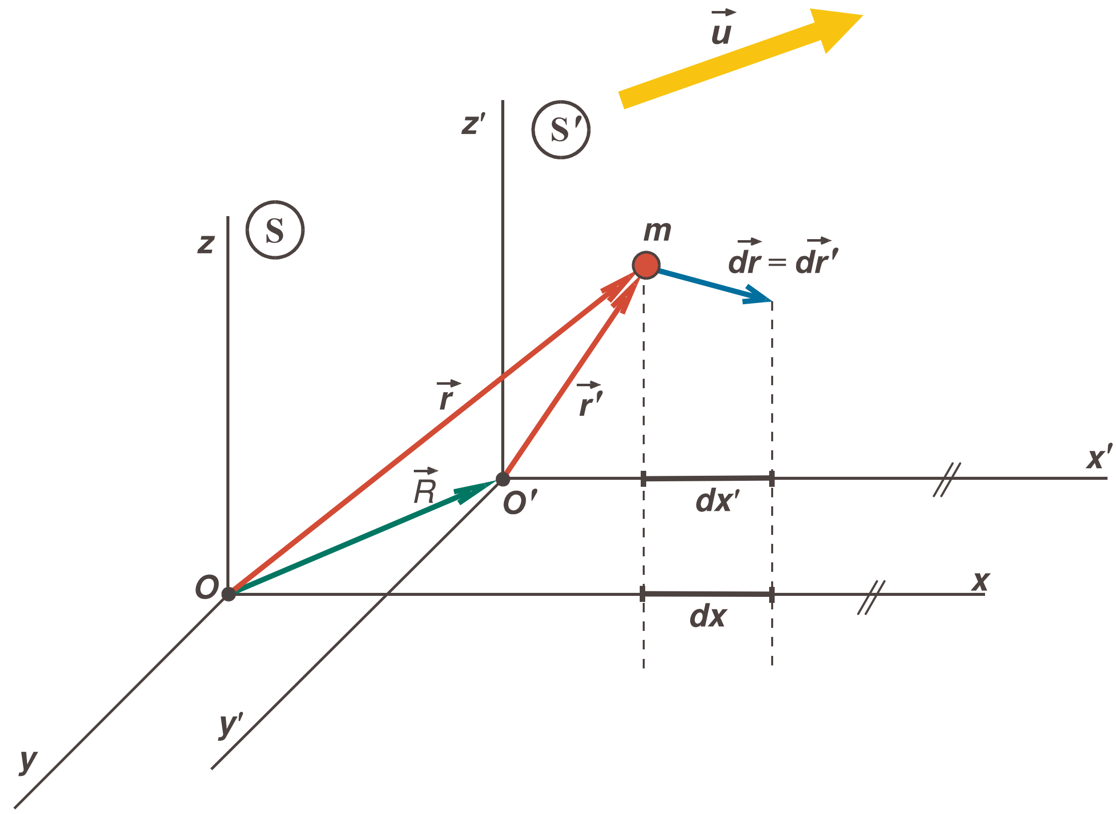
Inerciální a neinerciální soustavy

Vraťme se nyní k relativním pojmům klidu a pohybu obsaženým v Newtonově zákonu setrvačnosti, které závisejí na volbě vztažné soustavy souřadnic.

Představme si dva kartézské souřadné systémy S a S', které se vůči sobě pohybují nějakým jednoduchým způsobem - například tak, že S je v klidu (vůči nákresně) a S' se pohybuje směrem (šikmo) vpravo, přičemž jejich osy zůstávají stále rovnoběžné (tak vypadá ***posuvný pohyb***, nebo-li **translace**).

V obou těchto systémech pak budeme sledovat jeden a tentýž hmotný bod m, který se zcela nezávisle na souřadných systémech pohybuje v prostoru (viz obr).



Na obrázku jsou vyznačeny tři polohové vektory :

$\vec{r} = (x, y, z)$ průvodič hmotného bodu v soustavě S

$\vec{r}' = (x', y', z')$ průvodič hmotného bodu v soustavě S'

$\vec{R} = (R_x, R_y, R_z)$ průvodič bodu O' v soustavě S

Vidíme, že zřejmě platí :

$$\boxed{\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}}$$

vztah mezi průvodiči v soustavě S a S'

Proveďme derivaci této rovnice :

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \frac{d\vec{R}}{dt}$$

A uvažme význam vzniklých členů :

$$\boxed{\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}}$$ ***rychlost hmotného bodu v soustavě S***

$$\boxed{\frac{d\vec{r}'}{dt} = \frac{d'\vec{r}'}{dt} = \vec{v}'}$$ ***rychlost hmotného bodu v soustavě S'***

$$\boxed{\frac{d\vec{R}}{dt} = \vec{u}}$$ ***unášivá rychlost soustavy S'*** (vzhledem k S)

Název unášivé rychlosti pochází z popisu situace, kdy je hmotný bod v klidu v soustavě S' (např. sedící cestující ve vozidle), ale stejně se pak pohybuje vůči soustavě S , protože je čárkovanou soustavou (vozidlem) **„unášen"** rychlostí u .

Pozn. : Povšimněte si také ve druhé rovnici toho detailu, že rychlost v čárkované soustavě musí být samozřejmě počítána z měření v této soustavě, tj. že přírůstek dráhy (jeho tři souřadnice) musí být změřen na osách této soustavy , a proto je příslušný matematický výraz – diferenciál čárkovaného průvodiče - označen ještě další čárkou, jako diferenciál definovaný (měřený) v soustavě S'. Z obrázku je dobře vidět, že **rovnost obou diferenciálů** (čárkovaných a nečárkovaných, měřených v S a v S') nastane pouze za podmínky **rovnoběžnosti souřadných os** obou soustav, což je právě případ našeho **posuvného pohybu** soustavy **S'** (pokud by ovšem soustava S' konala například rotační pohyb, byla by situace úplně jiná - viz výklad na závěr této kapitoly).

Pak tedy pro rychlosti hmotného bodu platí podobná rovnice jako pro průvodiče :

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}}$$ ***vztah mezi rychlostmi v soustavě S a S'***

Další derivací pak dostáváme vztah pro zrychlení:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} + \frac{d\vec{u}}{dt}$$

Významy jednotlivých členů rovnice budou analogické :

$$\boxed{\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}}$$ ***zrychlení hmotného bodu v soustavě S***

$$\boxed{\frac{d\vec{v}'}{dt} = \vec{a}'}$$ ***zrychlení hmotného bodu v soustavě S'***

$$\boxed{\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{a}_u}$$ ***unášivé zrychlení soustavy S'***

Pro zrychlení hmotného bodu platí potom rovnice :

$$\boxed{\vec{a} = \vec{a}' + \vec{a}_u}$$

vztah mezi zrychleními v soustavě S a S'

Získané vztahy využijme dále pro rozbor dvou základních případů pohybu soustavy S' :

1) ***rovnoměrný přímočarý pohyb soustavy S'***

Unášivá rychlost je v tomto případě konstantní :

$$\boxed{\vec{u} = konst.}$$

Uvažme pak situaci, že v soustavě S pro nějaké těleso **platí 1. Newtonův zákon** - tedy že se toto těleso bez působení sil pohybuje v soustavě S rovnoměrným přímočarým pohybem, nebo je v klidu. Jeho rychlost je tedy konstantní , včetně nuly :

$$\vec{v} = konst.$$

Z výše uvedených převodních vztahů pro rychlosti mezi oběma soustavami pak plyne, že rychlost tělesa v soustavě S' bude také konstantní – to znamená, že i v této soustavě se těleso pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem, nebo je v klidu :

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{u} = konst.$$

Zákon setrvačnosti tedy platí v soustavě S , i v soustavě S'.

Takové souřadné soustavy se pak nazývají ***inerciální*** (inercie = setrvačnost).

Nalezneme nyní konkrétní matematický transformační vztah mezi souřadnicemi inerciálních soustav. Využijeme nejprve výše odvozenou obecně platnou rovnici pro průvodiče :

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}$$

Jestliže přijmeme čistě formální předpoklad, že soustava S je „**prvotní**“ („**stará**“) a soustava S' je „**druhotná**“ („**nová**“), pak by v převodním vztahu měly stát „**nové souřadnice**“ na levé straně rovnice :

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{R}$$

Vektorovou rovnici můžeme rozepsat do tří rovnic skalárních :

$$x' = x - R_x$$
$$y' = y - R_y$$
$$z' = z - R_z$$

Unášivá rychlost soustavy S' je vlastně rychlostí pohybu jejího počátku O' v soustavě S. Uvažme dále, že tento pohyb je možno rozložit na tři jednoduché pohyby na souřadných osách x, y a z (viz odstavec „Kinematika hmotného bodu“) a že konstantní unášivá rychlost znamená konstantní souřadnice jejího vektoru - a tyto souřadnice udávají jednotlivé konstantní rychlosti pohybů na těchto osách :

$$\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$$

Na každé souřadné ose soustavy S se tedy děje obyčejný **přímočarý rovnoměrný pohyb**, jehož rovnice je nejstarší fyzikální rovnicí, kterou znáte : $s = v \cdot t$

Tento jednoduchý vztah platí ovšem **za předpokladu**, že v čase $t = 0$ je dráha nulová, tj. že bod O' je v místě bodu O, jinak řečeno - že **v nulovém čase obě soustavy splývají**. Potom tedy pro všechny tři souřadnice bodu O' v soustavě S - tj. pro vykonané dráhy na souřadných osách x, y, z, bude :

$$R_x = u_x \cdot t$$

$$R_y = u_y \cdot t$$

$$R_z = u_z \cdot t$$

Tyto tři skalární vztahy může také případně nahradit jedna vektorová rovnice (ale dále ji nepoužijeme) :

$$\vec{R} = \vec{u} \cdot t$$

Když získané skalární výrazy dosadíme do obecných rovnic, vzniknou hledané konkrétní transformační vztahy mezi oběma inerciálními soustavami :

$$\boxed{\begin{aligned} x' &= x - u_x \cdot t \\ y' &= y - u_y \cdot t \\ z' &= z - u_z \cdot t \end{aligned}}$$

Galileovy transformace

Nebo vektorově :

$$\vec{r} = \vec{r}\,' + \vec{u} \cdot t$$

K tomu přistupuje „samozřejmý“ vztah mezi časy :

$$\boxed{t = t'}$$

Pro obrácený převod souřadnic, z nové soustavy S' do staré S, je pak vhodné, aby na levých stranách transformačních rovnic byly souřadnice nečárkované :

$$\boxed{\begin{aligned} x &= x' + u_x \cdot t \\ y &= y' + u_y \cdot t \\ z &= z' + u_z \cdot t \\ t &= t' \end{aligned}}$$

Galileovy transformace obrácené *(inverzní)*

Pozn. : Tyto transformační rovnice, které jsou zřejmě neoddělitelně spojeny s principy klasické mechaniky, byly zásadně popřeny Einsteinovou (speciální) teorií relativity a nahrazeny v ní jinými vztahy pro inerciální systémy, tzv. **Lorentzovými transformacemi**.

Prozkoumejme dále také **platnost 2. Newtonova zákona** v soustavě S'. Předpokládejme tedy, že pro hmotný bod v soustavě S již neplatí zákon setrvačnosti, ale že se působením nějakých těles začal pohybovat podle zákona síly :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

A podívejme se, zda bude tato rovnice platit i v čárkované soustavě. Při konstantní unášivé rychlosti soustavy S' je ovšem její unášivé zrychlení **nulové** :

$$\vec{a}_u = \frac{d\vec{u}}{dt} = \frac{d}{dt}(\,konst\,) = 0$$

A z převodních vztahů plyne rovnost zrychlení hmotného bodu v obou inerciálních soustavách :

$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{a}_u = \vec{a}$$

Pohybová rovnice v S' má tedy tvar :

$$m \cdot \vec{a}' = m \cdot (\,\vec{a} - \vec{a}_u\,) = m \cdot \vec{a} = \vec{F} = \vec{F}'$$

Vidíme jasně, že v obou soustavách jsou stejná zrychlení i stejné působící síly.

Pohybová rovnice platí tedy v **nezměněném tvaru** v každé inerciální soustavě – tj. je **(formálně) stejná** ve **všech inerciálních soustavách** .

Ještě jinak řečeno :

Pohybové rovnice jsou invariantní vůči Galileově transformaci.

Tato skvělá vlastnost pohybových rovnic, která velmi zjednodušuje matematické výpočty a umožňuje také jinou, elegantní **definici inerciálních** soustav – jako **soustav, ve kterých platí Newtonovy zákony** , však zcela **znemožňuje** nalezení oné základní, význačné inerciální soustavy, předpokládané Newtonem – tj. **absolutního prostoru** .

Nyní diskutujme druhý důležitý případ pohybu soustavy S' :

2) ***nerovnoměrný křivočarý (posuvný) pohyb soustavy S'***

Unášivá rychlost soustavy S' je nyní obecně **proměnnou** veličinou, tj. může se měnit jak velikost , tak také směr a orientace jejího vektoru :

$$\boxed{\vec{u} \neq konst.}$$

Soustava S' se tedy pohybuje **nerovnoměrným křivočarým pohybem** vůči inerciální soustavě S (pozor - stále to musí být **translace** – **posuvný pohyb** , při kterém osy soustavy zachovávají svůj směr - to je přece nutný předpoklad platnosti používaných transformačních vztahů).

Pozn. : O translaci, případně rotaci se mluví zejména při popisu **obecného pohybu pevných těles** , ostatně každá **soustava souřadnic je vždy spojena s nějakým hmotným tělesem** , jak si uvědomíme později ve speciální teorii relativity. Jiná definice popisuje **translaci** jako takový pohyb, při kterém **všechny body tělesa** (zde souřadných os) se pohybují po geometricky **stejných drahách** .

Názorně si můžeme translaci představit jako napří. pohyb kurzoru počítačové myši na obrazovce, lodičky na Ruském kole, balistického kyvadla, auta po křivočaré dráze – nesmělo by se ale v zatáčkách natáčet do směru svého pohybu.

Při křivočarém pohybu čárkované soustavy je ovšem její unášivé zrychlení nenulové :

$$\boxed{\vec{a}_u = \frac{d\vec{u}}{dt} \neq 0}$$

Potom i v případě konstantní rychlosti nějakého tělesa v soustavě S - tj. jestliže by v S pro toto těleso **platil zákon setrvačnosti** - podle obecných převodních vztahů ale v soustavě S' rychlost tělesa už konstantní nebude :

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{u} \neq konst.$$

Zákon setrvačnosti tedy v S' neplatí , čárkovaná soustava je nyní ***neinerciální soustavou*** a protože je unášivé zrychlení nenulové , bude zrychlení hmotného bodu v soustavě S' odlišné od zrychlení v S :

$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{a}_u$$

A pohybová rovnice v S' má potom tvar :

$$m \cdot \vec{a}' = m \cdot (\vec{a} - \vec{a}_u) = m \cdot \vec{a} - m \cdot \vec{a}_u = \vec{F} + \vec{F}* = \vec{F}'$$

V **neinerciální** soustavě již tedy **pohybová rovnice není invariantní** , neboť **změnila svůj tvar** – na její pravé straně se kromě **původní** působící síly objevuje **nová síla** závisející na unášivém zrychlení soustavy :

$$\boxed{\vec{F}* = -m \cdot \vec{a}_u}$$

setrvačná síla (v neinerciální soustavě)

Tato síla vlastně nutí těleso pokračovat, **setrvávat** v původním pohybu, **nevyjadřuje** však působení žádného dalšího hmotného objektu (tak jsou definovány **skutečné síly** v Newtonových zákonech), proto se **setrvačná síla** také nazývá silou **zdánlivou** , nebo **fiktivní** .

Je to ovšem síla naprosto reálně působící, jak každý z nás sám na sobě pociťuje ve zrychlujícím nebo brzdícím dopravním prostředku. (Původ této síly vysvětluje Obecná teorie relativity.)

Celkem tedy : V inerciálních systémech vždy invariantní **pohybová rovnice**, která má na pravé straně pouze skutečnou sílu, **v neinerciálním systému neplatí !**

Abychom získali platný matematický vztah , musíme na pravou stranu rovnice **přidat** k původní skutečné síle ještě **sílu setrvačnou** :

$$\boxed{m \cdot \vec{a}' = \vec{F}' = \vec{F} + \vec{F}^*}$$

pohybová rovnice v neinerciální soustavě

Nezapomeňme, že vztah pro setrvačnou sílu byl odvozen za předpokladu nerovnoměrného křivočarého pohybu neinerciální soustavy S' . Můžeme proto dobře uplatnit znalosti z kinematiky o zrychlení takového pohybu a o jeho rozkladu na tečnou a normálovou složku :

a) Jako speciální případ pohybu neinerciální soustavy S' lze vyčlenit (translační) **rovnoměrný křivočarý pohyb**, který se koná s konstantní velikostí (ale s proměnlivým směrem) unášivé rychlosti:

$$\boxed{u = konst.}$$

Při tomto pohybu sice neexistuje tečné zrychlení , ale vždy je nenulové **zrychlení dostředivé**, dané zakřivením dráhy, které pak tedy tvoří celé **unášivé zrychlení** soustavy :

$$\vec{a}_u = \vec{a}_n = \frac{u^2}{R} \cdot \vec{n}$$

Příslušná setrvačná síla má samozřejmě opačný směr (viz obrázek), odtud také její název :

$$\boxed{\vec{F}_n^* = -m \cdot \vec{a}_n = -m \cdot \vec{\omega} \times \vec{\omega} \times \vec{r}}$$

odstředivá síla

Velikost odstředivé síly je ovšem stejná jako velikost síly dostředivé :

$$F_n^* = F_n = m \cdot \frac{u^2}{R}$$

b) V případě (translačního) **nerovnoměrného křivočarého pohybu** soustavy S' se již bude měnit jak velikost , tak také směr a orientace unášivé rychlosti :

$$\boxed{\vec{u} \neq konst.}$$

A kromě stále existujícího normálového zrychlení se objeví ještě navíc **tečné zrychlení** :

$$\vec{a}_u = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

Odstředivá síla tak bude doplněna další setrvačnou silou mířící proti směru tečného zrychlení (viz obr.) :

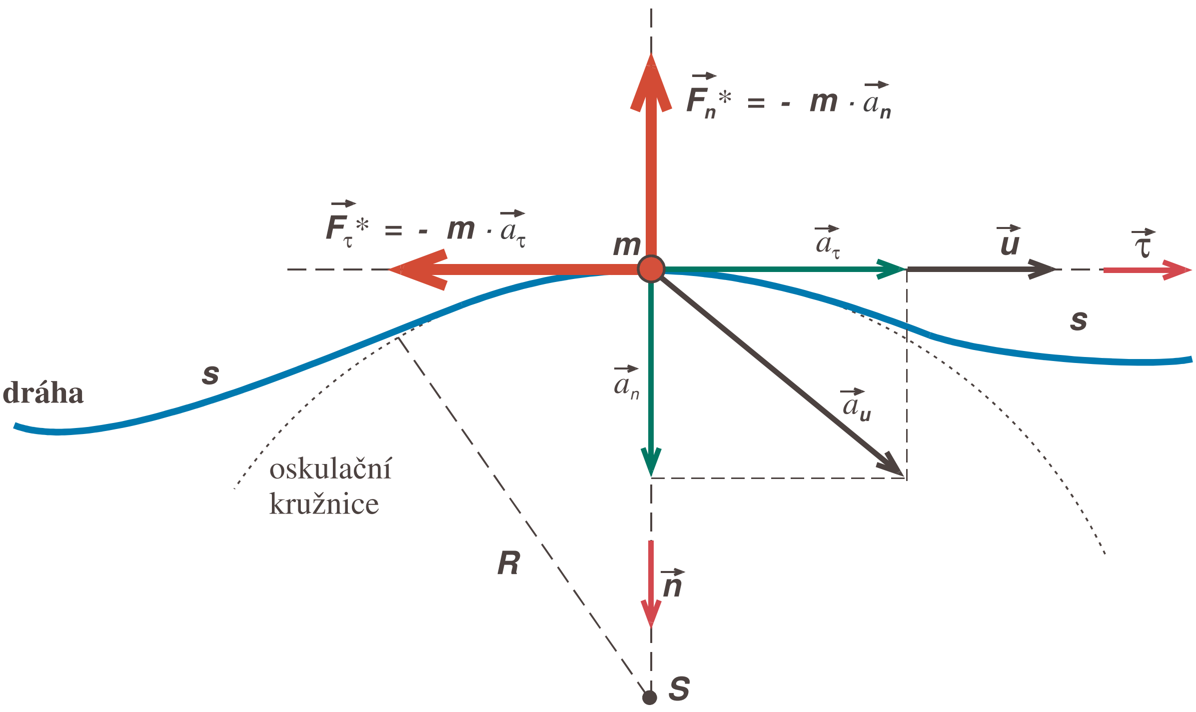
$$\boxed{\vec{F}_\tau^{\,*} \;=\; -\,m \cdot \vec{a}_\tau \;=\; -\,m \cdot \frac{du}{dt} \cdot \vec{\tau}}$$

Eulerova (setrvačná) síla

Její velikost je samozřejmě stejná jako velikost tečné síly :

$$F_\tau^{*} \;=\; F_\tau \;=\; m \cdot \frac{du}{dt}$$

Z vlastní zkušenosti (opět z dopravních prostředků, které dokáží brzdit a zrychlovat i v zatáčkách) můžeme jistě potvrdit, že obě síly skutečně existují (viz obr.).



c) Nejjednodušším (translačním) pohybem neinerciální soustavy S' je **nerovnoměrně rychlený přímočarý pohyb** (je to ovšem také pouze speciální případ nerovnoměrného křivočarého pohybu), který je možno charakterizovat proměnnou velikostí unášivé rychlosti a jejím konstantním směrem a orientací ve směru pohybu na přímce dráhy – což lze formálně zapsat jako neměnnost tečného vektoru :

$$\boxed{u \;\neq\; konst.} \qquad \boxed{\vec{\tau} \;=\; konst.}$$

Unášivé zrychlení má také směr přímky dráhy :

$$\vec{a}_u \;=\; a_u \cdot \vec{\tau} \;=\; \frac{du}{dt} \cdot \vec{\tau}$$

Setrvačnou sílu pak určíme dosazením tohoto zrychlení do základní definice :

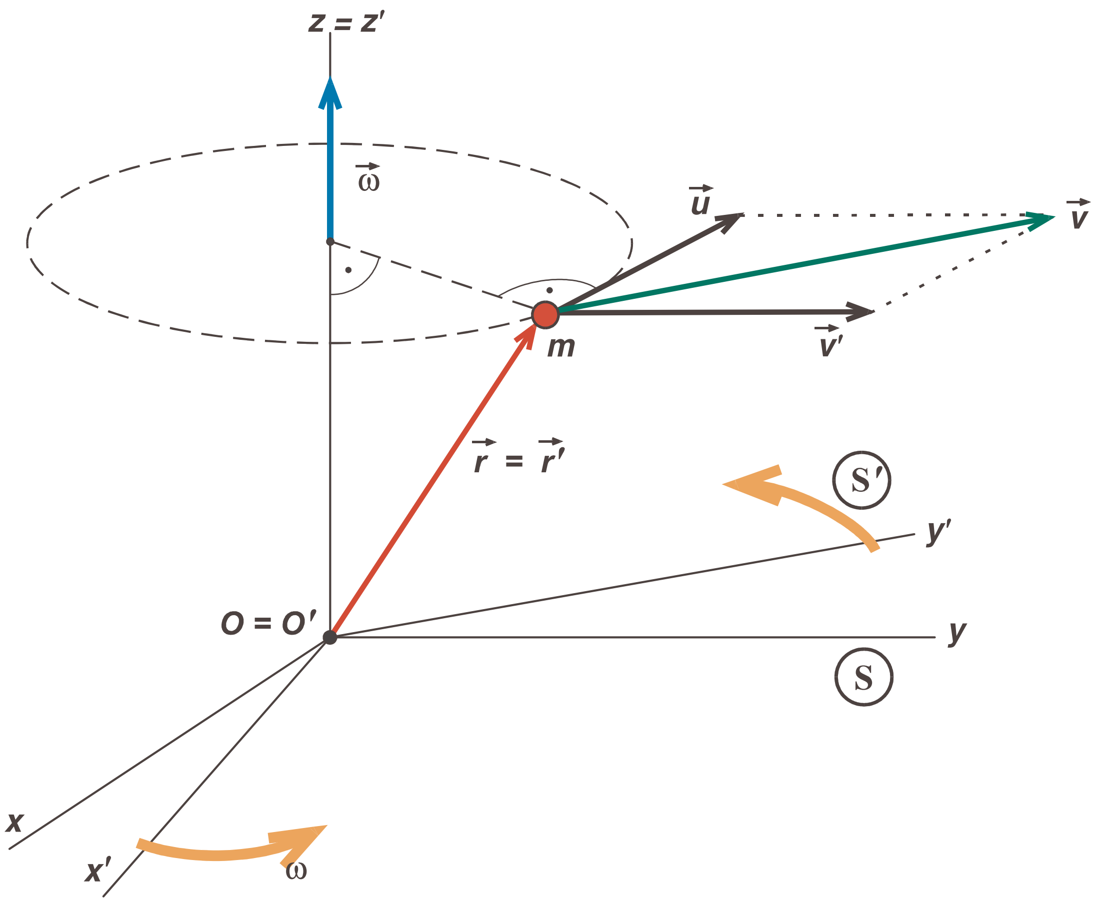
$$\boxed{\vec{F}^{*} = -m \cdot \vec{a}_u = -m \cdot \frac{du}{dt} \cdot \vec{\tau}}$$

A je zřejmé, že se vlastně principiálně jedná o tečnou ***Eulerovu setrvačnou sílu*** .

V **nejobecnějším případě** je ovšem pohyb neinerciální soustavy S' (stejně jako obecný pohyb tělesa – viz kapitola „Dynamika tuhého tělesa“) vždy vytvářen spojením pohybu **translačního** s pohybem **rotačním** . Proto na závěr prozkoumáme ještě třetí základní případ pohybu neinerciální soustavy S' :

3) ***rotační pohyb soustavy S'***

Předpokládejme, že inerciální soustava S je v klidu vůči nákresně a **neinerciální soustava S' se otáčí** úhlovou rychlostí ω kolem **společných os** $z = z'$, přičemž počátky obou soustav splývají $(O = O')$.



Opět sledujeme průvodiče **jediného** hmotného bodu m v soustavě S i S' . Protože počátky obou soustav splývají, jsou tyto vektory **totožné** :

$$\boxed{\vec{r} = \vec{r}'}$$

Souřadnice tohoto vlastně jediného vektoru jsou ovšem **různé** v obou soustavách, ale hlavně jsou různé jeho **časové změny** (přírůstky), tedy i **derivace** podle času v těchto soustavách.

Jestliže si nejprve představíme, že hmotný bod je vůči čárkované soustavě v klidu (tj. je se soustavou S' například pevně spojený), pak nám bude zřejmé, že je touto soustavou unášen a že společně s ní koná kruhový pohyb . Jeho unášivá rychlost je tedy rovna **obvodové rychlosti** kruhového pohybu :

$$\vec{u} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

Obecně se ovšem hmotný bod může v soustavě S' ještě navíc pohybovat nějakou rychlostí $\vec{v}\,'$, potom podle principu skládání rychlostí je jeho **výsledná rychlost** v klidové soustavě S rovna součtu obou těchto rychlostí :

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}\,' + \vec{\omega} \times \vec{r}}$$

skládání rychlostí v soustavě S

Rychlosti hmotného bodu jsou ovšem určeny časovými přírůstky – derivacemi - příslušných průvodičů v obou soustavách :

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d'\vec{r}\,'}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

Z důvodu rovnosti průvodičů můžeme pak psát :

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d'\vec{r}}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

Vytvořili jsme tedy rovnici platnou pro **jeden a tentýž vektor** průvodiče ve **dvou různých** soustavách, inerciální S a neinerciální S', která vysvětluje „celkový“ přírůstek průvodiče (časovou změnu, derivaci) v inerciální soustavě S jako součet jeho **vlastního přírůstku** v S' a přírůstku od unášivého **rotačního pohybu** v soustavě S'.

Posunout do počátku můžeme ovšem vektor jakékoliv fyzikální veličiny a tím se tento vektor dostane do stejné situace jako průvodič a stejným způsobem (jako vektory) se budou skládat jeho přírůstky od rotačního pohybu i od jeho vlastní změny v S'.

Dostaneme tak velmi ***obecný vztah mezi derivacemi libovolného vektoru*** $\vec{A}$ ve dvou různých vztažných soustavách – v inerciální S a v neinerciální soustavě S', rotující úhlovou rychlostí $\vec{\omega}$:

$$\boxed{\frac{d\vec{A}}{dt} = \frac{d'\vec{A}}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{A}}$$

Představa, že jakákoliv vektorová fyzikální veličina se chová stejně jako polohový vektor z mechaniky je ovšem poněkud nezvyklá, celkem ale jde pouze o maximálně názorné „odvození“ obecného, velmi nenázorného vztahu z matematické analýzy, platícího pro libovolné vektorové spojité funkce, který dokonce ani nepotřebuje předpoklad společných počátků a rotačních os obou soustav.

My tento vztah využijeme pro **výpočet zrychlení** hmotného bodu **v neinerciální soustavě** . Nejprve ho aplikujeme na vektor rychlosti v soustavě S' :

$$\frac{d\vec{v}'}{dt} = \frac{d'\vec{v}'}{dt} + \vec{\omega}\times\vec{v}'$$

Na pravé straně rovnice hned dostáváme hledané zrychlení :

$$\vec{a}' = \frac{d'\vec{v}'}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} - \vec{\omega}\times\vec{v}'$$

V prvním členu na pravé straně dosadíme za čárkovanou rychlost z počátečního základního vztahu pro skládání rychlostí a provedeme derivace podle standardních pravidel pro derivace :

$$\vec{a}' = \frac{d}{dt}(\vec{v} - \vec{\omega}\times\vec{r}) - \vec{\omega}\times\vec{v}' = \frac{d\vec{v}}{dt} - \frac{d\vec{\omega}}{dt}\times\vec{r} - \vec{\omega}\times\frac{d\vec{r}}{dt} - \vec{\omega}\times\vec{v}'$$

Na pravé straně rovnice vznikly nyní známé veličiny zrychlení , úhlového zrychleni a rychlosti hmotného bodu v soustavě S , tedy nečárkované veličiny :

$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{\varepsilon}\times\vec{r} - \vec{\omega}\times\vec{v} - \vec{\omega}\times\vec{v}'$$

A pro rychlost v S použijeme ještě jednou vztah pro skládání rychlostí a provedeme roznásobení a sdružení členů v poslední rovnici :

$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{\varepsilon}\times\vec{r} - \vec{\omega}\times(\vec{v}' + \vec{\omega}\times\vec{r}) - \vec{\omega}\times\vec{v}' = \vec{a} - \vec{\varepsilon}\times\vec{r} - \vec{\omega}\times(\vec{\omega}\times\vec{r}) - 2\vec{\omega}\times\vec{v}'$$

Po vynásobení hmotností dostaneme ihned ***pohybovou rovnici v rotující soustavě*** :

$$\boxed{m\cdot\vec{a}' = m\cdot\vec{a} - m\cdot\vec{\varepsilon}\times\vec{r} - m\cdot\vec{\omega}\times(\vec{\omega}\times\vec{r}) - 2\cdot m\cdot\vec{\omega}\times\vec{v}' = \vec{F} + \vec{F}_1^* + \vec{F}_2^* + \vec{F}_3^* = \vec{F}'}$$

Vidíme, že kromě **skutečné síly** $\vec{F}$ působící v inerciální soustavě musíme do pohybové rovnice v neinerciální rotující soustavě započítat další celkem **tři zdánlivé síly** :

$$\boxed{\vec{F}_1^* = \vec{F}_\tau^* = -m\cdot\vec{\varepsilon}\times\vec{r}}$$

Eulerova (setrvačná) síla

$$\boxed{\vec{F}_2^* = \vec{F}_n^* = -m\cdot\vec{\omega}\times(\vec{\omega}\times\vec{r})}$$

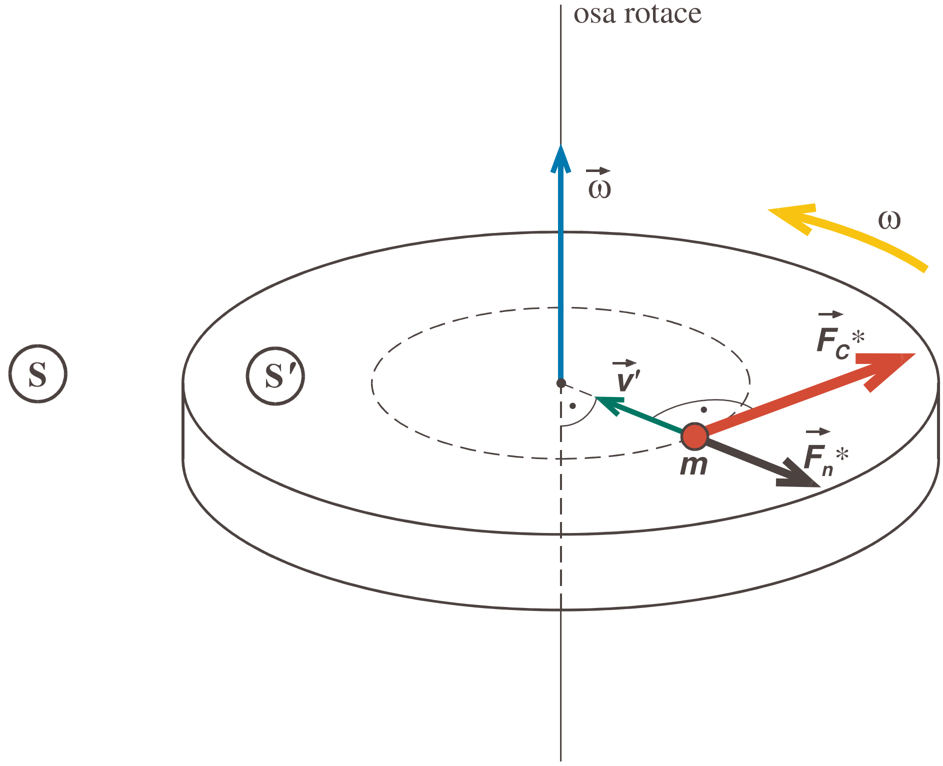
odstředivá síla

Kromě těchto dvou očekávaných a známých sil existuje ještě další síla napohled poněkud komplikovaných vlastností :

$$\boxed{\vec{F}_3^* = \vec{F}_C^* = -2\,m\cdot\vec{\omega}\times\vec{v}'}$$

Coriolisova síla

Vzorec nám ukazuje, že tato síla se objevuje pouze v případě **vlastního pohybu** hmotného bodu v neinerciální soustavě rychlostí, která není rovnoběžná s osou rotace (viz obr.).



Z důvodu relativně malé velikosti Coriolisovu sílu na povrchu Země v běžném životě přímo nepociťujeme, přesto je to veličina dobře měřitelná a za určitých okolností může mít v nějaké technické aplikaci výrazný vliv.

(Může například způsobit vír vytékající kapaliny, odlišného smyslu na severní i jižní polokouli, odklánět dráhu padající střely, stáčet rovinu matematického kyvadla …)

---

konec kapitoly **K. Rusňák, verze 03/2006**

rev. 02/2007