

Mechanika

Kinematika

Daňková Kristýna
KristynaDankov@seznam.cz

- **MECHANIKA:** Obor fyziky, který se zabývá zákony mechanického pohybu těles a jejich vzájemným působením.
- Mechanika se dělí především na 2 odvětví
 - Kinematika: zajímá se o popis pohybu (trajektorie, dráha, rychlost, ...) zkoumá tedy **JAK** se příslušné těleso či hmotný bod pohybuje.
 - Dynamika: zkoumá **PROČ** se těleso pohybuje, tedy síly

Mechanický pohyb

- Pohyb jakéhokoliv tělesa vždy studujeme vzhledem k nějakému jinému tělesu, **vztažné soustavě**
- Vztažná soustava je soubor těles, která jsou v klidu a vůči nimž pohyb popisujeme
- Vztažnou soustavou mohou být skutečná tělesa (strom u silnice, divák na atletických závodech, ...) a nebo tělesa myšlená (soustava souřadnic, ...).

- Klid i pohyb jsou vždy relativní
- Na dálnici jede v pravém pruhu Škoda 120, v levém jede stejně velkou rychlostí Škoda Felicia. Felicia je vzhledem ke Škodě 120 v klidu, zatímco vzhledem ke stromům, stojícím podél dálnice, se pohybuje.
- Pohybující se těleso nahradíme **hmotným bodem** s hmotností tělesa, ale zanedbáváme rozměry.

Pohyb je relativní...

- Máme zaparkovaný automobil je pro nás tedy v klidu, protože nemění svoji polohu vzhledem k povrchu Země, ale je skutečně v klidu?

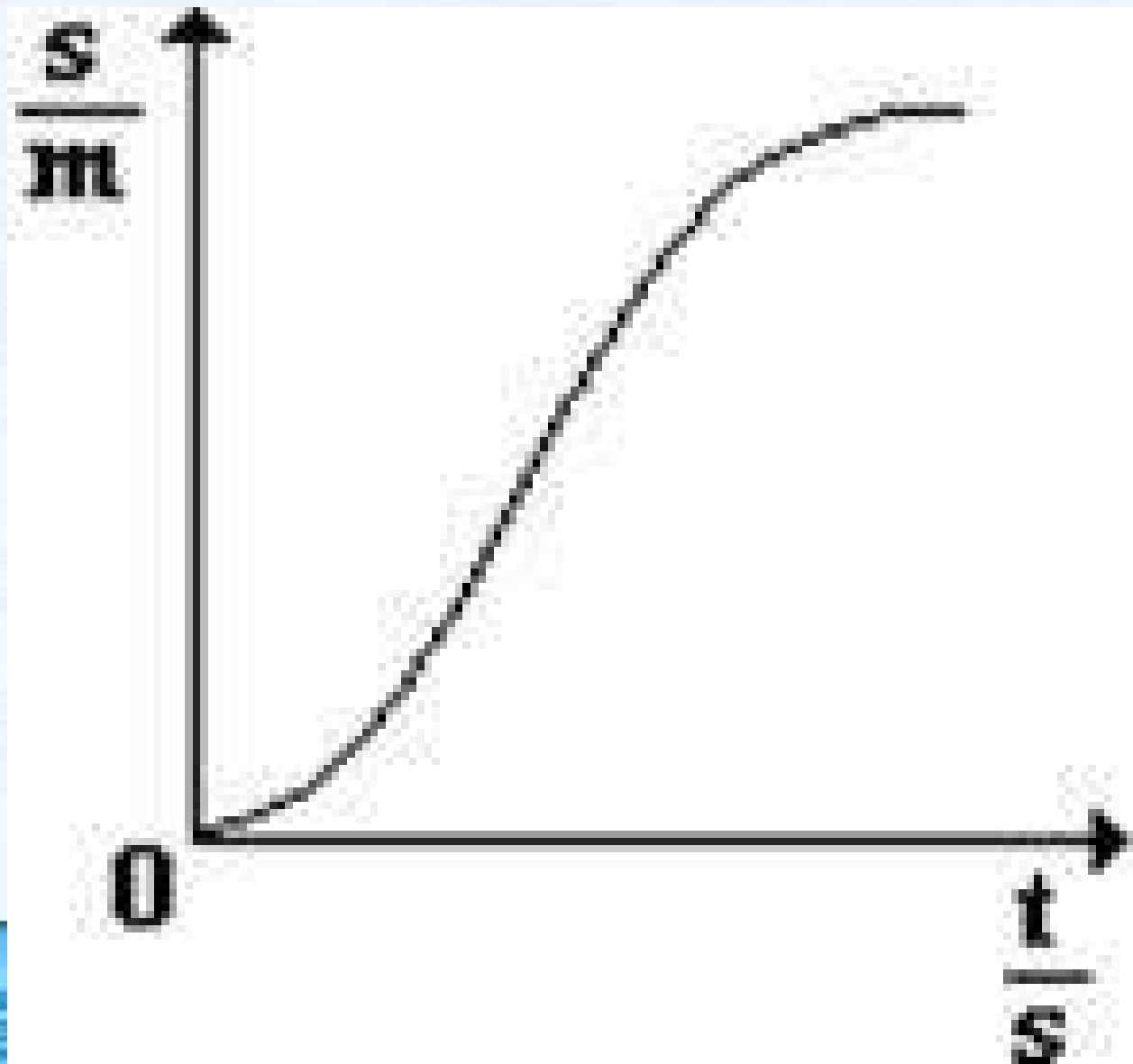
- **Absolutní klid neexistuje**

- Naše nejčastější vztažné těleso bude povrch Země

Trajektorie a dráha hm. bodu

- **Trajektorie**= souvislá čára kterou hm. bod při svém pohybu popisuje
- **přímočaré** – jsou ty pohyby, jejichž trajektorií je přímka nebo úsečka (pád kamene na zem, pohyb tužkou při rýsování podle pravítka, ...)
- **křivočaré** – jsou pohyby, které mají za trajektorii libovolnou křivku (psaní tužkou, let ptáka, pohyb lyžaře – slalomáře, pohyb Země kolem Slunce, ...).

- Délka trajektorie, kterou hmotný bod opíše za určitý čas t , se nazývá **dráha**.



Rychlost hm. bodu

- Průměrná rychlost v je podíl dráhy s a času t , za který hmotný bod urazí danou dráhu

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

- Rychlost vyjadřujeme v zákl jednotkách m/s, ale v praxi využíváme spíše km/h
- $1\text{m/s} = 3,6\text{ km/h}$

- Podle velikosti rychlosti dělíme pohyby na:
 - **rovnoměrné** – pohyby, u nichž je velikost rychlosti konstantní.
 - **nerovnoměrné** – pohyby, u nichž se velikost rychlosti s časem mění. Hmotný bod urazí tedy v libovolných, ale stejných časových intervalech různé úseky dráhy.

Rovnoměrný pohyb

- je takový pohyb, při němž hmotný bod urazí za libovolné, ale stejné, časové intervaly stejné úseky dráhy.

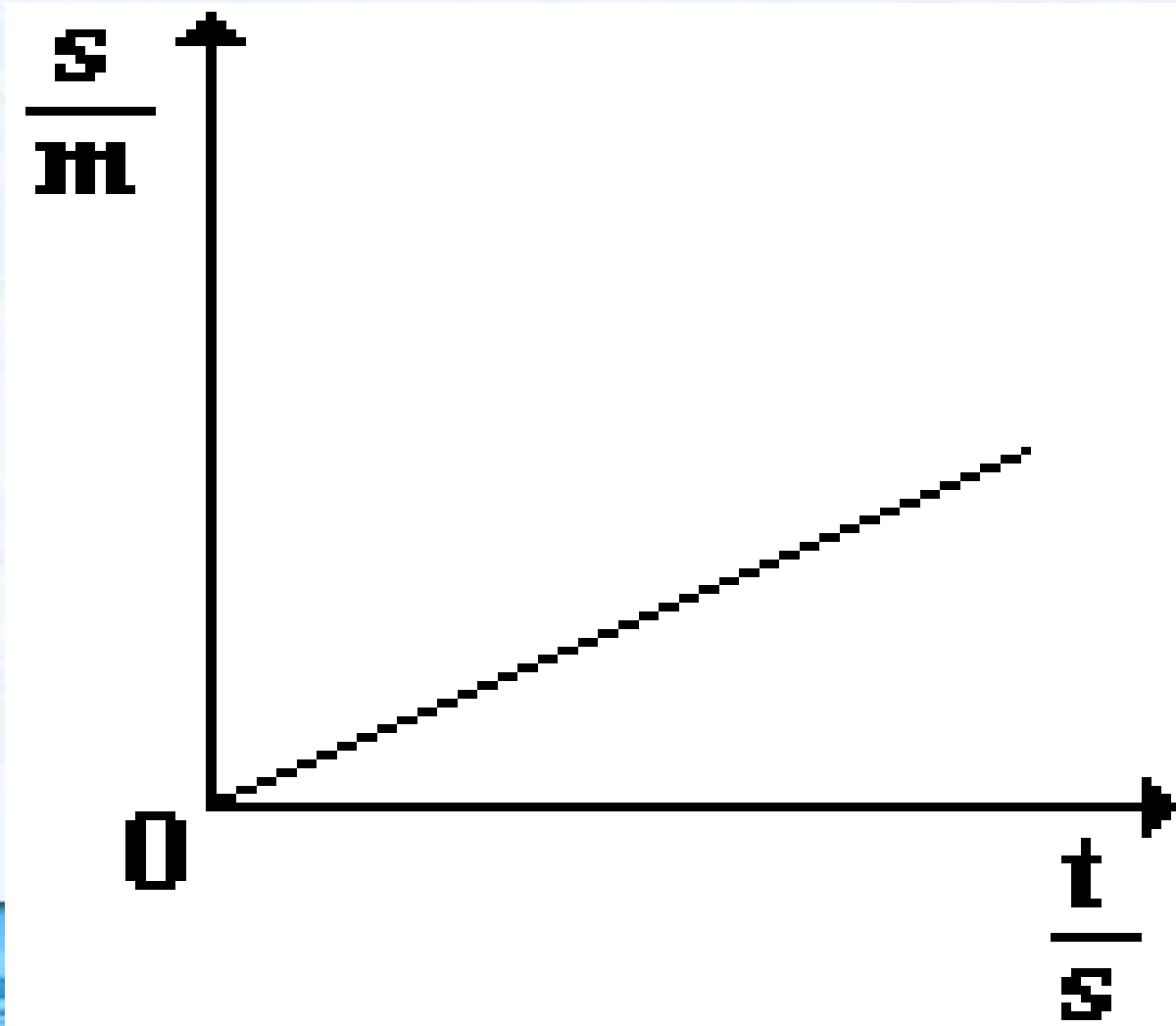
$$s = vt$$

$$s = s_1 + vt$$

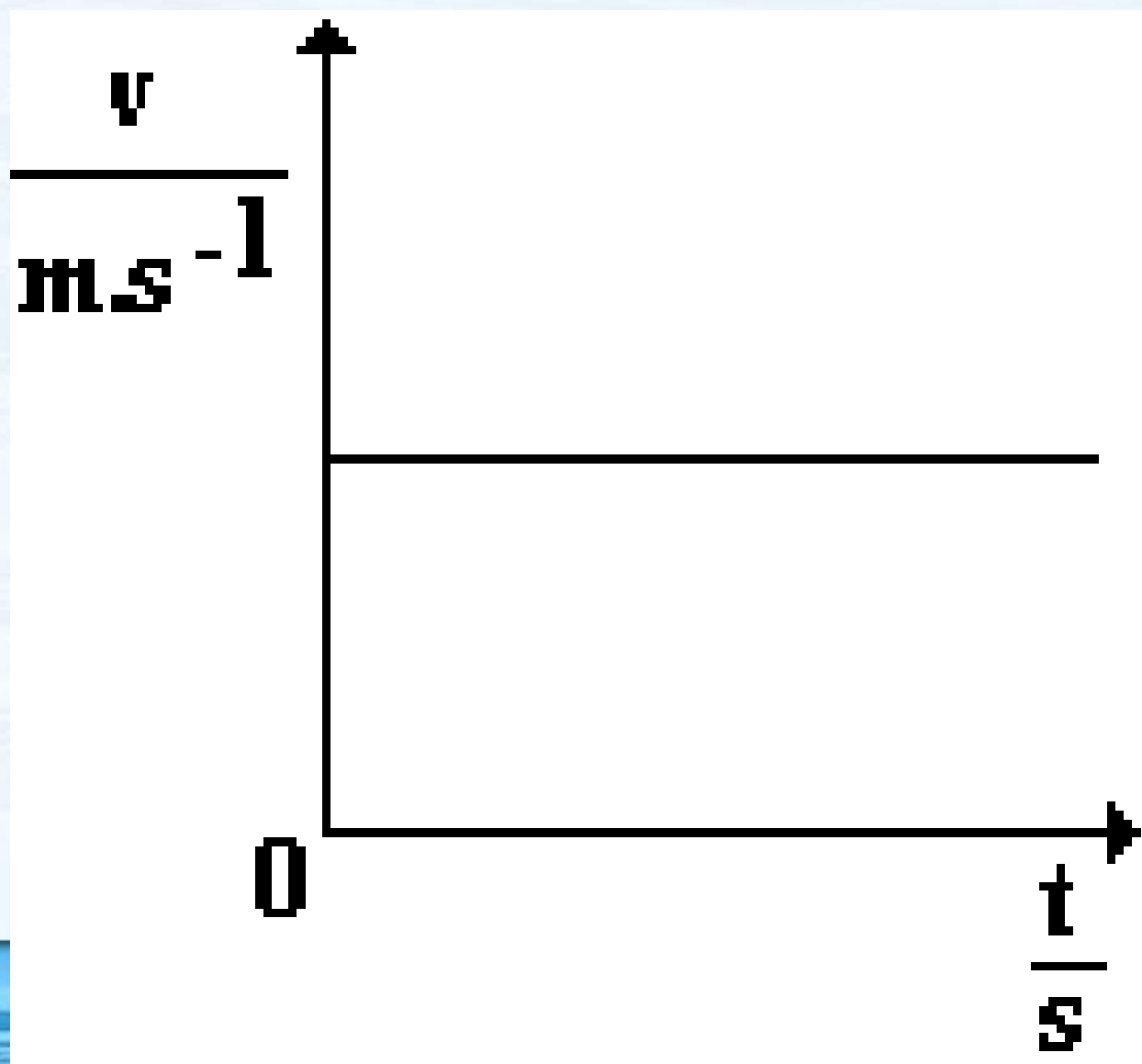
$$s = v(t - t_1)$$

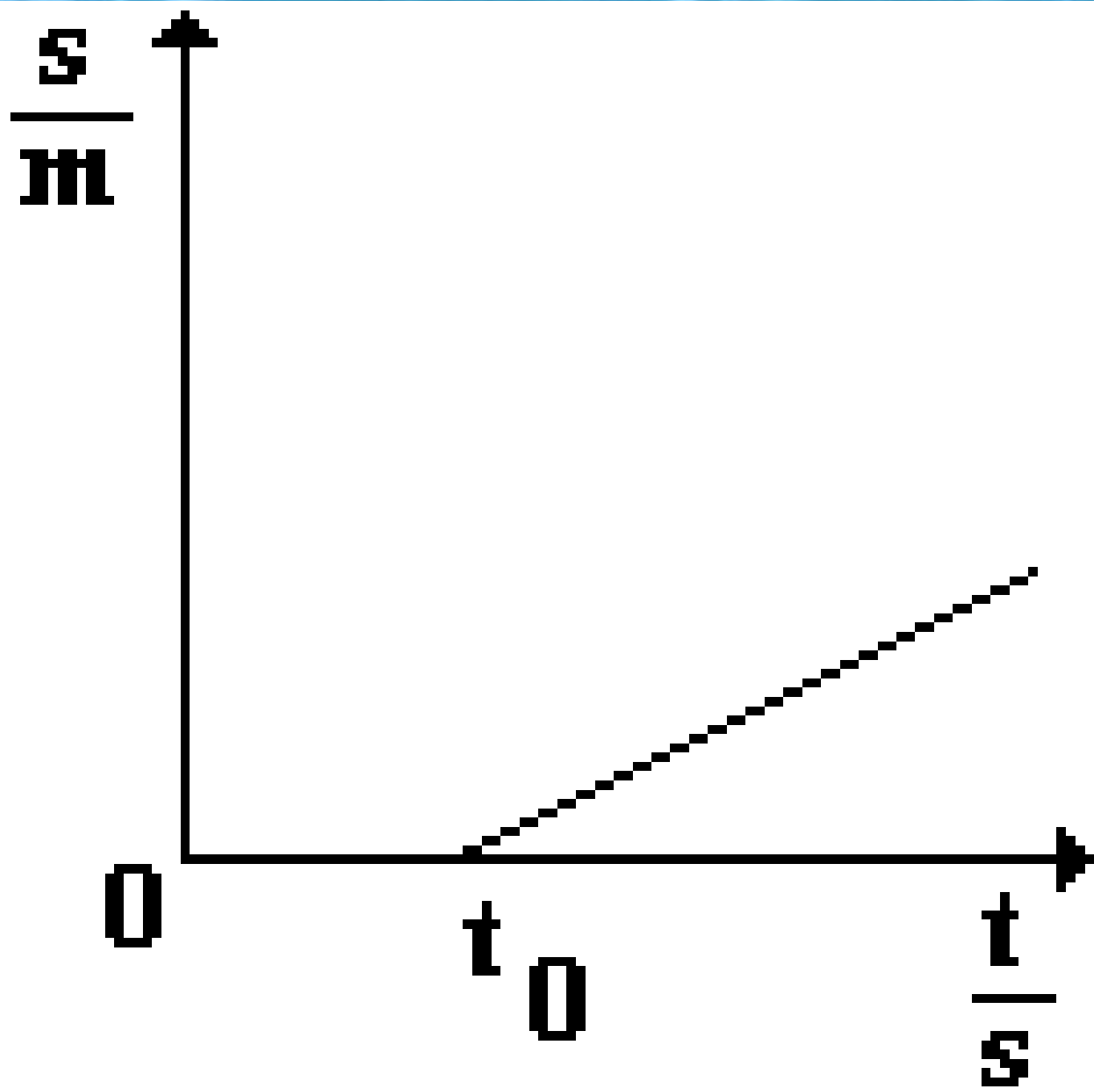
- U pohybu rovnoměrného přímočarého je stále stejná velikost i směr rychlosti. Rychlost má tedy směr **přímky**, po níž se hmotný bod pohybuje.

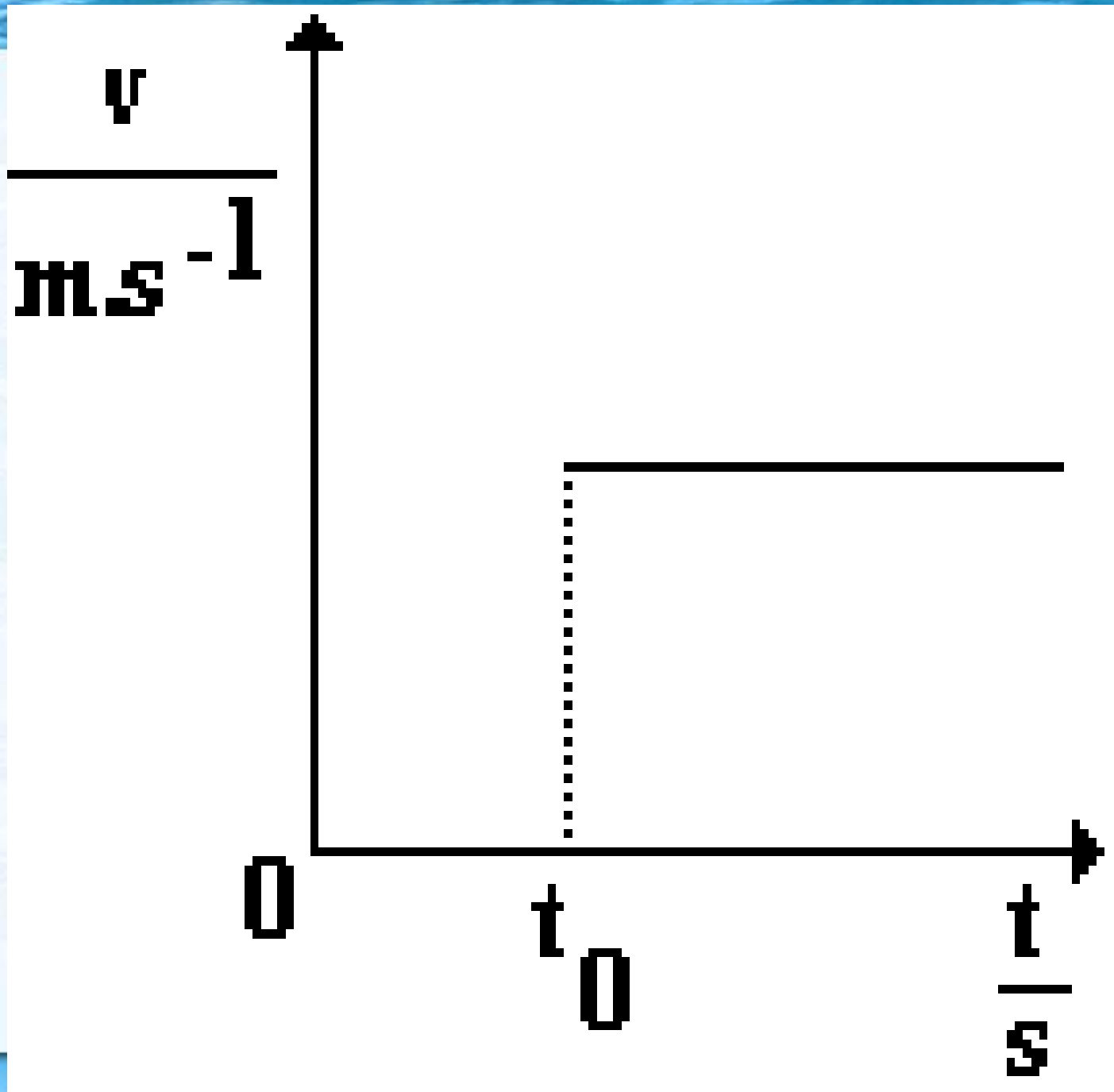
- Grafem závislosti uražené dráhy na čase je polopřímka svírající s vodorovnou osou ostrý úhel



- Grafem závislosti velikosti okamžité rychlosti na čase je rovnoběžka s vodorovnou osou.







- Pro rychlost v určitých úsecích dráhy při pohybu nerovnomernem v určitém čase platí tedy:

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

- Zkracováním intervalu můžeme dojít k **okamžité rychlosti**

Příklady

- 2.1 Vyjádřete rychlosti 10 m/s, 20 m/s, 30 m/s a 40 m/s v kilometrech za hodinu.
- 2.2 Vyjádřete rychlosti 18 km/h, 54 km/h a 90 km/h v metrech za sekundu.

- 2.3 Automobil ujel vzdálenost 180 km za 2,5 hodiny. Jaká byla jeho průměrná rychlost?
- 2.4 Rychlík ujel mezi dvěma stanicemi dráhu 7,5 km za 5 minut. Určete jeho průměrnou rychlost
- 2.5 Cyklista projel dráhu 3 km za 10 minut. Jaká byla jeho průměrná rychlost? Jakou dráhu by ujel při této průměrné rychlosti za půl hodiny?

- 2.6 Automobil projel úsek silnice 600 m za dobu 40 s. Na tomto úseku byla dopravní značkou předepsána nejvyšší dovolená rychlost 40 km/h. O jakou hodnotu překročil řidič automobilu tuto rychlost?
- 2.7 Automobil jel tři čtvrtiny celkové doby jízdy rychlostí 90 km/h, zbývající dobu jízdy rychlostí 50 km/h. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.

•2.8 Automobil projel tři čtvrtiny celkové dráhy rychlostí $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a zbývající část dráhy rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.

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

•2.10 Nákladní automobil jel první polovinu dráhy po dálnici rychlostí $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, druhou polovinu dráhy po polní cestě rychlostí 20 km/h . Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.

•2.11 Cyklista jede úsek cesty o délce 18 km rychlostí $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a úsek o délce 9 km rychlostí $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Jaká je jeho průměrná rychlost?

•2.12 Řidič automobilu plánuje jízdu do vzdálenosti 30 km na dobu půl hodiny. Nejprve je však nucen jet 20 minut za kolonou pomalých vozidel rychlostí $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jakou rychlostí by musel jet ve zbývajícím čase 10 minut, aby dorazil do cíle za plánovanou dobu?

2.13 Rychloměr automobilu ukazoval po dobu 15 minut stálou rychlost $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jakou dráhu automobil urazil?

•2.14 Za jakou dobu uběhne atlet dráhu 400 m, běží-li stálou rychlostí 8 m/s?

2.15 Hmotný bod se pohybuje stálou rychlostí 25 cm/s po dobu 3 minut. a) Jakou dráhu hmotný bod urazí? b) Za jakou dobu by hmotný bod při dané rychlosti urazil dráhu 10 m?

•2.16 Vzdálenost Země od Slunce je přibližně 150 milionů km. Rychlost světla ve vakuu je přibližně 300 000 km/s. Za jakou dobu dorazí světelný signál ze Slunce na Zemi

2.17 Tunelem o délce 700 m projíždí vlak dlouhý 200 m tak, že od vjezdu lokomotivy do tunelu do výjezdu posledního vagonu z tunelu uplyne doba 1 minuty. Určete rychlost vlaku.

•2.19 Po dvoukolejné trati jede v jednom směru osobní vlak délky 160 m stálou rychlostí $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, v protisměru rychlík délky 240 m. a) Jak velkou rychlostí jede rychlík, který míjí strojvůdce osobního vlaku po dobu 6 s? b) Po jakou dobu míjí osobní vlak strojvůdce rychlíku?

•2.20 Dva chlapci trénují běh na uzavřené dráze délky 400 m. Oba vyběhnou současně z téže startovní čáry týmž směrem. Chlapec A běží stálou rychlostí 5 m/s, chlapec B stálou rychlostí 3 m/s. Za jakou dobu chlapec A doběhne poprvé chlapce B? Jaké vzdálenosti za tuto dobu chlapci uběhnou?

2.21 Hmotný bod A se začne z určitého místa pohybovat po přímce stálou rychlostí 20 cm/s. Za dobu 5 s se začne z téhož místa pohybovat ve stejném směru bod B stálou rychlostí 30 cm/s. Za jakou dobu od startu hmotného bodu A a v jaké vzdálenosti od místa startu se budou oba hmotné body míjet?

2.22 Z určitého místa vyjíždí nákladní auto a za půl hodiny za ním ve stejném směru osobní automobil. Předpokládáme, že nákladní auto jede stálou rychlostí $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ osobní automobil stálou rychlostí $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Za jakou dobu od vyjetí nákladního auta a v jaké vzdálenosti od místa startu se budou obě vozidla míjet?

2.23 Nad věží radnice proletělo letadlo stálou rychlostí $600 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a za 15 minut po něm ve stejném směru proudové letadlo stálou rychlostí $1\,200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Za jakou dobu a v jaké vzdálenosti od radnice bude první letadlo dostiženo letadlem proudovým?

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

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 $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ autobus jede stálou rychlostí $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Délky vozidel jsou 5 m a 15 m. Jakou dobu předjíždění trvá a jakou dráhu k tomu osobní auto potřebuje?

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

•2.27 U jedoucího železničního vozu existují body, které jsou vzhledem k povrchu Země v klidu. Existují však také body, které se pohybují opačným směrem, než je směr rychlosti jedoucího vozu. Které jsou to body?

•2.28 Pásový traktor jede rychlostí 5 m/s Jak velkou rychlostí vzhledem k povrchu silnice se pohybuje horní a dolní část pásu traktoru?

2.29 Plavec plave v řece vzhledem k vodě stálou rychlostí $1,5 \text{ m/s}$. Rychlost proudu v řece je $3,5 \text{ m/s}$. Jak velkou rychlostí se plavec pohybuje vzhledem ke břehům řeky, jestliže plave a) po proudu, b) proti proudu řeky?

2.30 Veslice plující po řece urazila vzdálenost 120 m při plavbě po proudu za 12 s, při plavbě proti proudu za 24 s. Určete velikost rychlosti veslice vzhledem k vodě a velikost rychlosti proudu v řece. Obě rychlosti jsou konstantní.

2.31 Po vodorovné trati jede vlak stálou rychlostí 15 m/s . Kapky deště padají ve svislém směru rychlostí o velikosti 8 m/s a)
Jak velká je rychlost kapek vzhledem k oknům vlaku?

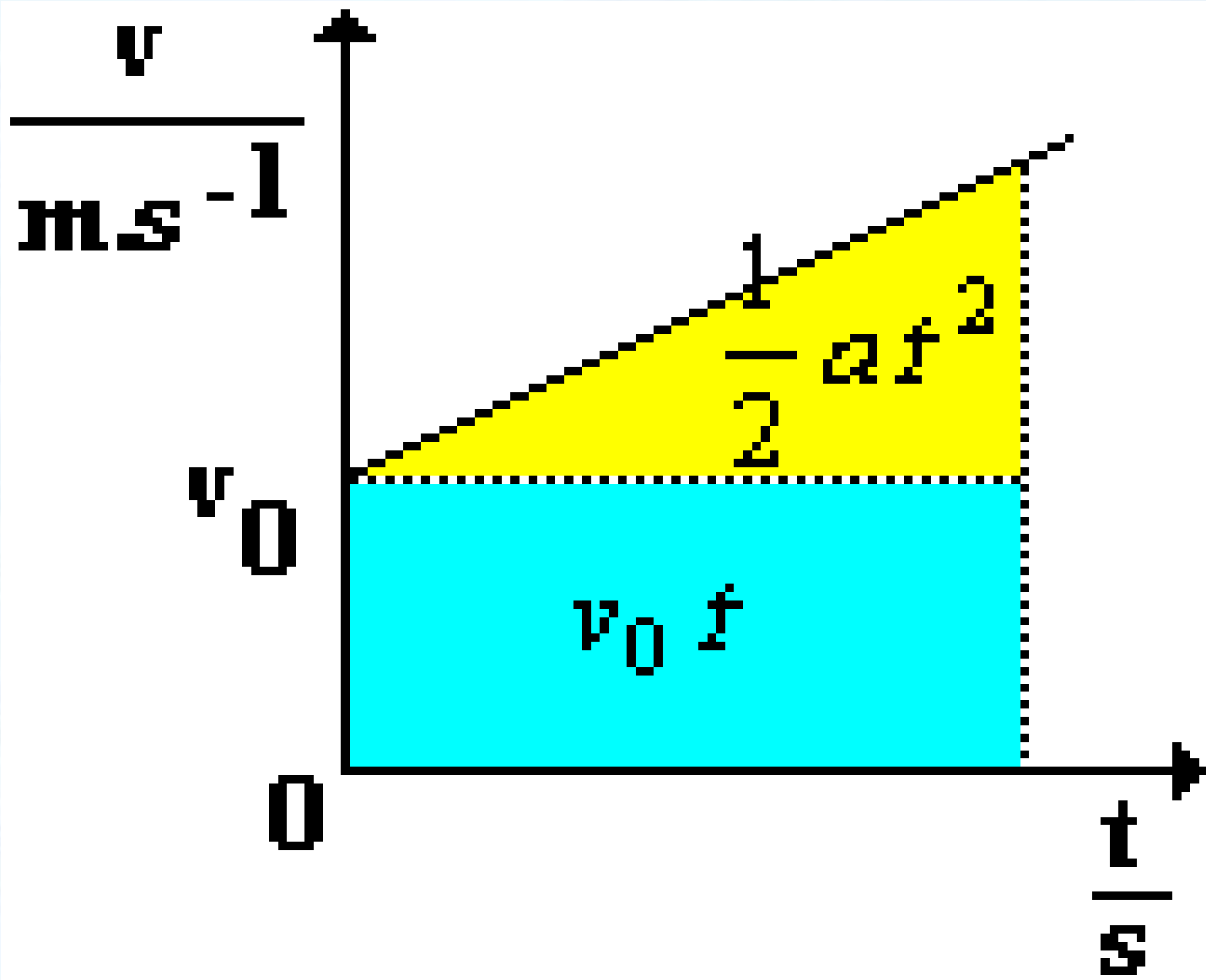
2.32 V železničním voze rychlíku jedoucího stálou rychlostí 24 m/s vrhneme míček, jehož počáteční rychlost vzhledem k vozu je 7 m/s . Jak velká je počáteční rychlost míčku vzhledem k povrchu Země, jestliže ho vrhneme a) ve směru jízdy, b) proti směru jízdy, c) kolmo ke směru jízdy rychlíku?

Zrychlení

- velikost rychlosti není konstantní, během pohybu se mění.
- Fyzikální veličina, která charakterizuje změnu vektoru rychlosti, se nazývá zrychlení hmotného bodu a značí se **a**

- Okamžité zrychlení hm. Bodu je dáno podílem změny rychlosti ke kterému došlo za Δt , které bude velmi malé

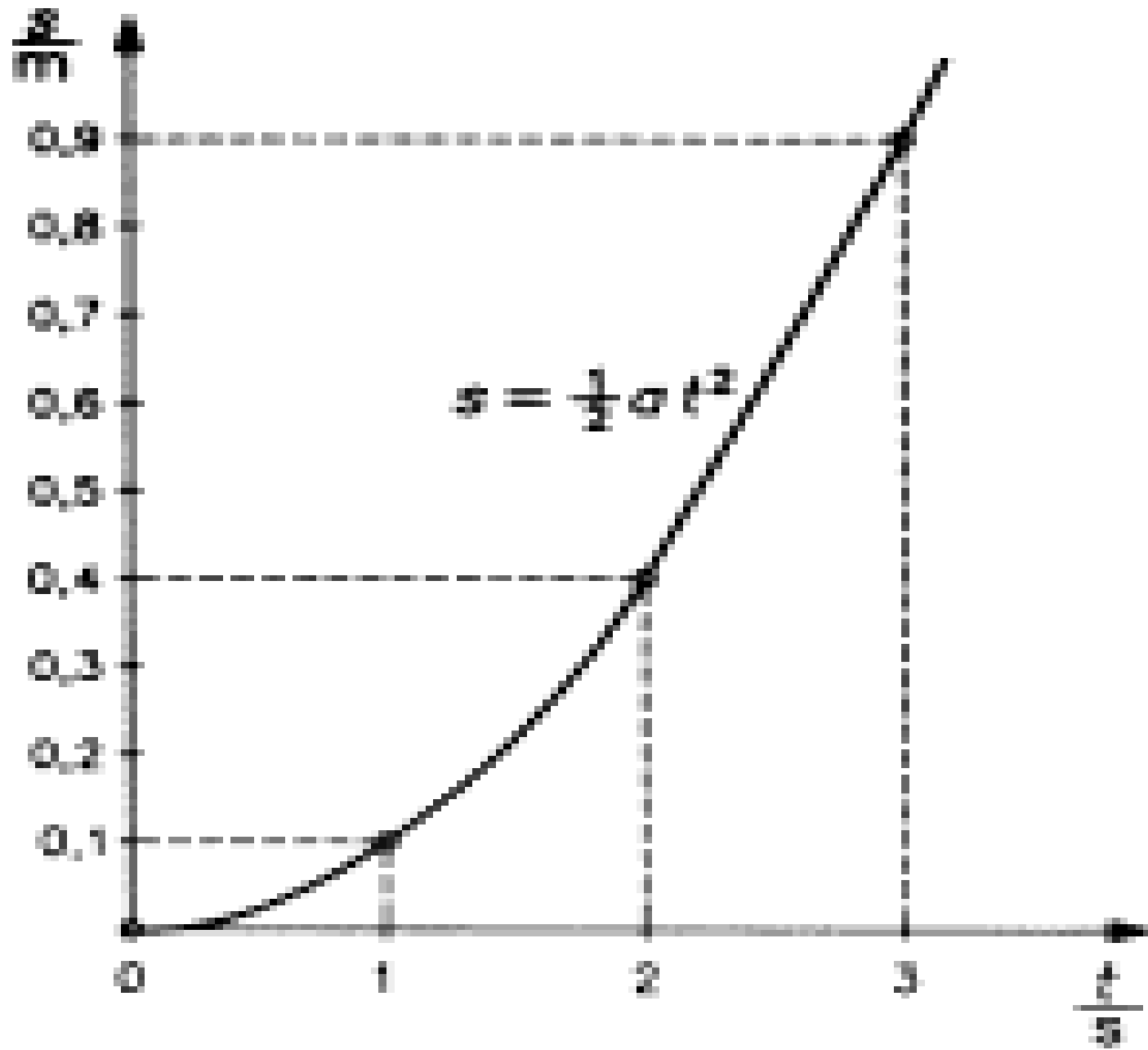
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



Je-li počáteční poloha $s = 0$ a počáteční rychlost $v = 0$, platí:

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

$$v = at$$



Pro $s_0 \neq 0$ a $v_0 \neq 0$ v čase t_0 platí:

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

$$v = v_0 + a t$$

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

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?

2.39 Cyklista, který jede rychlostí 3 m/s začne prudce šlapat a za dobu 8 s zvýší rychlost na 7 m/s . Za předpokladu, že se pohybuje rovnoměrně zrychleně, určete a) velikost zrychlení cyklisty, b) dráhu, kterou zrychleným pohybem ujede.

2.40 Motocykl zvýší při rovnoměrně zrychleném pohybu během 10 s rychlost z 6 m/s na 18 m/s.

Určete velikost zrychlení motocyklu a dráhu, kterou při tom ujede

2.41 Automobil, který jel rychlostí $54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, zvýšil rychlost na $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, přičemž ujel při stálém zrychlení dráhu 200 m . Určete velikost zrychlení automobilu.

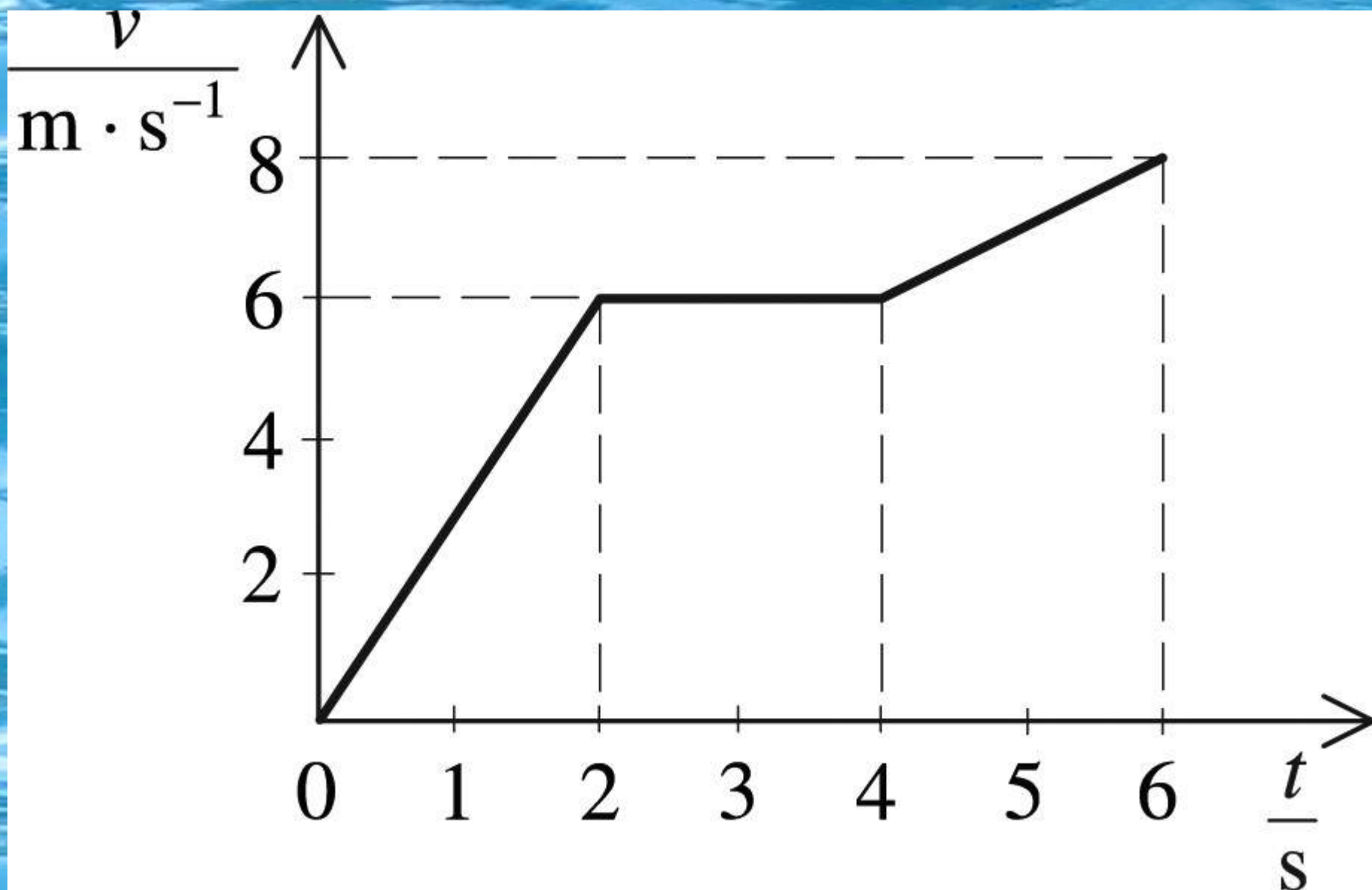
2.42 Hmotný bod urazí rovnoměrně zrychleným pohybem za dobu 6 s dráhu 18 m. Jeho počáteční rychlost byla 1,5 m/s. Určete velikost zrychlení hmotného bodu a velikost jeho rychlosti na konci dané dráhy.

2.43 Střela opouští dělovou hlaveň o délce 3 m okamžitou rychlostí 600 m/s.

Za jakou dobu a s jak velkým zrychlením proběhne střela hlavní, je-li její pohyb rovnoměrně zrychlený?

2.44 Hmotný bod urazí za dobu 12 s rovnoměrně zrychleným pohybem při nulové počáteční rychlosti dráhu 36 m. Jakou dráhu urazí za první sekundu svého pohybu?

2.45 Na obr. je nakreslen graf velikosti rychlosti hmotného bodu v závislosti na čase. Určete a) velikost jeho rychlosti v čase $t_1 = 1$ s, $t_2 = 3$ s, $t_3 = 5$ s, b) velikost jeho zrychlení v čase $t_1 = 1$ s, $t_2 = 3$ s, $t_3 = 5$ s.



2.48 Automobil jede po přímé silnici rychlostí $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. V určitém okamžiku začne řidič brzdit a za dobu 5 s automobil zastaví. Určete a) velikost zrychlení při brzdění, b) dráhu, kterou při brzdění ujede.

2.49 Traktor jede po přímé silnici rychlostí 15 m/s. Řidič traktoru začne brzdit se zrychlením $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Určete a) velikost rychlosti a dráhu traktoru za 5 s od chvíle, kdy začal brzdit, b) dobu, za kterou zastaví.

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

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

2.52 Pro účinnost brzd osobního automobilu je předepsáno, že musí při počáteční rychlosti $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ zastavit na dráze $12,5 \text{ m}$. S jak velkým zrychlením automobil brzdí?

2.53 Na silnici s maximální dovolenou rychlostí $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ došlo k havárii automobilu. Z délky brzdné stopy automobilu, která byla 40 m, policie zjišťovala, zda řidič tuto rychlost nepřekročil. Jaký závěr policie učinila, předpokládáme-li rovnoměrně zpomalený pohyb vozidla se zrychlením o velikosti $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$?

2.54 Z téhož místa se začnou současně pohybovat ve stejném směru dva hmotné body: první bod rovnoměrně rychlostí 50 cm/s, druhý bod rovnoměrně zrychleně s nulovou počáteční rychlostí a se zrychlením $10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$. Určete a) dobu, za kterou budou mít oba hmotné body stejně velkou rychlost, b) dobu, za kterou urazí oba hmotné body stejnou dráhu.

Volný pád

Volný pád je zvláštní případ pohybu rovnoměrně zrychleného s nulovou počáteční rychlostí.

První pokusy s volným pádem prováděl už v 17. století Galileo Galilei (1564 - 1642). Ten prokázal, že se jedná o pohyb rovnoměrně zrychlený a později bylo stanoveno i jeho zrychlení. Nazývá se **tíhové zrychlení** a značí se g , míří svisle dolů a má velikost $9,81 \text{ ms}^{-2}$. Velikost tíhového zrychlení je závislá na nadmořské výšce a na zeměpisné šířce daného místa na Zemi.

$$g=9,81\text{ms}^{-2}$$

Vzhledem k tomu, že se jedná o pohyb rovnoměrně zrychlený, je možné volný pád popsat následujícími vztahy:

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = g \cdot t$$

$$t_h = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

2.59 Jak velká je okamžitá rychlost tělesa při volném pádu za dobu 1 s, 2 s, 3 s?

Nakreslete graf závislosti okamžité rychlosti na čase.

2.60 Jakou dráhu urazí těleso při volném pádu za dobu 1 s, 2 s, 3 s? Nakreslete graf závislosti dráhy na čase.

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

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

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

Odpor vzduchu neuvažujte.

2.64 Pneumatické kladivo padá volným pádem z výšky 1,5 m. Jak velkou rychlostí dopadne?

2.65 Kroupy dopadají na zem rychlostí 100 m/s. Z jaké výšky kroupy padají, jestliže neuvažujeme odporové síly vzduchu?

2.66 Za jakou dobu urazí volně padající těleso a) první metr své dráhy, b) druhý metr své dráhy?

2.67 Ze střechy výškového domu byla upuštěna kulička. Pohybovala se volným pádem podél zdi domu a mījela okna jednotlivých poschodí domu. Po jakou dobu kulička mījí okno, jehož horní okraj je ve vzdálenosti 10 m od místa, z něhož byla kulička upuštěna? Výška okna je 2 m. Jakou průměrnou rychlostí mījí kulička okno?

Pohyb hmotného bodu po kružnici

Jedná se o nejjednodušší příklad křivočarého pohybu.

V praxi se s ním setkáváme velice často: rotující kulička na provázku, kolotoč, brusný kotouč, pohyb CD v mechanice přehrávače (resp. počítače), pohyb Země kolem vlastní osy i oběh kolem Slunce,

I když se velikost rychlosti nemění, je zrychlení částice nenulové.

Proč?

Zrychlení totiž často spojujeme se změnou velikosti rychlosti a zapomínáme, že rychlost v je vektorovou veličinou, a má tedy i směr. Při jakékoli změně rychlosti, i kdyby šlo pouze o změnu směru, je zrychlení částice nenulové.

Poloha hmotného bodu na kružnici je určena **průvodičem**, jehož velikost je rovna poloměru r kružnice, po níž se daný hmotný bod pohybuje.

Přejde-li hmotný bod z bodu A do bodu B, opíše průvodič úhel (někdy se mu říká úhlová dráha). Jednotkou **úhlové dráhy** je Radián

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

Převod mezi mírou stupňovou a obloukovou

Plný úhel má 2π radiánů – to je 360 stupňů.

$$\alpha = \frac{a \cdot 180}{\pi}$$

PERIODA - T : Doba, za kterou se rovnoměrný pohyb hmotného bodu po kružnici opakuje.

FREKVENCE - f : Počet oběhů hmotného bodu při rovnoměrném pohybu po kružnici za 1 sekundu

$$f = \frac{1}{T}$$

Úhlová rychlost je vektorová fyzikální veličina. Její vektor je kolmý k rovině kružnice, po níž obíhá hmotný bod rychlostí v , a umísťujeme ho do středu kružnice.

Jeho směr určíme podle **pravidla pravé ruky**: Položíme-li prsty ke kružnici tak, aby prsty ukazovaly směr vektoru rychlosti, pak vztyčený palec ukazuje směr vektoru úhlové rychlosti. Při rovnoměrném pohybu po kružnici se zachovává velikost i směr úhlové rychlosti.

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

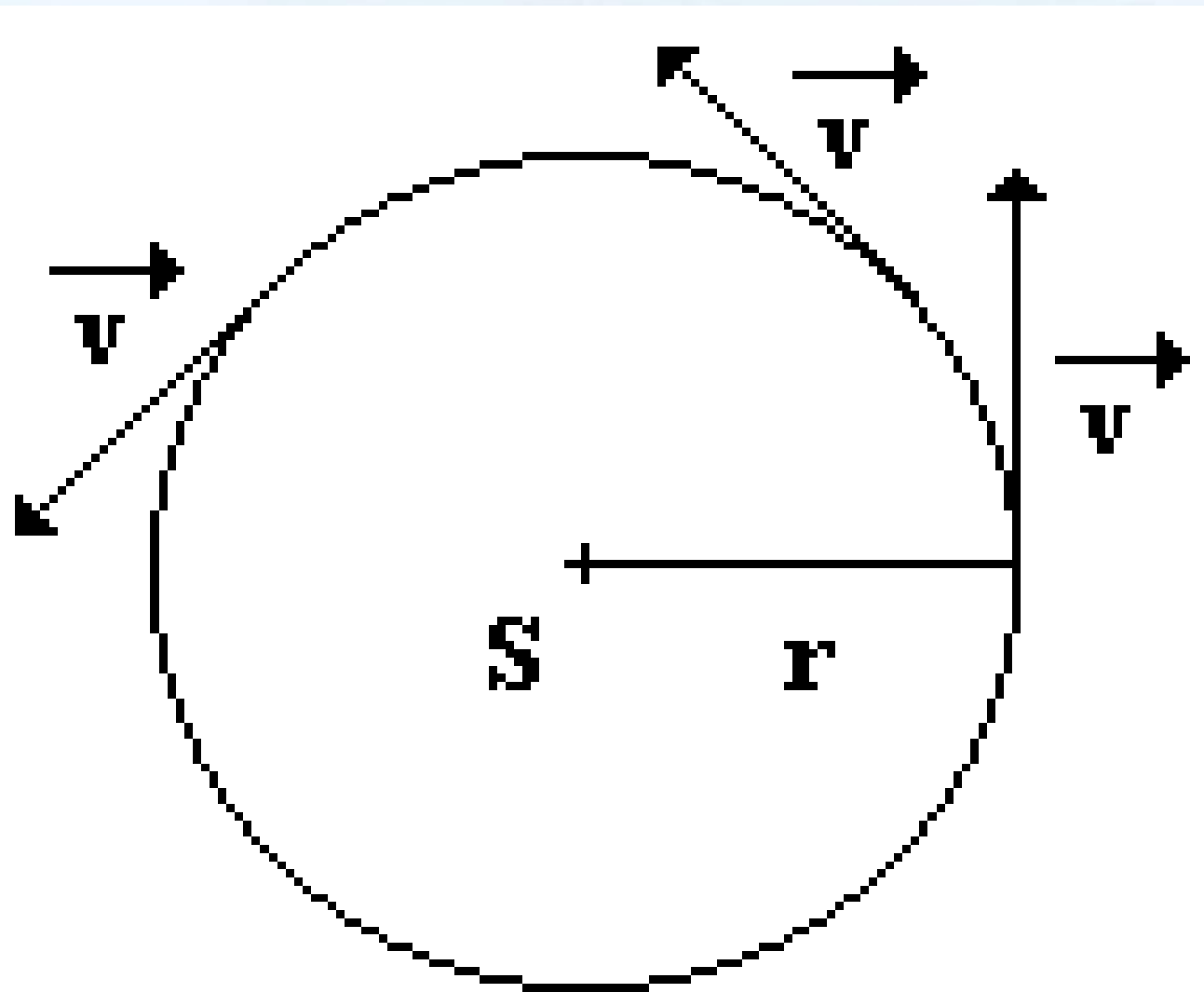
$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

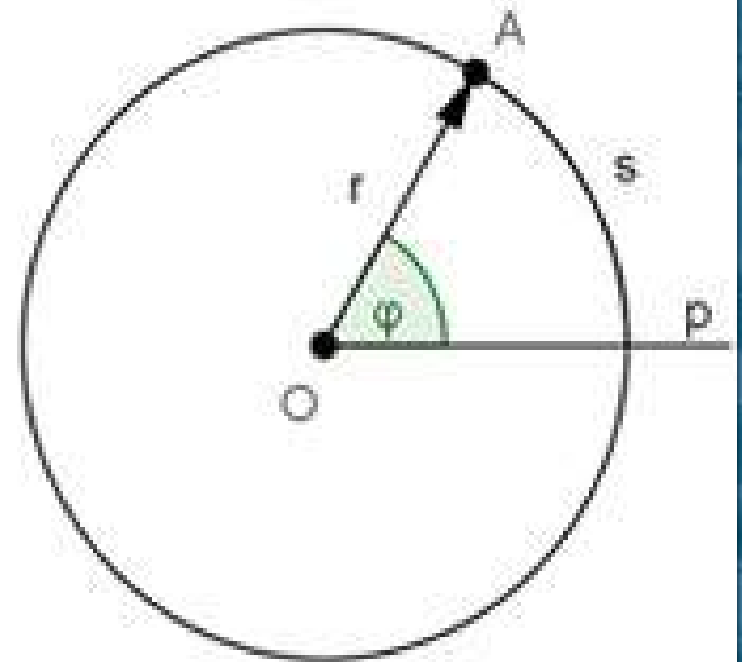
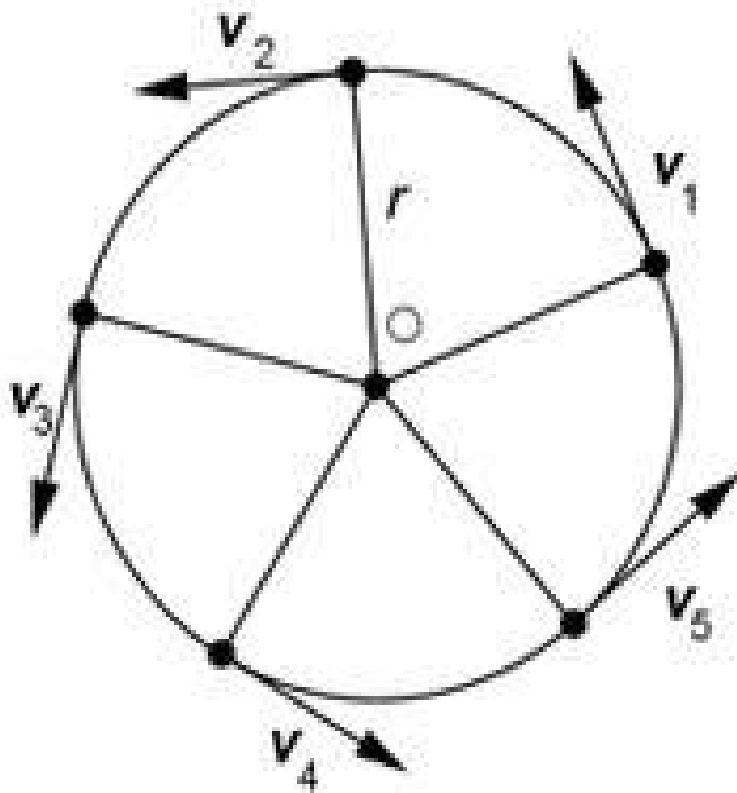
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Velikost rychlosti lze určit pomocí vztahu

$$v = r \omega$$

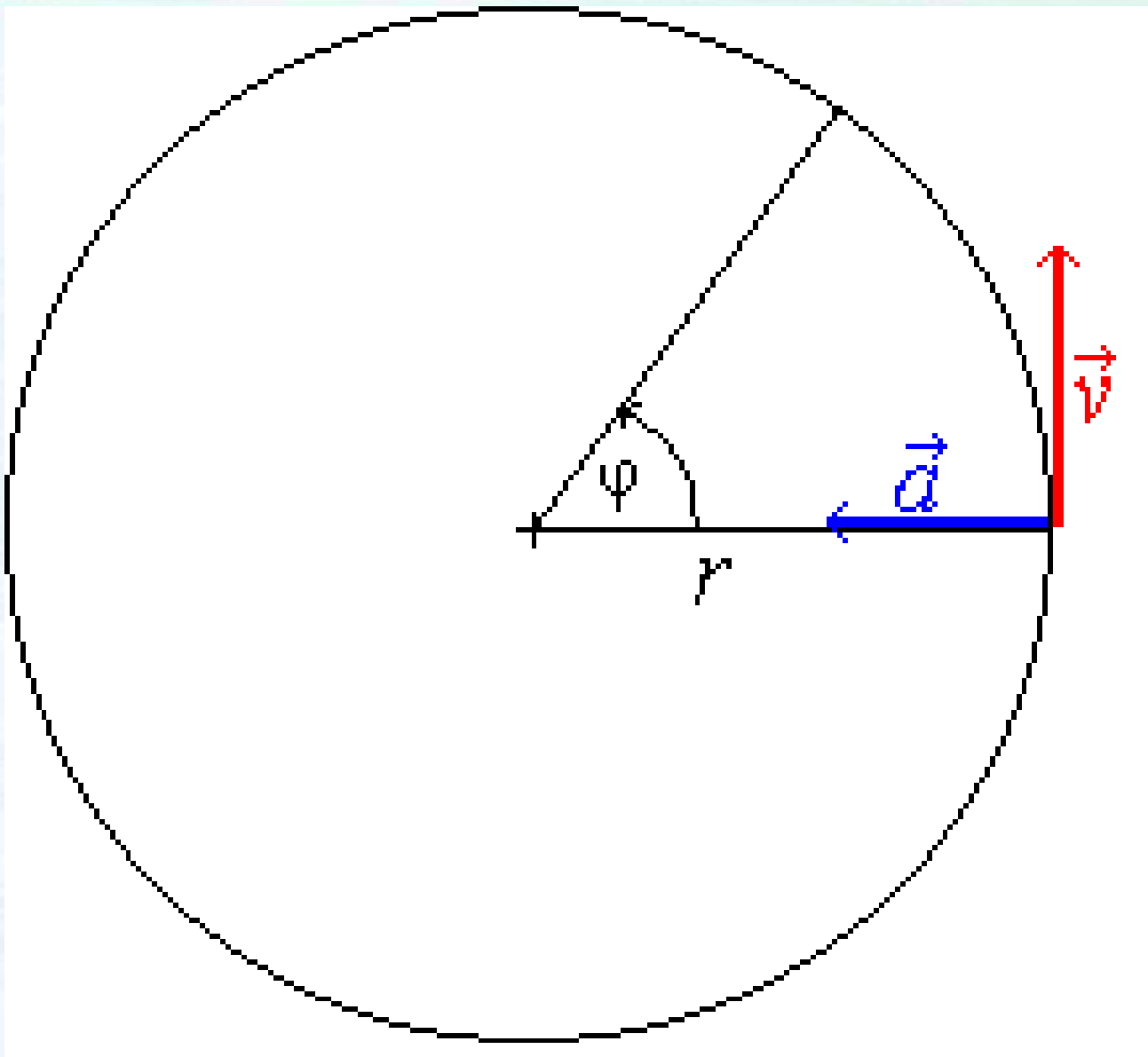
$$v = 2 \pi r f = \frac{2 \pi r}{t}$$





DOSTŘEDIVÉ ZRYCHLENÍ - a_d : Vektorová veličina určující zrychlení rovnoměrného pohybu po kružnici.

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



2.68 Hmotný bod koná rovnoměrný pohyb po kružnici o poloměru 50 cm s frekvencí 2 Hz. Určete periodu a velikost rychlosti hmotného bodu.

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

2.70 Vypočítejte velikost rychlosti Měsíce při jeho pohybu kolem Země. Předpokládejte, že se Měsíc pohybuje po kružnici o poloměru $3,84 \cdot 10^5$ km s periodou 27,3 dne.

2.71 Jaká je úhlová rychlost otáčení Země kolem zemské osy?

2.72 Kolikrát je úhlová rychlost hodinové ručičky větší než úhlová rychlost otáčení Země?

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

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

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

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

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?