

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
FYZIKA	PRVNÍ	MGR. JÜTTNEROVÁ	30. 8. 2012
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
DYNAMIKA			

DYNAMIKA

Dynamika je část mechaniky, která studuje příčiny pohybu těles. Základem dynamiky jsou tři Newtonovy pohybové zákony.

SÍLA A JEJÍ ÚČINKY

Síla jako fyzikální veličina

- Síla charakterizuje vzájemné působení dvou těles
 - při vzájemném kontaktu těles
 - prostřednictvím silového pole
- Účinky síly:
 - statické – deformace těles
 - dynamické – změna pohybového stavu těles
- Síla je **vektorová fyzikální veličina** (určená velikostí, směrem a působištěm)
Působí – li na těleso (těleso nahrazujeme hmotným bodem) více sil, můžeme je vektorově sečíst pomocí vektorového rovnoběžníku.
- Jednotka síly: newton – N

*Poznámka: Těleso, na které nepůsobí žádné síly, nazýváme **izolované těleso**.*



evropský
sociální
fond v ČR



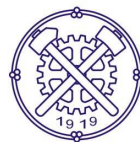
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST

SÍLA A JEJÍ ÚČINKY

Úloha 1

Uveďte příklady vzájemného působení těles

- při vzájemném kontaktu
- prostřednictvím silových polí

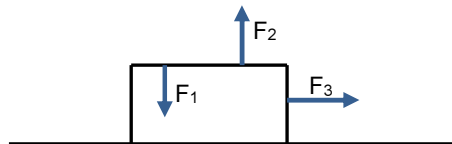
Úloha 2

Uveďte příklady

- statického účinku těles
- dynamického účinku těles

Úloha 3

Která ze sil znázorněných na obrázku může mít pohybový účinek na těleso? Jak se tento účinek projeví?



NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY

- Zákony platí v *inerciálních vztažných soustavách*. Zemský povrch můžeme považovat za inerciální vztažnou soustavu. Každá jiná vztažná soustava, která je vzhledem k této soustavě v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, je také inerciální.
- Isaac Newton (anglický matematik a fyzik) shrnul poznatky dynamiky do tří zákonů, zvaných Newtonovy pohybové zákony.

První Newtonův pohybový zákon

- **ZÁKON SETRVAČNOSTI**

Těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu tak dlouho, dokud není donuceno vnějšími silami tento svůj stav změnit.

Setrvačnost - důležitá vlastnost všech těles.
Rozlišujeme setrvačnost v klidu a setrvačnost v pohybu.

Druhý Newtonův pohybový zákon

- **ZÁKON SÍLY**

Uvažujme těleso v inerciální vztažné soustavě. Začnou-li na toto těleso působit jiná tělesa silami, změní se pohybový stav tělesa → těleso se začne pohybovat se zrychlením.

Matematické vyjádření zákona síly: $a = \frac{F}{m}$

Velikost zrychlení tělesa (při stálé hmotnosti) je přímo – úměrná velikosti výsledné síly, která na těleso působí a nepřímo – úměrná hmotnosti tělesa (při konstantní síle). Zrychlení má stejný směr jako výsledná působící síla.

Důsledky 2. NPZ:

- Čím větší je působící síla, tím větší zrychlení těleso získá.
- Čím má těleso větší hmotnost, tím větší síly je zapotřebí k tomu, abychom mu udělili požadované zrychlení. Na těleso, které se pohybuje s konstantním zrychlením, působí konstantní výsledná síla.

Jiný tvar zákona síly: $F = m \cdot a$

Jednotka síly: $[F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N}$

Newton je velikost síly, která tělesu o hmotnosti 1 kg udělí zrychlení o velikosti 1 m.s⁻².

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Třetí Newtonův pohybový zákon

➤ **ZÁKON AKCE A REAKCE.**

Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými silami opačného směru. Tyto síly současně vznikají a současně zanikají. Jedna síla se nazývá akce, druhá reakce.

Využití 3. NPZ:

- Na principu zákona je založen reaktivní pohon (uplatňuje se u vojenských a kosmických raket).



Zdroj obr: http://cs.wikipedia.org/wiki/Newtonovy_pohybovy%C3%A9_z%C3%A1kony

- Reaktivní pohon byl už znám řeckému antickému učenici Heronovi z Alexandrie (zkonstruoval rotující kouli poháněnou parními tryskami, zvanou aeolipila).



Zdroj obr: <http://geschiedenisstoommachine.blogspot.cz/>



evropský
sociální
fond v ČR



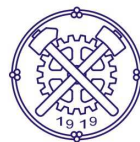
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 1

NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY

Úloha 1

Uveďte příklady 1. Newtonova pohybového zákona

Úloha 2

Uveďte příklady setrvačnosti

a) v klidu

b) v pohybu

Úloha 3

Vysvětlete:

a) setřásání vody z mokré ruky

b) vyprašování prachovky

c) klepání koberců



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 2

NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY

Úloha 4

Akce a reakce jsou dvě stejně velké síly opačného směru. Vyruší se? Pokud ne, uveďte d

Úloha 5

Uveďte příklady 3.NPZ

Otázky:

- 1) Vysvětlete, co je to izolované (volné) těleso a proč je nemůžeme v praxi pozorovat.
- 2) Jak bychom mohli vytvořit model izolovaného (volného) tělesa? Čím se tento model liší od izolovaného tělesa?
- 3) Proč při prudkém brzdění tramvaje padáme dopředu?
- 4) Jak se projeví setrvačnost těles v pohybu při jízdě autobusu v zatáčce?
- 5) Proč musí cestující v automobilech používat bezpečnostní pásy?
- 6) Jak můžeme na klidné hladině uvést do pohybu malou loďku, aniž bychom použili veslo?
- 7) Dva chlapci jsou v loďkách plujících na hladině jezera. Chlapec v jedné loďce odstrkuje veslem druhou loďku. Která z loďek se dá do pohybu?
- 8) Vysvětlete, v jakém případě udělují síly vzájemného působení oběma tělesům stejně velká zrychlení.
- 9) Proč je nebezpečné vyskakovat z jedoucího vozidla?



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 3

NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY

Příklad 1:

Těleso o hmotnosti 1,5 t se pohybuje se stálým zrychlením o velikosti $50 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$. Určete, jak velká je velikost působící síly. Tření neuvažujte.

Příklad 2:

Těleso o hmotnosti 200 g, které bylo na začátku v klidu, působením stále síly dosáhlo na konci šesté sekundy rychlosti o velikosti 3 m/s. Určete velikost síly působící na těleso.

Příklad 3:

Těleso, které bylo na začátku v klidu, se začalo působením stálé síly 20 N pohybovat rovnoměrně zrychleně a urazilo při tom za 10 s dráhu 25 m. Určete jeho hmotnost.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

HYBNOST TĚLESA A IMPULS SÍLY

- Na těleso působí konstantní síla F , která tělesu uděluje zrychlení a .

$$\text{Dosadíme do 2. NPZ } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Po odstranění zlomku dostaneme: $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$

Součin síly a doby, po kterou síla působila, je roven součinu hmotnosti tělesa a přírůstku jeho rychlosti.

$$I = F \cdot \Delta t$$

**Součin síly a doby, po kterou síla působí, je impuls síly I .
Je to vektorová fyzikální veličina.**

Jednotka impulsu síly: $[I] = N \cdot s$ (newton sekunda)

- $p = m \cdot v$

**Součin hmotnosti tělesa a jeho rychlosti je hybnost tělesa p .
Je to vektorová fyzikální veličina. Její směr je shodný se směrem rychlosti tělesa.**

Jednotka hybnosti tělesa: $[p] = kg \cdot m \cdot s^{-1}$ (kilogrammetr za sekundu)

Změna hybnosti: $\Delta p = m \cdot \Delta v$

- Rovnici $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$ můžeme zapsat ve tvaru $I = \Delta p$

Impuls síly je roven změně hybnosti tělesa.

Změna hybnosti závisí na síle, která na těleso působí a na době, po kterou síla působí.

Zákon zachování hybnosti (ZZH) pro tělesa, která jsou původně v klidu

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = 0$$

Jsou-li dvě tělesa uvedena z klidu do pohybu jen vzájemným silovým působením, zůstává součet jejich hybností nulový.

$$m_1 \cdot v_1 = -m_2 \cdot v_2$$

Hybnosti, které tělesa (vozíčky) při vzájemném silovém působení nabudou, jsou stejně velké, ale opačného směru.

Po úpravě dostaneme:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Rychlosti těles (vozíčků) jsou v opačném poměru než jejich hmotnosti.

Využití ZZH a 3. NPZ v praxi

- V letectví a kosmonautice se uplatňují reaktivní motory.
- Zpětný náraz při výstřelu ze střelné zbraně.

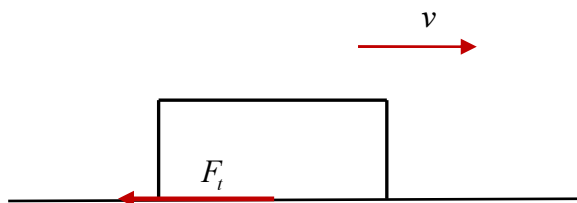
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SÍLY, KTERÉ BRZDÍ POHYB TĚLESA

- Tyto síly směřují proti pohybu tělesa a brzdí tento pohyb.
- Odporové síly, které vznikají při pohybu jednoho tělesa po povrchu jiného tělesa:
 - a) smykové tření
 - b) valivý odpor

Smykové tření

- O smykovém tření mluvíme tehdy, jestliže se těleso posouvá (smýká) po povrchu jiného tělesa. Na těleso přitom působí třecí síla F_t , která brzdí jeho pohyb. Při posouvání jednoho tělesa po povrchu druhého nerovnosti obou ploch na sebe narážejí, deformují se a obrušují.
- **Třecí síla:** směřuje vždy proti pohybu tělesa, její působiště je na styčné ploše těles.



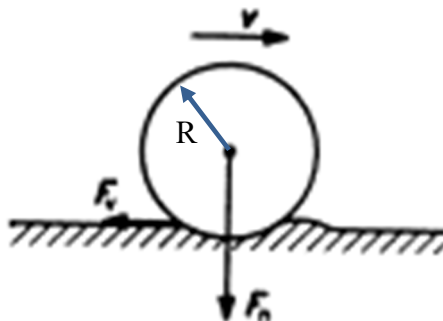
- Příčina vzniku třecí síly: nerovnosti styčných ploch a jejich deformace.
- Velikost třecí síly: $F_t = f \cdot F_N$
Velikost třecí síly je přímo-úměrná velikosti tlakové síly.
 F_N - tlaková síla
 f - součinitel smykového tření
- **Tlaková síla:**
Těleso působí na podložku tlakovou silou, která je kolmá k podložce.
Je-li podložka vodorovná, je **tlaková síla** rovna tíze tělesa: $F_N = G = m \cdot g$
- **Součinitel smykového tření:**
 - Součinitel smykového tření f je fyzikální veličina s rozměrem 1.
 - Závisí na jakosti styčných ploch.
Je větší pro drsné plochy a menší pro hladké plochy.
- **Vlastnosti třecí síly:**
 - Třecí síla nezávisí na plošném obsahu styčných ploch.
 - Při malých rychlostech nezávisí na rychlosti, kterou se tělesa po sobě posouvají (při velkých rychlostech se součinitel tření zmenšuje).
 - Je přímo-úměrná velikosti tlakové síly.
 - Závisí na materiálu styčných ploch (na součiniteli f).
 - Za klidu působí mezi tělesem a podložkou klidové tření. Třecí síla je při klidovém tření větší než třecí síla při pohybu. Součinitel klidového tření f_0 je větší než součinitel f smykového tření.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Užitečné tření:**
Třecí síly umožňují chůzi, jízdu vozidel, plavbu lodí, zatloukání hřebíků, používání šroubů, opracování povrchů těles (například pilníky, bruskami).
Při náledí se sypou chodníky a cesty, aby se třecí síla zvětšila.
- **Škodlivé tření:**
Opotřebování pneumatik, zahřívání součástek.
Nežádoucí účinky snižujeme mazáním styčných ploch, tím se zmenšují třecí síly (v ložiscích motorových vozidel a strojů).

Valivý odpor

- O valivém odporu mluvíme tehdy, jestliže se těleso o kruhovém průřezu valí po pevné podložce (válec po vodorovné cestě). Na těleso přitom působí odporová síla F_V , která brzdí jeho pohyb.
- Příčina: stlačování a deformace podložky a valícího se tělesa.
- **Odporová síla:**
směřuje vždy proti pohybu tělesa



Zdroj obr: <http://radek.jandora.sweb.cz/f02.htm>

▪ Odporová síla: $F_V = \xi \frac{F_N}{R}$

Velikost odporové síly je přímo-úměrná tlakové síle F_N , kterou působí těleso na podložku a nepřímo-úměrná poloměru tělesa R .

Součinitel ξ (řecké písmeno ksi) ... rameno valivého odporu

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Rameno valivého odporu:**
 - Jeho hodnoty jsou různé pro různé povrchy tělesa a podložky.
 - Jednotka: $[\xi] = m$
- **Za stejných podmínek je odporová síla při valení tělesa mnohem menší než třecí síla $\Rightarrow$ smykové tření se snažíme nahradit valivým odporem.**
 - Při přemísťování těžkých předmětů pokládáme pod ně válečky.
 - Pro uložení hřídelů ve strojích používáme válečková nebo kuličková ložiska.



Zdroj obr: <http://www.loziska-velkoobchod.cz/cz/naklapeci-kulickova-a-valeckova-loziska>



evropský
sociální
fond v ČR



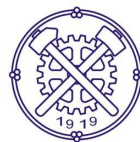
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 1

SMYKOVÉ TŘENÍ A VALIVÝ ODPOR

Otázka 1:

Jaký směr má třecí síla?

Otázka 2:

V jakých jednotkách udáváme součinitel smykového tření a rameno valivého odporu?

Otázka 3:

Proč musí jet řidiči motorových vozidel na mokrých vozovkách opatrněji než na suchých? Proč je nebezpečná jízda po náledí?

Otázka 4:

Na čem závisí součinitel smykového tření?

Otázka 5:

Na sedadle vagonu leží kniha a tenisový míček. Při rozjíždění vlaku se začal pohybovat míček, zatímco kniha zůstala v klidu. Vysvětlete.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST 2

SMYKOVÉ TŘENÍ A VALIVÝ ODPOR

Příklad 1:

Určete, jak velkou silou musíme působit na bednu o hmotnosti 200 kg, abychom ji mohli rovnoměrným pohybem posouvat po vodorovné podlaze, je-li součinitel smykového tření mezi povrchem bedny a podlahou 0,1.

Příklad 2:

Chlapec tlačí bednu silou 50 N. Vypočítejte hmotnost bedny, je-li součinitel smykového tření 0,02 a pohyb bedny rovnoměrný.

Příklad 3:

Vlak o hmotnosti 500 t jede rovnoměrným pohybem po vodorovné trati. Zjistěte, jaký je součinitel tření, je-li tažná síla lokomotivy 15 kN.

Příklad 4:

Určete sílu, kterou musí vyvinout cyklista k překonání odporové síly valivého odporu při jízdě po vodorovné silnici. Hmotnost cyklisty je 80 kg, rameno valivého odporu je 1,6 mm, průměr kol je

- a) 64 cm
- b) 32 cm

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

DOSTŘEDIVÁ SÍLA

- Při rovnoměrném pohybu po kružnici má těleso dostředivé zrychlení $\Rightarrow$ působí na něj dostředivá síla.
- Pro velikost dostředivé síly platí: $F_d = m \cdot a_d$

$$F_d = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_d = m \omega^2 r$$

- Dostředivá síla má stejný směr jako dostředivé zrychlení, směřuje vždy do středu kružnice.
- Dostředivá síla je stále kolmá ke směru okamžité rychlosti hmotného bodu: $F_d \perp v$
- Působí-li na hmotný bod při rovnoměrném pohybu po kružnici více sil, je dostředivá síla výslednicí všech těchto sil.
- Pokud přestane dostředivá síla působit, těleso se pak pohybuje rovnoměrně přímočaře ve směru rychlosti v (ve směru tečny k trajektorii).

Odstředivá síla

- Reakcí k dostředivé síle (podle 3. NPZ) je **odstředivá síla** F_o .
- Je stejně velká jako dostředivá síla, ale má opačný směr.
- Roztočíme-li rukou uličku upevněnou na niti, působí na kuličku dostředivá síla a na naši ruku odstředivá síla.
- Působení odstředivé a dostředivé síly můžeme pozorovat i u těles, která nejsou spolu spojena přímým stykem. Na družici, která obíhá po kružnici kolem Země, působí Země dostředivou silou a družice působí na Zemi stejně velkou odstředivou silou.
- Přestane-li působit dostředivá síla, zaniká současně s ní i síla odstředivá. Hmotný bod se pak pohybuje setrvačností ve směru tečny ke kružnici.

Využití účinků dostředivé a odstředivé síly:

- Odstředivky, odstředivá čerpadla.
- Jízda vozidlem v zatáčce.
- Atlet vrhající sportovní kladivo.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PRACOVNÍ LIST

DOSTŘEDIVÁ SÍLA

Otázky:

- 1) Vysvětlete působení dostředivé a odstředivé síly při oběhu Země kolem Slunce.
- 2) Vysvětlete působení dostředivé a odstředivé síly při jízdě vlaku v zatáčce.
- 3) Proč mají zatáčky na dálnicích velké poloměry křivosti?

Příklad 1:

Koule o hmotnosti 2 kg koná rovnoměrný pohyb po kružnici o poloměru 3 m. Vypočtěte velikost rychlosti koule, působí-li na ni síla o velikosti 6 N.

Příklad 2:

Automobil o hmotnosti 1 t vjede do zatáčky o poloměru 200 m rychlostí 72 km/h. Jak velká výsledná síla na něj působí? Kolikrát je tato síla menší než tíhová síla působící na automobil?

Příklad 3:

Zjistěte, jakou největší rychlostí může automobil projíždět neklopenou zatáčku o poloměru 100 m, je-li součinitel smykového tření pneumatik o vozovku 0,30.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VZTAŽNÉ SOUSTAVY

Vztažná soustava

- Je soustava těles, vůči nimž posuzujeme, zda je těleso v klidu nebo se pohybuje.
- **Inerciální vztažná soustava:** je vztažná soustava, v níž je těleso v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu. Platí v ní Newtonovy pohybové zákony. Za tuto soustavu můžeme považovat každou vztažnou soustavu pevně spojenou s povrchem Země.
- **Neinerciální vztažná soustava:** je vztažná soustava, která se vzhledem k inerciální soustavě pohybuje zrychleně nebo zpomaleně. Neplatí v ní Newtonovy pohybové zákony. Pozorovatel v této soustavě zjišťuje existenci síly, která **vzniká v důsledku zrychleného pohybu** vztažné soustavy (nikoli vzájemným působením těles). Tuto sílu nazýváme **setrvačná síla**.

Setrvačná síla uděluje tělesu uvnitř neinerciální soustavy zrychlení opačného směru, než je zrychlení neinerciální soustavy. Proto platí:

$$F_s = -m \cdot a$$

Otázky:

- 1) Uveďte příklady inerciálních a neinerciálních soustav.

- 2) Vyjádřete a vysvětlete své pocity ve výtahu při jeho:

a) rozjíždění směrem vzhůru a zastavování

b) rozjíždění směrem dolů a zastavování

- 3) Uveďte příklady, kdy vzniká přetížení, a vysvětlete, za jakých podmínek k tomu dochází.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PŘÍKLADY NA PROCVIČENÍ

- 1) Stálá síla o velikosti 10 N začala působit na těleso o hmotnosti 4 kg, které bylo v klidu. Jak velké rychlosti dosáhlo za 0,1 min? Vypočítejte velikost zrychlení a dráhu vykonanou při rozjíždění.
- 2) Na těleso o hmotnosti 0,2 kg, které je na začátku v klidu, začne působit stálá síla 0,1 N. Jakou rychlost získá těleso za 6 s od začátku pohybu a jakou dráhu při tom urazí?
- 3) Vlak o hmotnosti 200 t jedoucí rychlostí o velikosti 40 km/h p vodorovné trati se zastaví rovnoměrně zpomaleným pohybem. Při brzdění urazí dráhu 300 m. Vypočítejte velikost brzdící síly.
- 4) Vlak jede v zatáčce o poloměru 360 m rychlostí o velikosti 54 km/h. Vypočítejte velikost dostředivého zrychlení.
- 5) Bruska o průměru 230 mm se při 2820 otáčkách za minutu roztrhla. Jak velká dostředivá síla působila v okamžiku před roztržením na část brusky o hmotnosti 50 g, jejíž těžiště bylo vzdáleno 110 mm od osy otáčení?
- 6) Při jízdě motorového vozidla v neklopené zatáčce nesmí překročit velikost odstředivé síly velikost třecí síly mezi pneumatikami a vozovkou. Jakou největší rychlostí smí vjet vozidlo do zatáčky o poloměru 100 m, je-li součinitel tření mezi pneumatikami a vozovkou 0,4?
- 7) Jaká je nejkratší vzdálenost, na které může zastavit automobil jedoucí po vodorovné silnici rychlostí 72 km/h, je-li součinitel smykového tření mezi pneumatikami a vozovkou 0,25?
- 8) Kvádr o hmotnosti 10 kg leží na vodorovné podlaze. Jak velkou vodorovnou silou na něj musíme působit, aby se pohyboval se zrychlením 2 m/s^2 , je-li součinitel smykového tření mezi kvádrem a podlahou 0,1?
- 9) Vlak má hmotnost 200 t a rozjíždí se z klidu rovnoměrně zrychleným pohybem. Za 2 minuty dosáhne rychlosti o velikosti 54 km/h. Vypočítejte velikost tahové síly lokomotivy při rozjíždění, je-li součinitel smykového tření 0,005.



evropský
sociální
fond v ČR



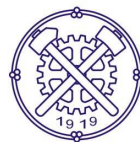
EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a internetových zdrojů

E. SVOBODA, F. BARTÁK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro technické obory. SPN, 1989.
O. LEPIL, M. BEDNAŘÍK, R. HÝBLOVÁ R: Fyzika I pro SŠ. Prometheus 1993.
K. BARTUŠKA: Sbírka řešených úloh z fyziky I. Prometheus 1997.
M. BEDNAŘÍK, M. ŠIROKÁ: Fyzika pro gymnázia Mechanika. Prometheus 2010
V. KOHOUT: Fyzika zásobník úloh pro SŠ. Scientia, spol.s r.o., 2006
F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M. ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky. SPN 1988
O. LEPIL A KOLEKTIV: Fyzika Sbírka úloh pro střední školy. Prometheus 2005
F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M.ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbírka úloh z fyziky pro studijní obory
SOU a SOŠ. SPN 1988

<http://cs.wikipedia.org/wiki>

<http://geschiedenisstoommachine.blogspot.cz>

<http://radek.jandora.sweb.cz>

<http://www.loziska-velkoobchod.cz>