiný systém tří souřadnic…

Definice hmotného bodu. Kdy můžeme těleso nahradit hmotným bodem?

Vysvětlete pojmy relativní/absolutní klid/pohyb, uveďte příklad.

Čím je určena vztažná soustava?

Jak je určena poloha bodu v pravoúhlé soustavě souřadnic?

Co je to polohový vektor?

Co je to trajektorie? Jak dělíme pohyby podle tvaru trajektorie?

Jak je definována dráha?

Zvolte vztažnou soustavu pro pohyb hráče na fotbalovém hřišti.

Proč se při určování polohy na Zemi nepoužívá pravoúhlý systém souřadnic.

Př. 1: Rozhodni, ve kterých z následujících příkladů je možné nahradit pohyb předmětu pohybem hmotného bodu:

a) Auto jede z Prahy do Brna.

b) Skokan skáče do dálky a my chceme zjistit techniku skoku.

c) Moucha létá po místnosti a chceme znát její rychlost.

d) Sledujeme let koule vystřelené z děla.

e) Země obíhá kolem Slunce.

f) Sledujeme pohyb mouchy z hlediska částí jejího těla (třeba, jak mává křídly).

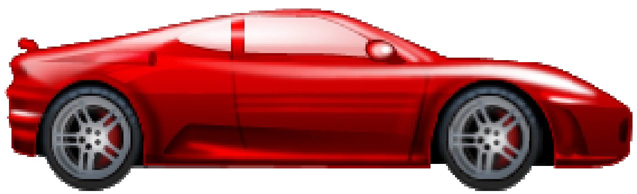
2.2 Průměrná a okamžitá rychlost

Průměrná rychlost - v_p

Skalární veličina určená podílem dráhy *s* a doby *t*, za kterou hmotný bod dráhu urazil.

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

Δ je velké řecké písmeno DELTA. Vyjadřuje vždy změnu nějaké fyzikální veličiny ve smyslu konečná mínus počáteční hodnota.



Př. 1: Urči změny následujících veličin:

a) výška studenta se během roku zvětšila ze 155 cm na 161,

b) auto zrychlilo z 60 km/h na 90 km/h,

c) údaj na hodinách se změnil ze 15:35 na 16:10,

d) účastník kursu zhubnul za dva měsíce ze 112 kg na 101 kg,

e) auto jedoucí rychlostí 50 km/h prudce zastavilo,

f) teplota klesla z 5 °C na −5 °C,

g) teplota stoupla z −10 °C na 8 °C,

h) po měsíčním utrácení měl na účtu místo 12000 dluh 5000 Kč,

i) míč dopadl na zem rychlostí 10 m/s a odrazil se vzhůru rychlostí 8 m/s.

V případě, že počítáme příklady, kdy je pohyb rozdělen na dva úseky dosazujeme:

$$v_p = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}$$

kde: $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$, $v_2 = \frac{s_2}{t_2}$

Fyzika – úlohy na straně 33, Sbírka úloh – úlohy 2.1 až 2.6.

Př. 2.4: Rychlík ujel mezi dvěma stanicemi dráhu 7,5 km za 5 minut. Určete jeho průměrnou rychlost v jednotkách $m \cdot s^{-1}$ a $km \cdot h^{-1}$.

Př. 2.9: Turista šel 2 hodiny po rovině rychlostí 6 $km \cdot h^{-1}$, další hodinu vystupoval do prudkého kopce rychlostí 3 $km \cdot h^{-1}$. Jaká byla jeho průměrná rychlost?

5 $km \cdot h^{-1}$

Př. 2: Cyklista jede do kopce stálou rychlostí 10 km · h^{-1}, stejnou cestu zpět sjíždí rychlostí 40 km · h^{-1}. Vypočítej jeho průměrnou rychlost.

Kromě dvou průměrných rychlostí, známe něco o dráze...

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{\frac{s}{2}}{v_1} = \frac{s}{2v_1} \qquad t_2 = \frac{s}{2v_2}$$

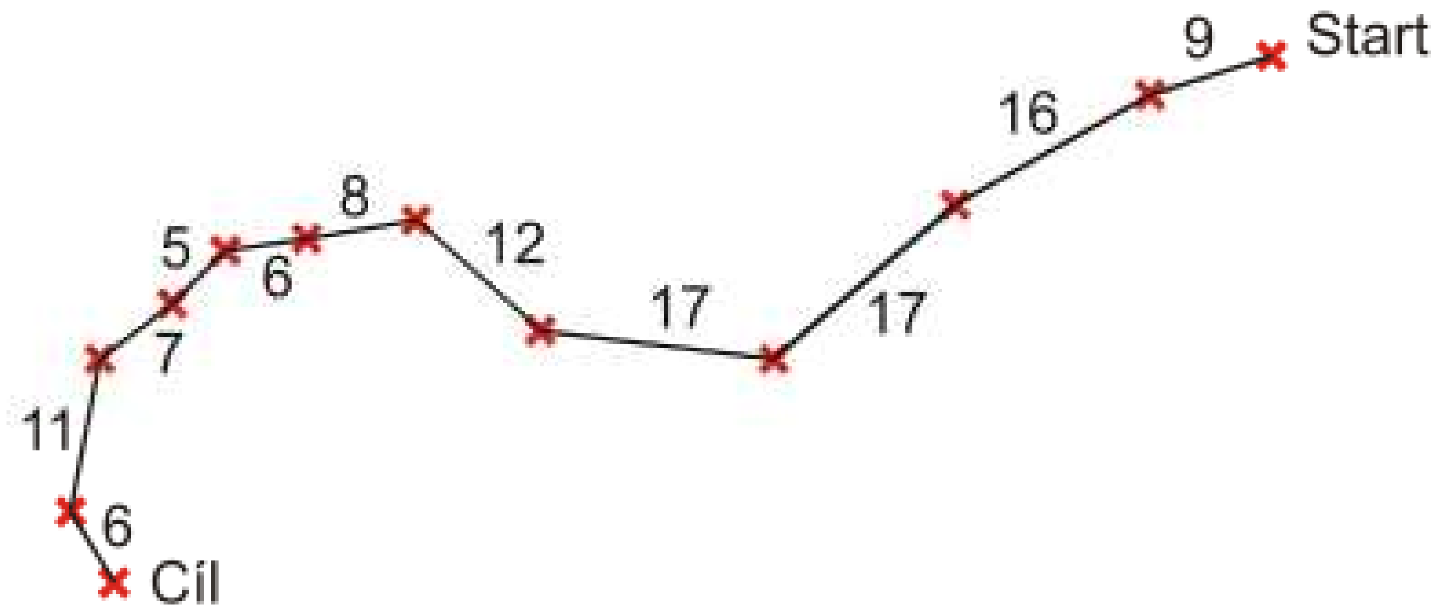
$$v_p = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \dots$$

Př. 2.11: Cyklista jede úsek cesty o délce 18 km rychlostí 15 km · h^{-1} a úsek o délce 9 km rychlostí 30 km · h^{-1}. Jaká je jeho průměrná rychlost?

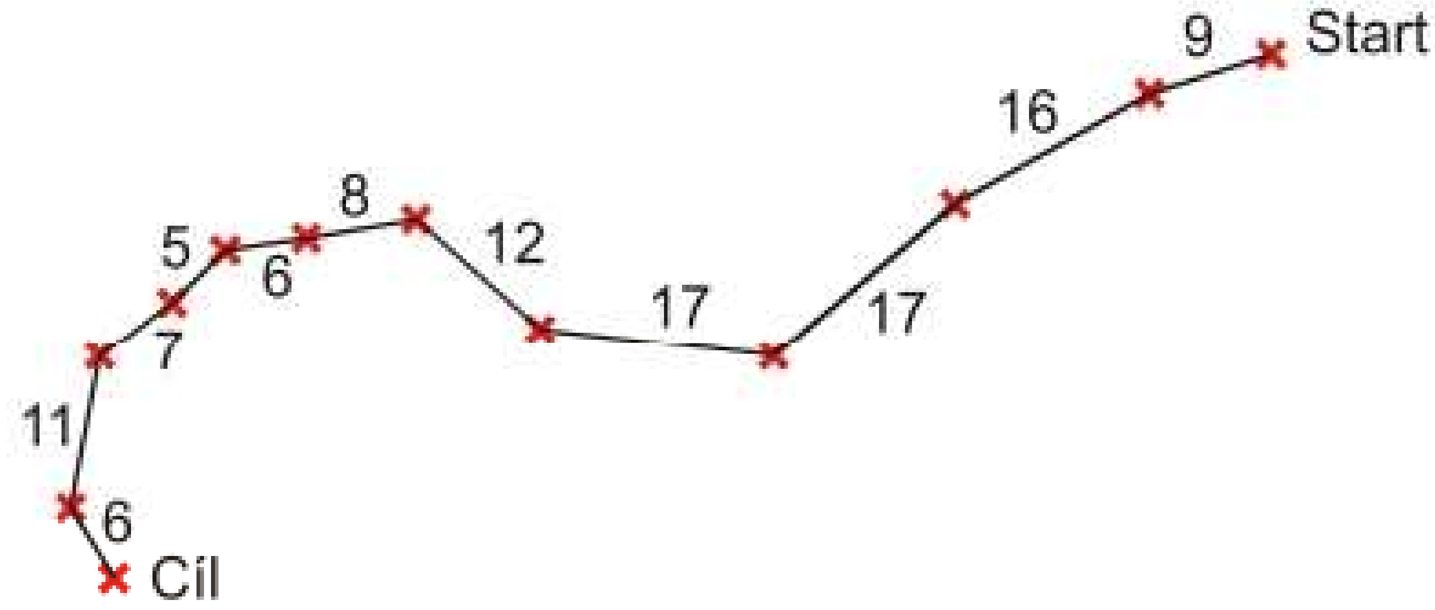
18 km · h^{-1}

2.3 Okamžitá rychlost

Př. 1: Na obrázku je trajektorie pohybu šneka. Jednotlivé polohy jsou zachyceny po 5 s a délka mezi polohami je v mm.



a) zapište do tabulky čas a dráhu od počátku jednotlivých poloh šneka,



t [s]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
s [mm]	0	9	25	42	59	71	79	85	90	97	108	114
Δs [mm]		9	16	17	17	12	8	6	5	7	11	6

b) rozhodni podle obrázku, kdy se šnek pohyboval nejvyšší a kdy nejnižší rychlostí. Jak se to projevilo v tabulce?

c) doplň do tabulky řádek s hodnotami rychlostí, kterými se šnek mezi jednotlivými měřeními pohyboval.

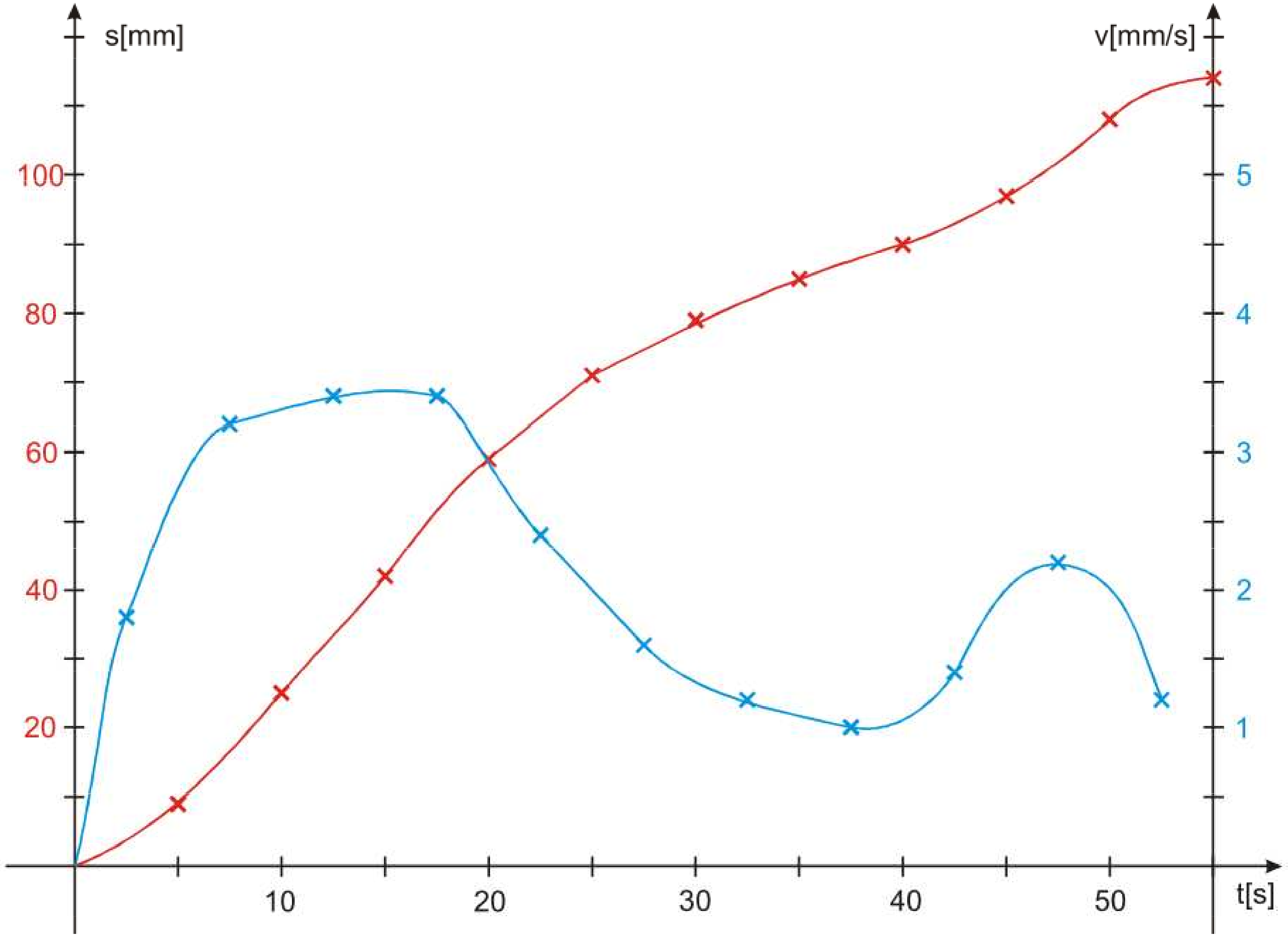
t [s]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
s [mm]	0	9	25	42	59	71	79	85	90	97	108	114
Δs [mm]		9	16	17	17	12	8	6	5	7	11	6
v [mm/s]		1,8	3,2	3,4	3,4	2,4	1,6	1,2	1	1,4	2,2	1,2

d) vypočítej průměrnou rychlost šneka během prvních 20 s, ve zbývajícím čase a za celou dobu pohybu.

2,95 mm · s^{-1}, 1,57 mm · s^{-1}, 2,07 mm · s^{-1}

Př. 2: Nakresli graf závislosti dráhy a rychlosti šneka na čase. Rozhodni, jak z nich poznáš, kdy se šnek pohyboval nejrychleji a kdy nejpomaleji.

Porovnej grafy dráhy a rychlosti a zjisti, jakým způsobem je v grafu dráhy „schován“ graf rychlosti.


s[mm]
v[mm/s]
100
80
60
40
20
5
4
3
2
1
10
20
30
40
50
t[s]

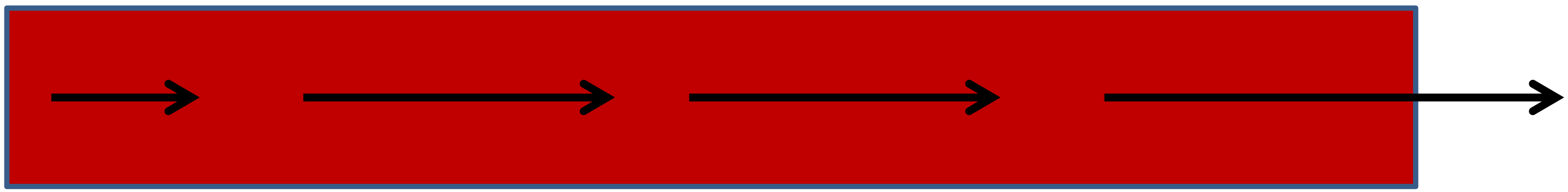
Velikost okamžité rychlosti v daném bodě trajektorie je definována jako **velikost průměrné rychlosti ve velmi malém časovém intervalu** (na velmi malém úseku trajektorie).

Souprava Vernier – pohyb zachycený pomocí čidla na měření vzdálenosti.

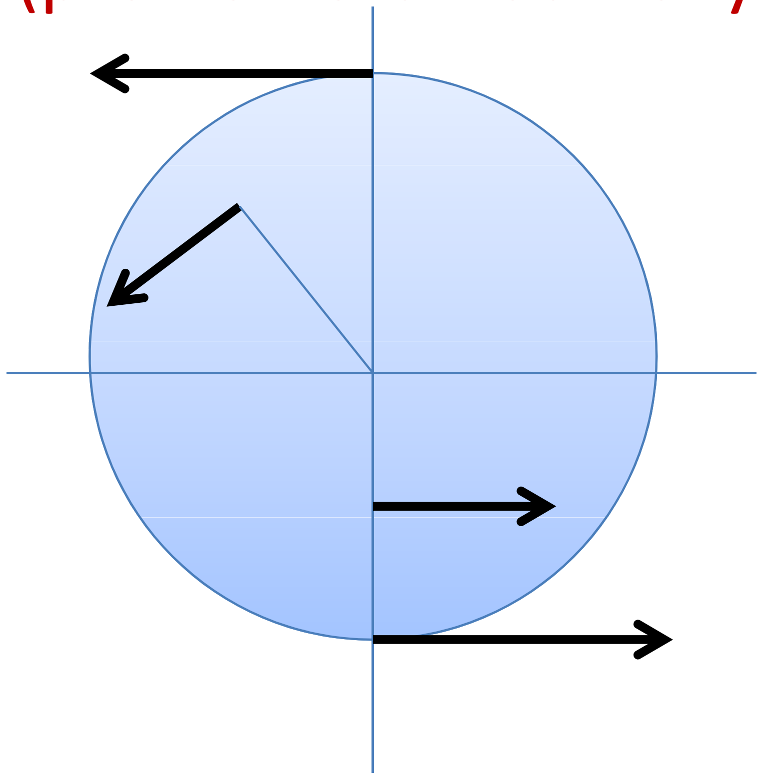
Okamžitá rychlost je vektorová veličina,
má směr tečny k trajektorii v daném bodě.

Pohyb je plně popsán všemi okamžitými rychlostmi.

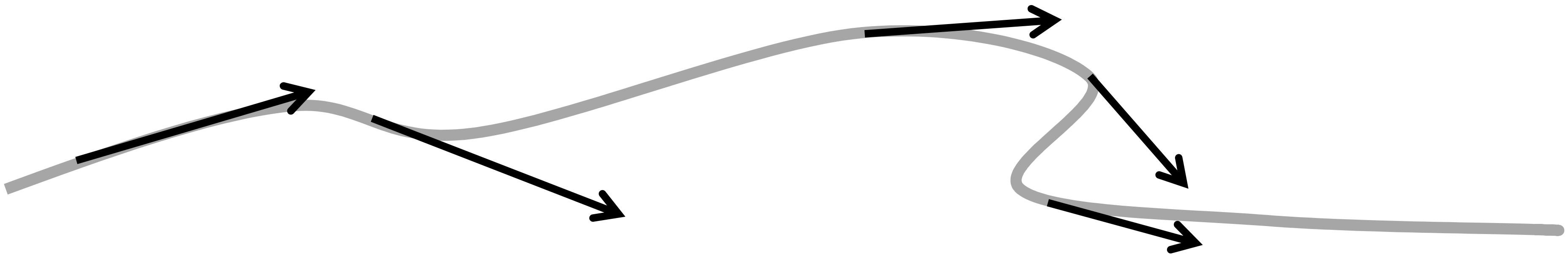
Př. 2: Nakresli vektory okamžité rychlosti běžce na 100 m dráze.



Př. 3: Nakresli vektory okamžité rychlosti některých bodů otáčejícího se CD (proti směru hodinových ručiček).



Př. 4: Nakresli vektory okamžité rychlosti auta na některých místech silnice.



2.4 Rovnoměrný přímočarý pohyb HB

Velikost rychlosti se nemění. Za stejné doby stejná dráha.
Velikost okamžité rychlosti se rovná průměrné rychlosti.

$$v = konst. \qquad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

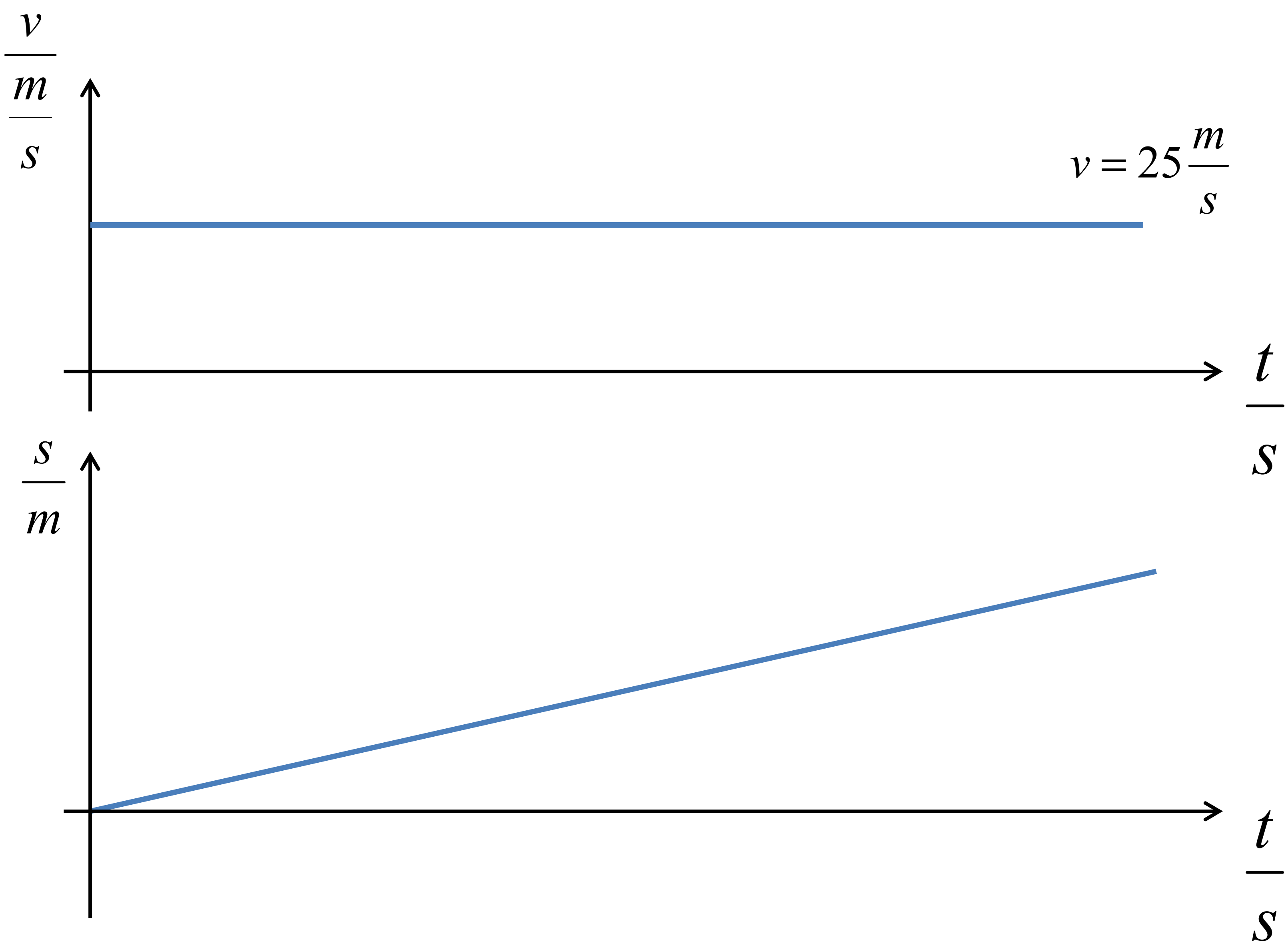
s_0 je počáteční dráha (vzdálenost od zvoleného počátečního bodu) v čase t_0

t_0 počáteční čas (na začátku měřeného úseku, často nula)

Je-li $s_0 = 0$ a $t_0 = 0$, pak $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{s}{t}$

Grafy rovnoměrného přímočarého pohybu HB

Znázorňujeme závislost rychlosti a dráhy na čase.



Př. 1: Zvol měřítka a narýsuj uvedené grafy pro 10 s pohybu.

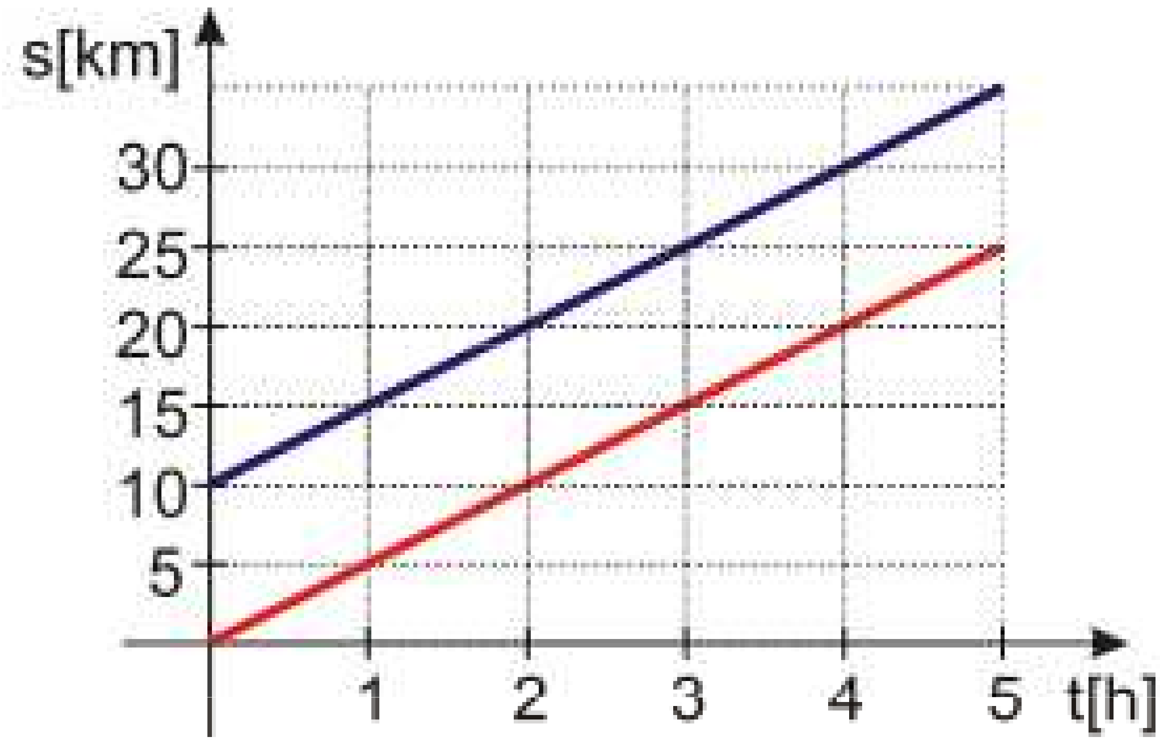
Př. 2: Nakresli pro každý z následujících pohybů grafy závislosti dráhy a rychlosti na čase. Ve všech bodech kresli graf pro prvních pět hodin popisovaného děje.

a) Turista šel tři hodiny rovnoměrně rychlostí 5 km/h a pak se utábořil,

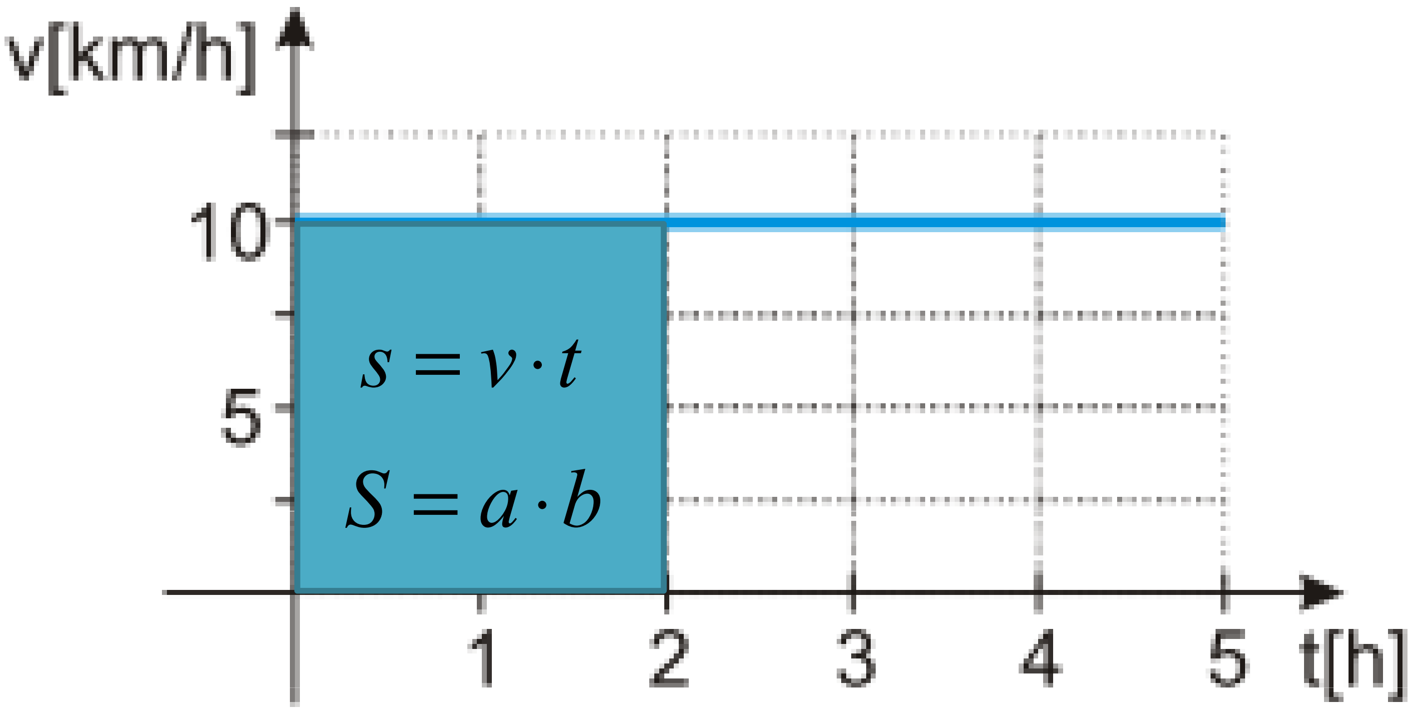
b) turista hodinu čekal a pak šel rovnoměrně rychlostí 5 km/h,

c) turista pospíchal hodinu rychlostí 5 km/h na schůzku, která trvala hodinu, a pak pokračoval v původních směru rychlostí 3 km/h.

Př. 3: Na obrázku jsou grafy pohybu dvou turistů Karla (modrý graf) a Honzy (červený graf) během prvních pěti hodin jejich pohybu. Urči jejich rychlosti. Nakresli do druhého obrázku grafy rychlosti obou turistů.



Př. 4: Na obrázku je nakreslen graf rychlosti rovnoměrného pohybu. Vyznač v grafu dráhu, kterou urazí předmět za první dvě hodiny.



Vztah $s = v \cdot t$ platí pouze pro rovnoměrný pohyb, ale plocha pod čarou závislosti $v - t$ vždy odpovídá dráze, kterou těleso urazilo.

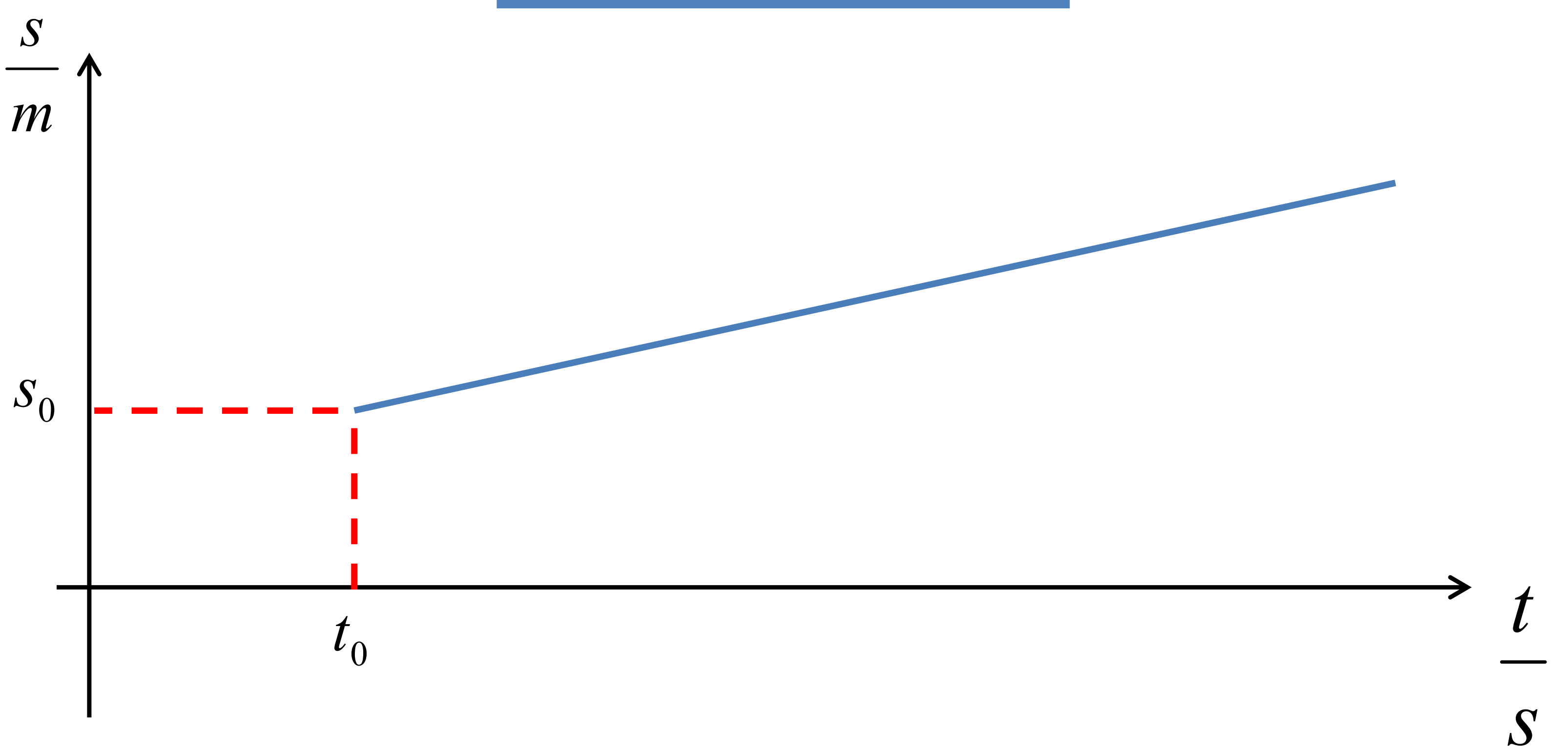
Př. 5: Odvoďte z obecného vztahu pro rychlost rovnoměrného pohybu vztah pro výpočet dráhy.

$$v = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$ Vynásobíme rovnici výrazem *$(t - t_0)$:*

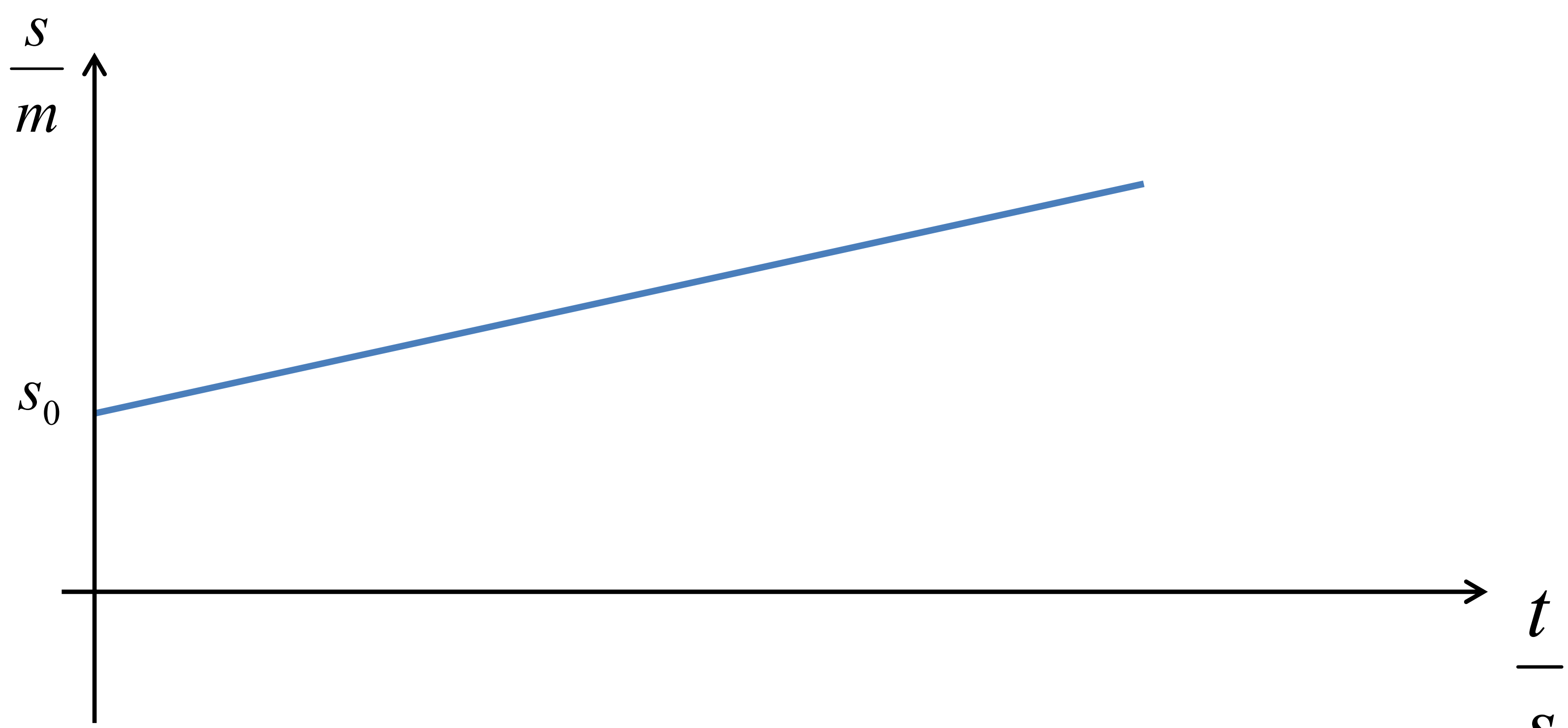
$$v(t - t_0) = s - s_0$$ Převedeme s_0 na druhou stranu:

$$v(t - t_0) + s_0 = s$$

$$\boxed{s = s_0 + v(t - t_0)}$$



Je-li $t_0 = 0$, pak pro s platí: $s = s_0 + vt$

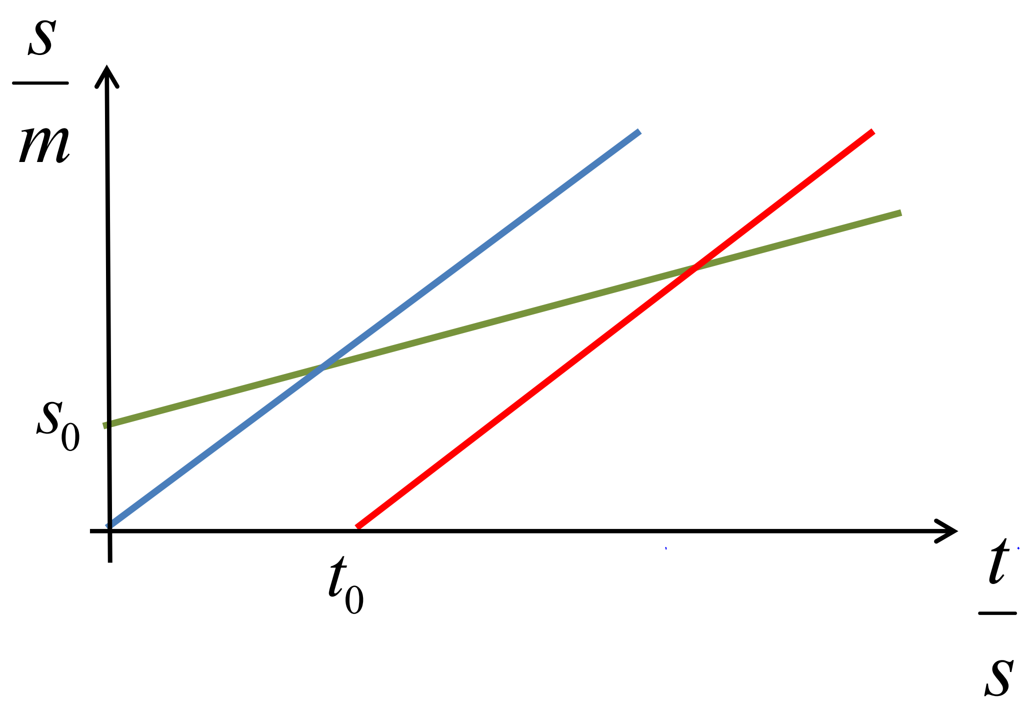


Je-li také $s_0 = 0$: $s = vt$

Pro popis jednoho pohybu si zpravidla vystačíme s posledním jednoduchým vztahem - zvolíme si t_0 *a* s_0 do počátku.

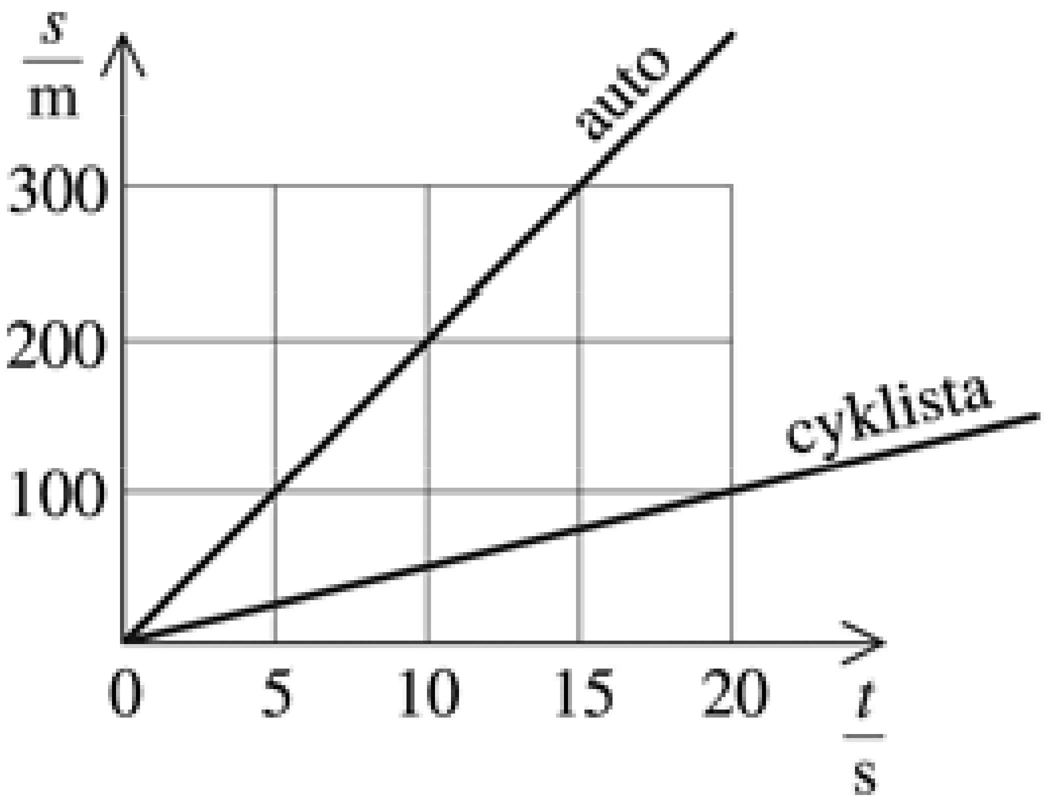
U pohybů více těles (zpravidla dvou) vycházíme z obecnějších vzorců.

Př. 6: Popište rozdíly u následujících pohybů:



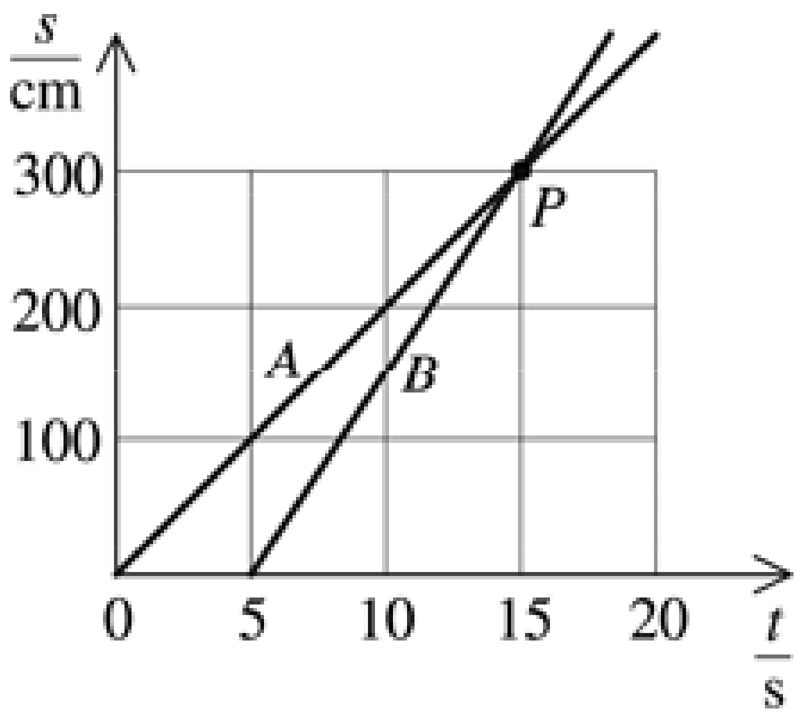
Fyzika – úlohy na straně 39
Sbírka úloh – úlohy 2.13 až 2.25

Př. 2.18: Na obrázku jsou nakresleny grafy závislosti dráhy na čase automobilu a cyklisty. Z grafu určete a) jak velkou rychlostí se pohybuje automobil a jak velkou rychlostí cyklista, b) jakou dráhu urazí za dobu 15 s automobil a jakou dráhu cyklista.



Př. 2.21: Hmotný bod A se začne z určitého místa pohybovat po přímce stálou rychlostí 20 cm · s^{-1}. Za dobu 5 s se začne z téhož místa pohybovat ve stejném směru bod B stálou rychlostí 30 cm · s^{-1}. Za jakou dobu od startu hmotného bodu A a v jaké vzdálenosti od místa startu se budou oba hmotné body míjet? Řešte početně a graficky.

U početního řešení začínáme náčrtem. Poté napíšeme rovnice, které vyplývají ze zadání. Dráha a čas měřené od počátku jsou u obou bodů stejné.



Co platí o dráze?

$s_A = s_B$

$s_A = v_A t$

$s_B = v_B (t - t_B)$

Př. 2.24: Ze dvou míst, jejichž vzdálenost je 6 km, vyjedou současně proti sobě traktor a motocykl. Traktor jede rychlostí 36 km · h^{-1}, motocykl rychlostí 72 km · h^{-1}. U obou vozidel předpokládáme stálou rychlost po celou dobu jízdy. Za jakou dobu a v jaké vzdálenosti od místa startu traktoru se vozidla setkají?

Náčrt. Co platí o dráze?

$s = s_1 + s_2$

$s_1 = v_1 t$

$s_2 = v_2 t$

200 s, 2 km

2.25 Na přímé silnici předjíždí osobní auto pomalejší autobus tak, že začne předjíždět v odstupu 20 m od autobusu a po předjetí se před něj zařadí opět v odstupu 20 m. Osobní auto předjíždí stálou rychlostí 72 km · h^{-1}, autobus jede stálou rychlostí 54 km · h^{-1}. Délky vozidel jsou 5 m a 15 m. Jakou dobu předjíždění trvá a jakou dráhu k tomu osobní auto potřebuje?

Náčrt. Co platí o dráze?

$s_2 = s_1 + 60$

$s_1 = v_1 t$

$s_2 = v_2 t$

12 s, 240 m

2.4 Nerovnoměrný pohyb HB

Velikost vektoru **v** se mění. Např. auto zrychluje.

Fyzikální veličina, která charakterizuje časovou změnu vektoru rychlosti, se nazývá **zrychlení** hmotného bodu a značí se **a** (od anglického acceleration).

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

2.5 Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb HB

Nejjednodušší případ **nerovnoměrného** pohybu.
Za stejné doby stejné změny velikosti rychlosti.
Pozn. V tomto případě pouze změna velikosti rychlosti.
Obecně i změna směru je změna rychlosti.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Př. 1: Odvoďte jednotku zrychlení.

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

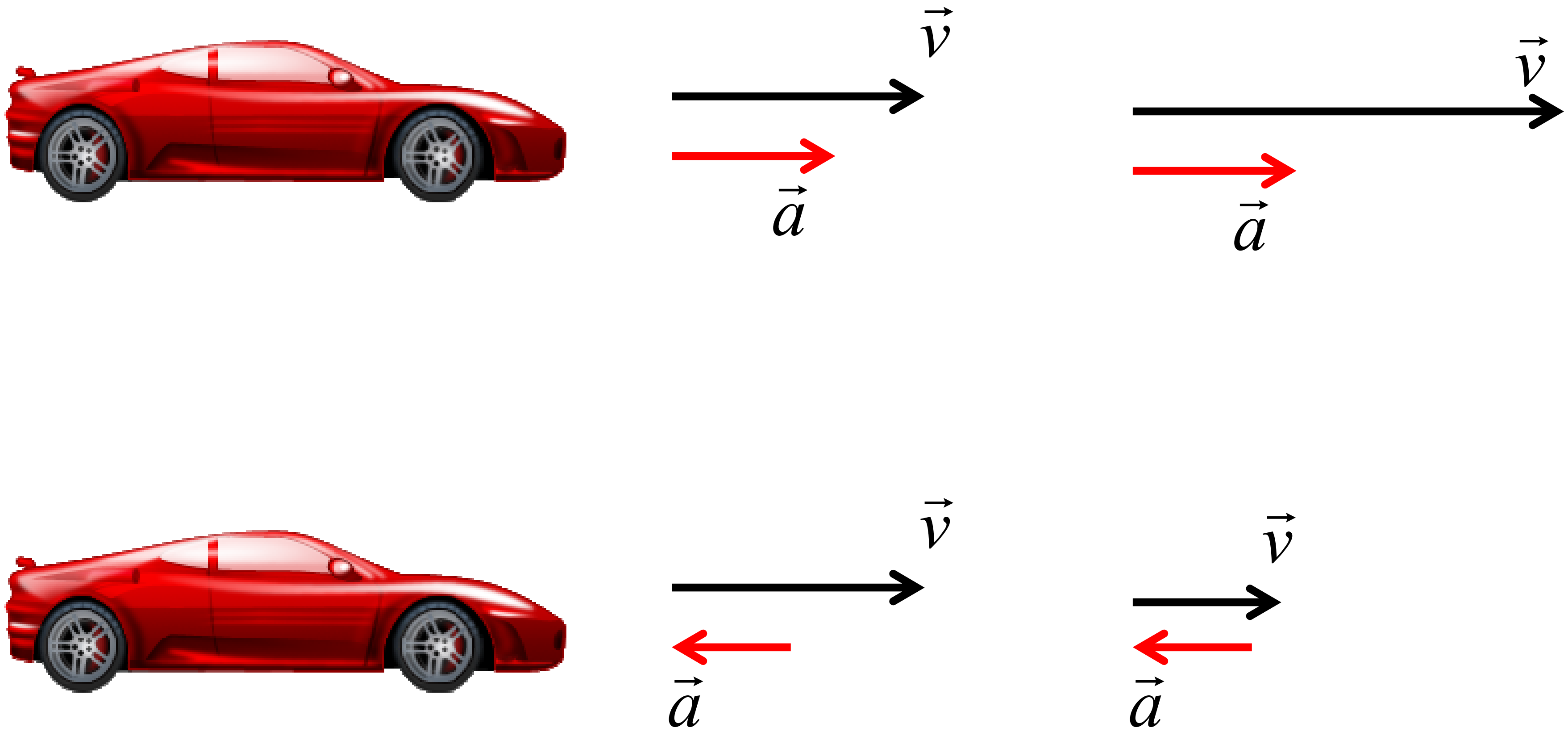
Př. 2: Co znamená zrychlení 1 m · s^{-2}?

1 m s^{-2} znamená, že těleso každou sekundu zrychluje o 1 m·s^{-1}. Např. z rychlosti 10 m · s^{-1} na 11 m · s^{-1}.

Př. 3: Jedním z údajů uváděných při testech automobilů je zrychlení z 0 na 100 km/h. BMW 330d zrychlí z 0 na 100 km/h za 6 s. Urči zrychlení tohoto automobilu.

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v-v_0}{t-t_0}=\frac{27{,}8-0}{6-0}=4{,}6\,m\,s^{-2}$$

Směr zrychlení je buď stejný jako směr rychlosti nebo opačný (rovnoměrně zpomalený pohyb).



2.5.1 Velikost okamžité rychlosti

Př. 1: Odvoďte vztah pro výpočet rychlosti, známe-li zrychlení. Čas t_0 bude vždy roven nule.

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a\,t = v - v_0$$

$$\boxed{v = v_0 + a\,t}$$

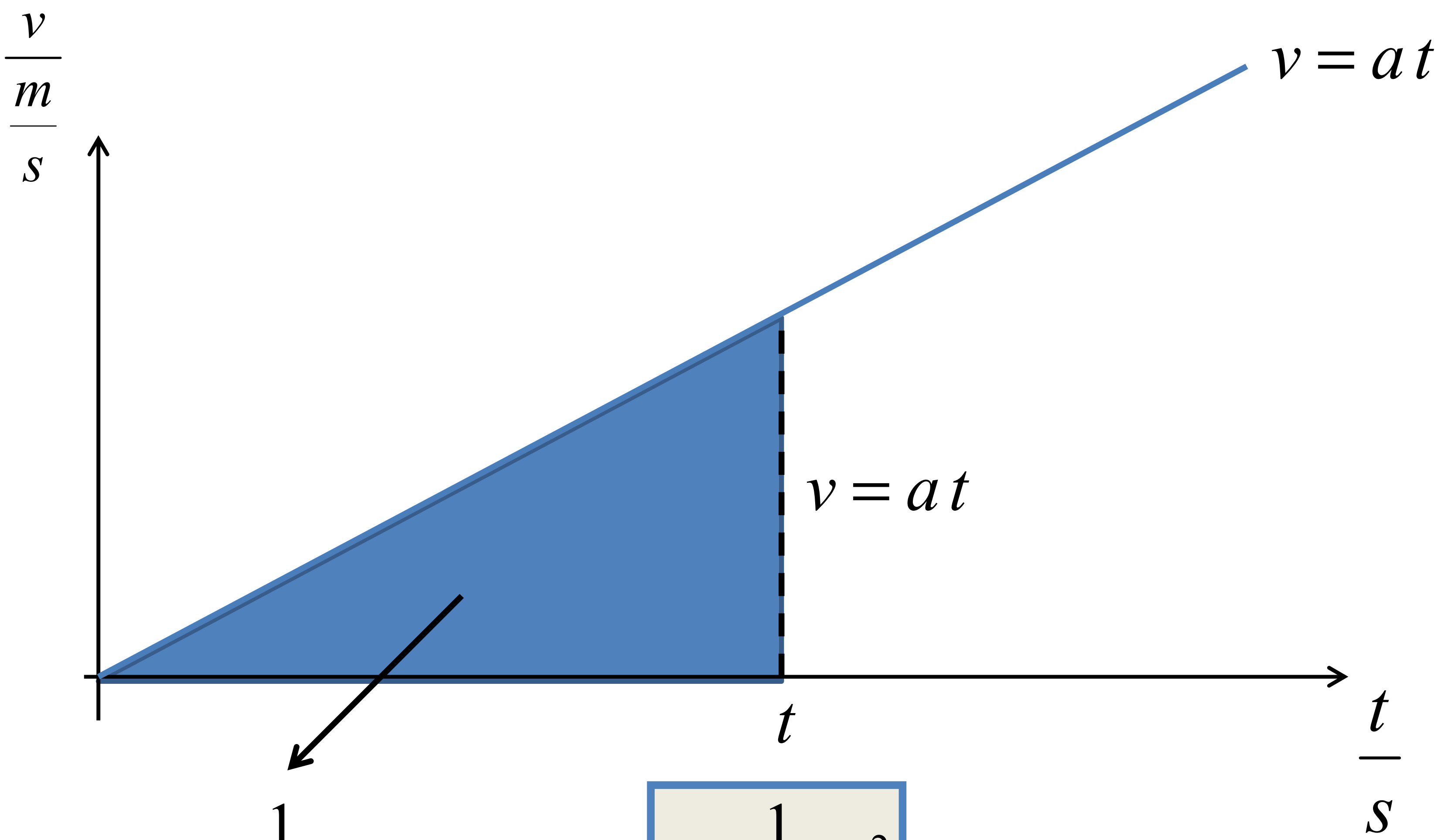
Př. 2: Řidič po projetí vesnice rychlostí 50 km/h šlápne na plyn a začne zrychlovat se zrychlením 2,1 m/s^2 . Urči jeho rychlost po pěti sekundách.

Řidič zrychlil na 87,8 km/h

2.5.2 Velikost dráhy

Závislost rychlosti na čase je lineární (přímka).

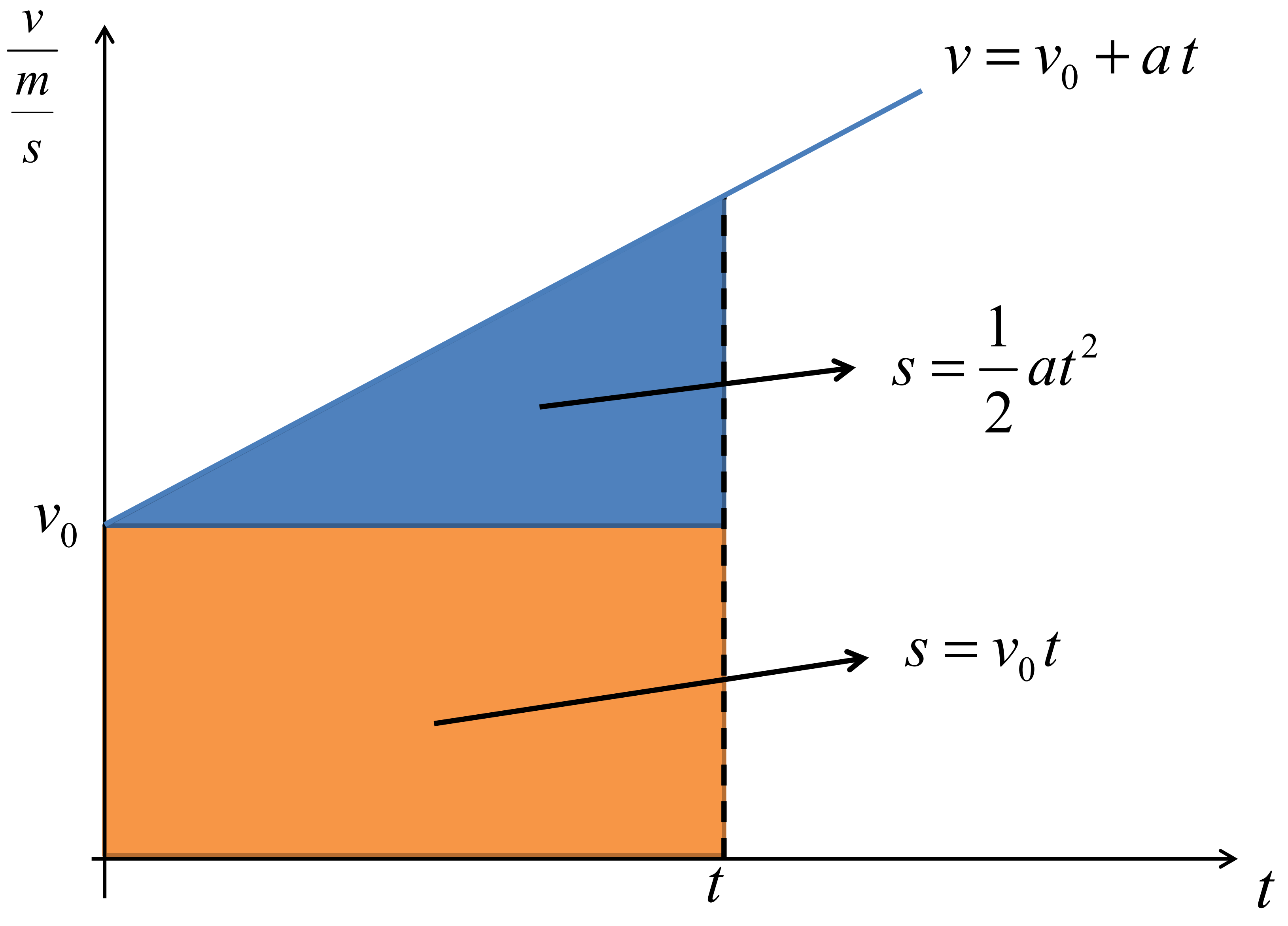
Dráhu odvodíme z toho, že plocha pod čarou odpovídá uražené dráze. Je-li v_0 = 0, pak:



$$s = \frac{1}{2} t\, v$$

$$\boxed{s = \frac{1}{2} a t^2}$$

Zrychluje-li hmotný bod z nějaké rychlosti v_0:



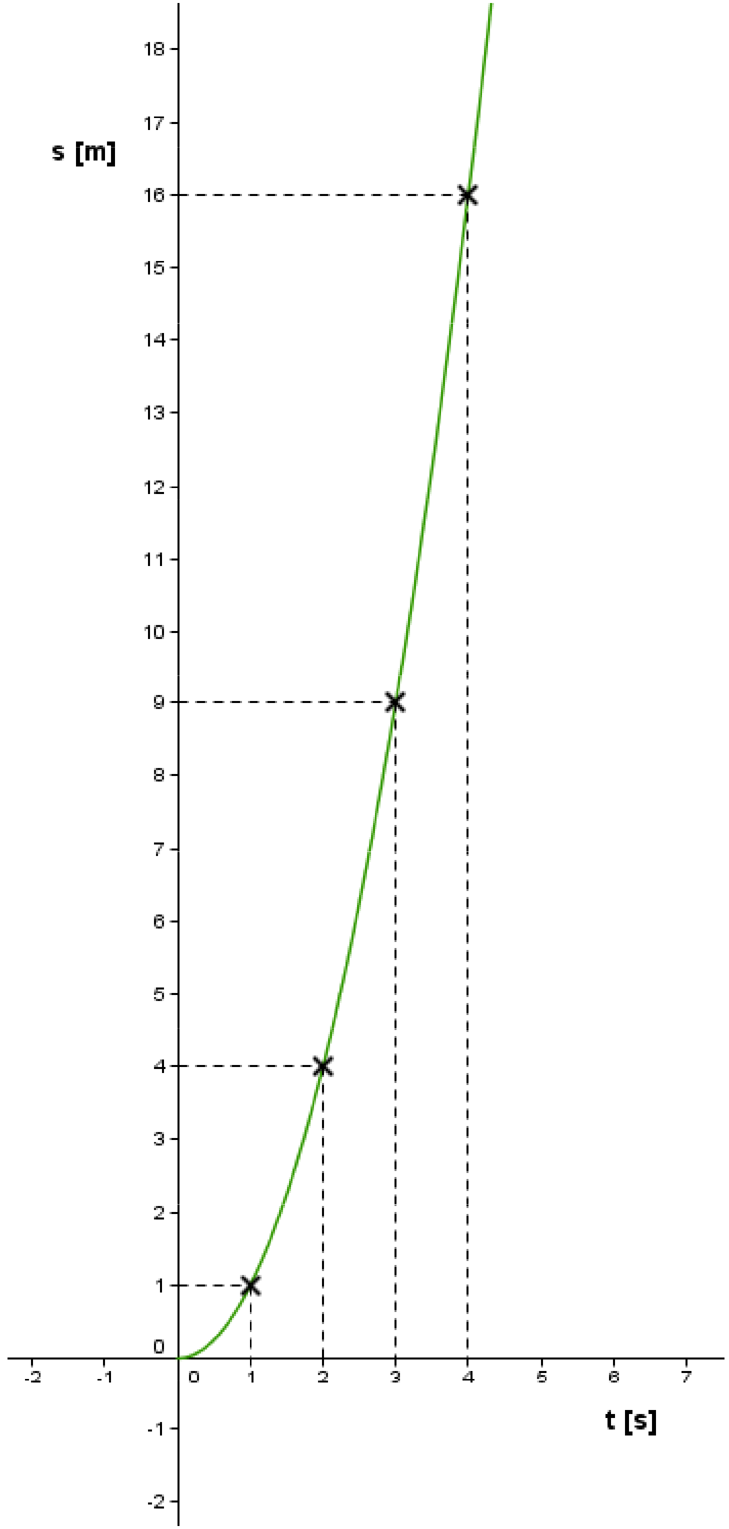
$$\boxed{s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2}$$

Př. 1: Narýsujte prvních 5 s závislosti dráhy na čase rovnoměrně zrychleného pohybu pro zrychlení a = 2 m · s^{-2}. Počáteční rychlost je nulová.

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

t	0	1	2	3
s	0	1	4	9

Grafem dráhy tohoto pohybu je kvadratická funkce.



Fyzika – úlohy na straně 43, 48

Sbírka úloh – úlohy 2.37 až 2.58

Př. 2: Řidič po projetí vesnice rychlostí 50 km/h šlápne na plyn a začne zrychlovat se zrychlením 2,1 m/s^2 . Urči jeho rychlost po pěti sekundách. Kolik metrů od cedule při tom ujel?

Řidič zrychlil na 87,8 km/h a ujel při tom 95,7 m.

Př. 3: Jedním z údajů uváděných při testech automobilů je zrychlení z 0 na 100 km/h. BMW 330d zrychlí z 0 na 100 km/h za 6 s. Jakou dráhu přitom ujede?

83,3 m

2.37 Kulička, kterou položíme na nakloněnou rovinu, se začne pohybovat a za dobu 5 s dosáhne rychlosti $1\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Za předpokladu, že pohyb kuličky je rovnoměrně zrychlený, určete velikost jejího zrychlení a dráhu, kterou za uvedenou dobu urazí.

$0{,}2\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, 2,5 m

2.38 Závodní automobil se rozjíždí z klidu rovnoměrně zrychleně a za dobu 5 s ujede dráhu 50 m. S jak velkým zrychlením se pohybuje?

$4\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

2.39 Cyklista, který jede rychlostí $3\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, začne prudce šlapat a za dobu 8 s zvýší rychlost na $7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Za předpokladu, že se pohybuje rovnoměrně zrychleně, určete a) velikost zrychlení cyklisty, b) dráhu, kterou zrychleným pohybem ujede.

$0{,}5\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, 40 m

Rovnoměrně zpomalený přímočarý pohyb HB

V některých učebnicích se objevují upravené vztahy pro tento pohyb.

$$\boxed{v = v_0 + a\,t} \longrightarrow v = v_0 - a\,t$$

$$\boxed{s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2} \longrightarrow s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$$

Přesnější je používat základní vztahy a zápornou hodnotu zrychlení, pokud se jedná o zpomalený pohyb (vektor zrychlení má opačný směr než rychlost).

Např.:

v = 25 m · s^{-1}

a = -2,3 m · s^{-2}

$\vec{v}$

$\vec{a}$

2.49 Traktor jede po přímé silnici rychlostí 15 $m \cdot s^{-1}$. Řidič traktoru začne brzdit se zrychlením 2 $m \cdot s^{-2}$. Určete a) velikost rychlosti a dráhu traktoru za 5 s od chvíle, kdy začal brzdit, b) dobu, za kterou zastaví.

5 $m \cdot s^{-1}$, 50 m, 7,5 s

2.50 Velikost rychlosti vlaku se během 50 s zmenšila ze 72 $km \cdot h^{-1}$ na 36 $km \cdot h^{-1}$. Za předpokladu, že pohyb vlaku je rovnoměrně zpomalený, určete velikost jeho zrychlení a dráhu, kterou při tom ujede.

-0,2 $m \cdot s^{-2}$, 750 m

2.51 Automobil brzdí se zrychlením 5 $m \cdot s^{-2}$. Určete brzdnou dráhu automobilu, je-li jeho počáteční rychlost a) 54 $km \cdot h^{-1}$, b) 108 $km \cdot h^{-1}$. Vypočítané brzdné dráhy vzhledem k daným rychlostem porovnejte.

22,5 m, 90 m, dvojnásobná rychlost $\Rightarrow$ čtyřnásobná dráha

2.6 Volný pád

Volný pád je ve fyzice definován dvěma podmínkami:

1. počáteční rychlost je nulová (jinak hovoříme o vrhu),
2. probíhá ve vakuu v blízkosti povrchu Země.

Pokus: Pingpongový míček a golfový míček pustíme ze stejné výšky. Golfový je 20 krát těžší. Který dopadne dřív a proč?

Odpor vzduchu ovlivňuje výsledek, ale dopadají téměř současně. V Newtonově trubici dopadají stejně brok a peříčko.

Všechna tělesa padají volným pádem se stejným a stálým zrychlením. Říkáme mu **tíhové zrychlení** a označujeme *g*.
V našich zeměpisných šířkách $g = 9{,}81\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$

Pak platí: $v = gt$ $s = \frac{1}{2} g t^2$

Př. 1: Jaká bude rychlost tělesa, které padá volným pádem po první sekundě, druhé, třetí…

Za 1 sekundu od vypuštění asi 10 m s^{-1}, za 2 s 20 m s^{-1}, za 3 s 30 m s^{-1} = 108 km h^{-1}

Př. 2: Jak můžeme měřit výšku nebo hloubku pomocí času?

Změříme čas, za který např. kámen poletí z vrcholu na zem a vypočítáme dráhu.

2.63 Jak hluboká je propast Macocha, jestliže volně puštěný kámen dopadne na její dno za dobu 5,25 s? Odpor vzduchu neuvažujte.

138 m

Fyzika – úlohy na straně 51

Sbírka úloh – úlohy 2.59 až 2.67

2.62 Těleso padá volným pádem z výšky 80 m. Určete a) dobu, za kterou dopadne na zem, b) velikost rychlosti dopadu**.**

4 s, 40 m s^{-1}

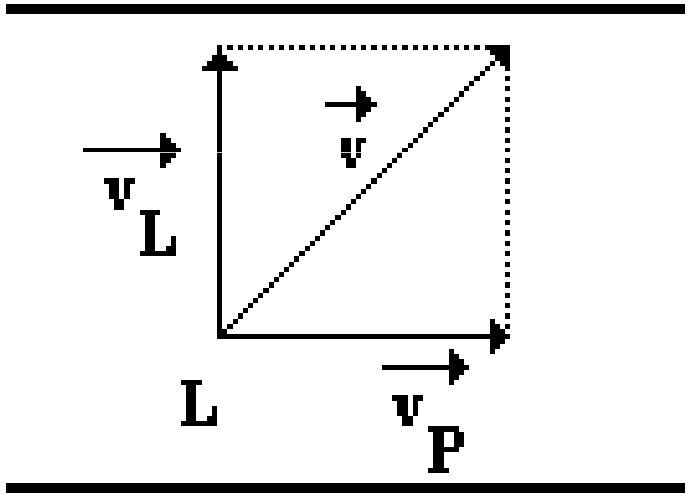
2.61 Jakou dráhu urazí těleso při volném pádu během čtvrté sekundy pohybu?

35 m

2.7 Skládání pohybů a rychlostí

Příklad: Loďka L pluje kolmo ke břehu a unáší ji proud.

Výsledná rychlost je vektorovým součtem rychlostí.



Koná-li hmotný bod dva nebo více pohybů, je jeho výsledná poloha taková, jako kdyby konal tyto pohyby postupně, každý po dobu *t*.

Př. 1: Vypočítejte dráhu loďky v předchozím příkladu, je-li rychlost proudu 5 m s^{-1}, rychlost lodi 6 m s^{-1} a čas pohybu 5s.

25 m, 30 m, 39 m, úhel 50°

Fyzika – úlohy na straně 54

Sbírka úloh – úlohy 2.26 až 2.36

2.26 Na klidné hladině jezera pluje výletní loď stálou rychlostí 3 m · s^{-1}. Po palubě lodi jde cestující A ve směru pohybu lodi rychlostí 3 m · s^{-1} a cestující B proti směru pohybu lodi rychlostí 3 m · s^{-1}. Cestující C stojí na jednom místě paluby. Jak velkou rychlostí se pohybují jednotliví cestující vzhledem ke klidné hladině jezera?

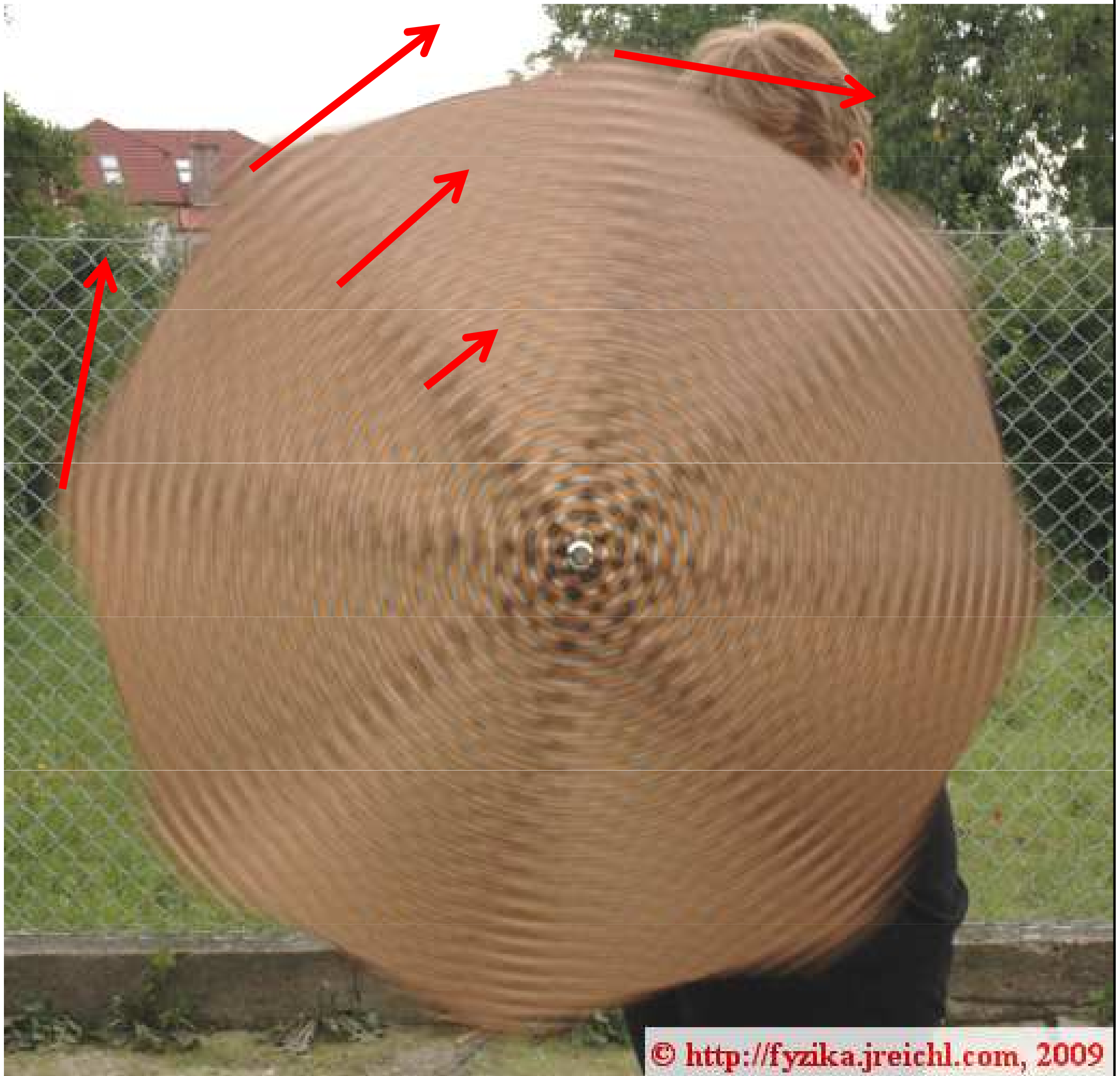
2.8 Rovnoměrný pohyb HB po kružnici (rotační pohyb)

Nejjednodušší křivočarý pohyb. Velikost rychlosti se nemění. Směr vektoru rychlosti ano.

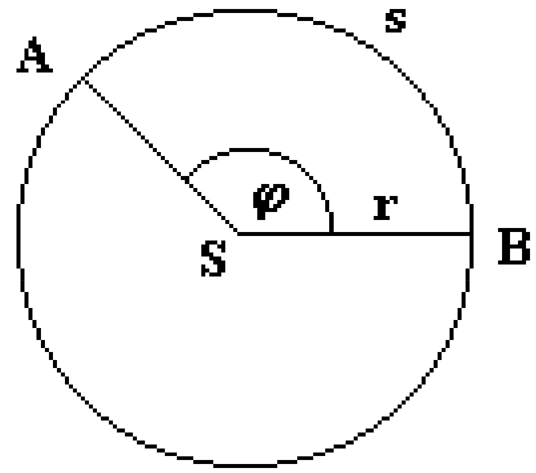
Rychlost všech bodů však není stejná!

Měření délky kružnice (kružnicového oblouku) je obtížné.

Proto tento pohyb popisujeme jinak. Např. počtem otáček za sekundu či minutu.



Při sledování pohybu po kružnici je výhodnější měřit úhel otočení φ, který urazí libovolný bod na otáčejícím se předmětu.



Měření úhlu v radiánech

Radián (značka rad) je zvláštní bezrozměrná (poměrová) jednotka.

V radiánech měříme fyzikální veličinu **úhlová dráha**:

$$\boxed{\varphi = \frac{s}{r}}$$

Jeden radián je úhel, kdy bude dráha oblouku stejná jako poloměr.

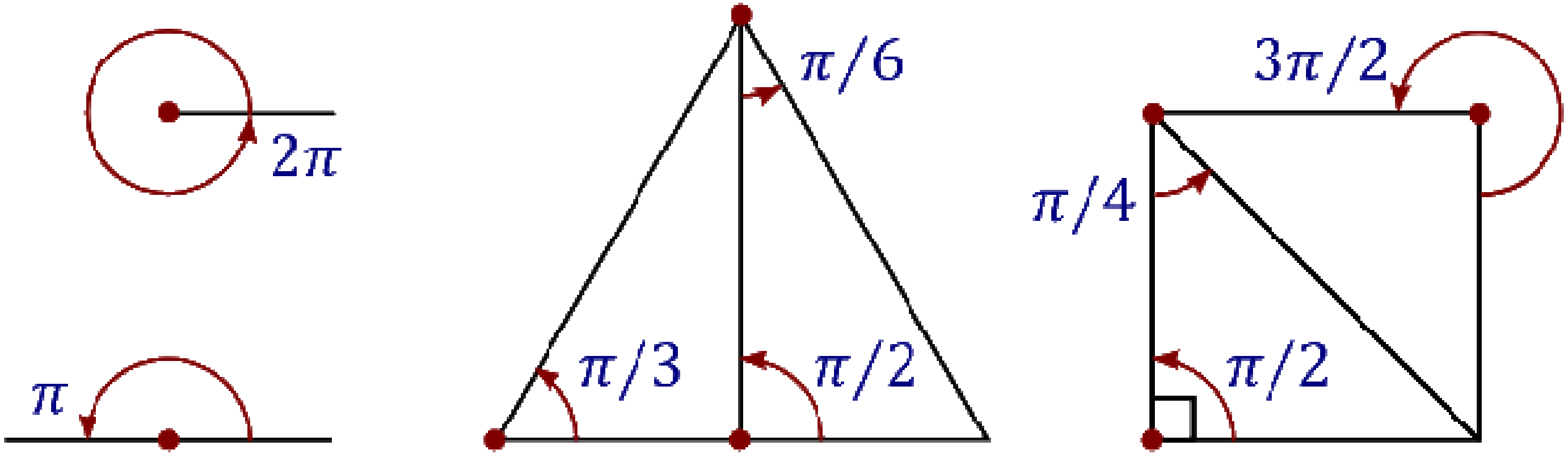
Výhoda počítání v radiánech je, že dráhu libovolného bodu vypočítáme: $s = \varphi r$

Př. 2: Najdi převodní vztah mezi radiány a:

a) otáčkami   b) stupni

Pro 1 otáčku = 360° platí: $\varphi = \dfrac{s}{r} = \dfrac{2\pi r}{r} = 2\pi\, rad$

$$2\pi\, rad = 360° \qquad 1\, rad = \frac{360°}{2\pi} = 57{,}3°$$



Úhlová rychlost

- fyzikální veličina

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

Jednotka: $[\omega] = \frac{rad}{s} = s^{-1}$

Je-li $\varphi_0 = 0$ a $t_0 = 0$, bude úhlová dráha (úhel) $\varphi = \omega t$

Otáčivý pohyb je pohyb periodický, pak jedna otáčka trvá dobu jedné periody:

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$$

Za T dosadíme 1/f a dostaneme:
Kde f je frekvence v Hz. Také s^{-1}.

$$\boxed{\omega = 2\pi f}$$

Úhlová rychlost a obvodová rychlost

Z rovnice pro úhlovou dráhu: $s = r\,\varphi$ $\qquad \Delta s = r\Delta\varphi$

Pak pro rychlost: $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{r\Delta\varphi}{\Delta t} = r\omega$

$$\boxed{v = r\,\omega}$$

Učebnice str. 58

2.68 Hmotný bod koná rovnoměrný pohyb po kružnici o poloměru 50 cm s frekvencí 2 Hz. Určete periodu a velikost rychlosti hmotného bodu. 0,5 s; 6,3 m · s^{-1}

2.69 Hmotný bod koná rovnoměrný pohyb po kružnici s oběžnou dobou 5 s. Určete jeho frekvenci a úhlovou rychlost.

0,2 Hz; 1,3 rad · s^{-1}

2.70 Vypočítejte velikost rychlosti Měsíce při jeho pohybu kolem Země. Předpokládejte, že se Měsíc pohybuje po kružnici o poloměru 3,84 · 10^{5} km s periodou 27,3 dne. 1 km · s^{-1}

2.71 Jaká je úhlová rychlost otáčení Země kolem zemské osy?

7,3 · 10^{-5} rad · s^{-1}

2.73 Vrtule letadla se otáčí úhlovou rychlostí 200 rad · s^{-1}. a) Jak velkou rychlostí se pohybují body na koncích vrtule, jejichž vzdálenost od osy je 1,5 m? b) Jakou dráhu uletí letadlo během jedné otočky vrtule, letí-li rychlostí 540 km · h^{-1}?

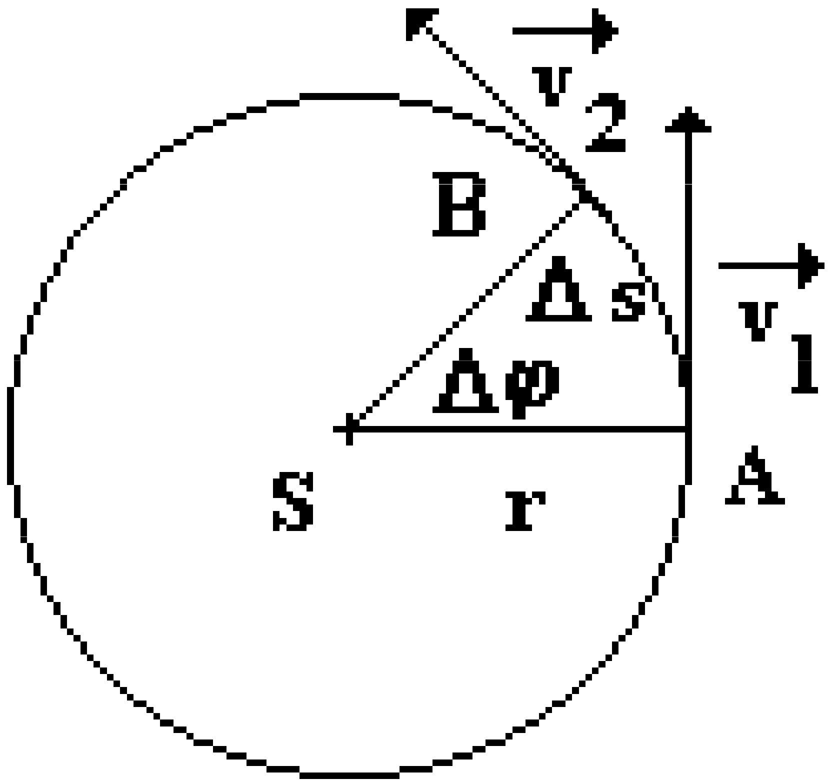
a) 300 m · s^{-1}; b) 4,7 m

Zrychlení při rovnoměrném pohybu po kružnici

Př. 1: Nakreslete na trajektorii kruhového pohybu ve čtyřech bodech vektor rychlosti.

I změna směru rychlosti způsobí nenulové zrychlení.

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



Pro malé Δt je vektor zrychlení kolmý na rychlost a směřuje do středu kružnice (lze vyzkoušet na velkém poloměru a malém úhlu φ).

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$$

Zrychlení směřuje do středu – **dostředivé**.
Je ve směru normály – **normálové**.

Souvisí s působením síly, která zakřivuje dráhu. Síla působí do středu otáčení.

Velikost tohoto zrychlení vypočítáme:

$$\boxed{a_d = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r}$$

Fyzika – úlohy na straně 60.

2.74 Kolo o poloměru 0,4 m se otáčí úhlovou rychlostí 31,4 rad · s^{-1}. Určete velikost rychlosti bodů na obvodu kola a velikost jejich normálového zrychlení.

400 m · s^{-2}

2.75 Automobil projíždí zatáčkou o poloměru 50 m rychlostí o stálé velikosti 36 km · h^{-1}. Jak velké je normálové zrychlení automobilu v zatáčce?

2 m · s^{-2}

2.76 Setrvačník koná 450 otáček za minutu. Určete velikost normálového zrychlení bodů setrvačníku, které jsou ve vzdálenosti 10 cm od osy otáčení. Kolikrát se zvětší velikost zrychlení těchto bodů, zvětší-li se počet otáček na dvojnásobek?

220 m · s^{-2}; čtyřikrát

2.77 Hnací mechanismus automobilu má zařízení, které umožňuje, aby se každé hnací kolo, na něž se přenášejí otáčky motoru, otáčelo různou úhlovou rychlostí. Jaký má význam toto zařízení?

Autor prezentace a ilustrací:

Ing. Jakub Ulmann

Fotografie použité v prezentaci:

Na snímku 1: Ing. Jakub Ulmann

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Localcloud_frisch_big.gif

Na snímku 48:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Radian-common.svg

Použitá literatura a zdroje:

[1] RNDr. Milan Bednařík, CSc., doc. RNDr. Miroslava Široká, CSc.: Fyzika pro gymnázia - Mechanika, Prometheus, Praha 2007

[2] Doc. RNDr. Oldřich Lepil, CSc., RNDr. Milan Bednařík, CSc., doc. RNDr. Miroslava Široká, CSc.: Fyzika – Sbírka úloh pro střední školy, Prometheus, Praha 2010

[3] Mgr. Jaroslav Reichl: Klíč k fyzice, Albatros, Praha 2005

[4] Mgr. Jaroslav Reichl, www.fyzika.jreichl.com

[5] Mgr. Martin Krynický, www.realisticky.cz