

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
FYZIKA	PRVNÍ	MGR. JÜTTNEROVÁ	29. 10. 2012
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
MECHANIKA TUHÉHO TĚLESA			

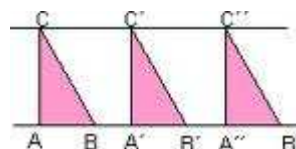
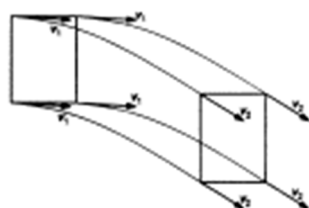
POJEM TUHÉ TĚLESO

- Budeme uvažovat takové pohyby tělesa, při nichž nelze zanedbat tvar a rozměry tělesa.
- Zavedeme **model tuhého tělesa**:
Tuhé těleso je ideální těleso, jehož tvar ani objem se účinkem vnějších sil nemění.

POHYBY TUHÉHO TĚLESA

Tuhé těleso může konat pohyb:

- 1) **posuvný** – tento pohyb koná například:

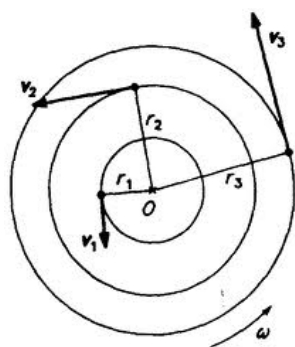


Zdroj obr: <http://mat-fyz.webnode.cz>

- všechny body tělesa mají stejnou okamžitou rychlost
- všechny body tělesa opisují stejné trajektorie

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2) **otáčivý** – tento pohyb koná například:



Zdroje obr: <http://kvinta-html.wz.cz/fyzika>, <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/09-23-Polak>

- body tělesa opisují kružnice, jejichž středy leží na ose otáčení
- body tělesa se pohybují různou obvodovou rychlostí; velikost obvodové rychlosti závisí na jejich vzdálenosti od osy rotace podle vztahu $v = r \cdot \omega$
- všechny body se pohybují se stejnou úhlovou rychlostí

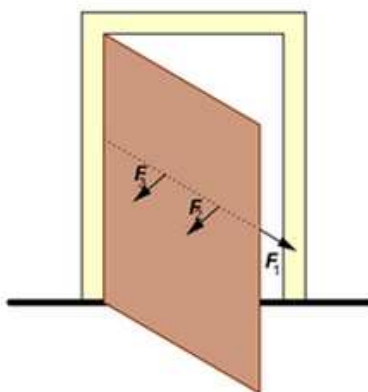
Uveďte příklady těles, která konají posuvný i otáčivý pohyb současně:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

MOMENT SÍLY VZHLEDEM K OSE OTÁČENÍ

- Budeme uvažovat tuhé těleso, které se otáčí kolem nehybné osy (brusný kotouč, ventilátor, kolo bicyklu, okna a dveře místností).
- Chceme-li těleso otáčivé kolem osy uvést do pohybu, musíme na ně působit silou.
- Otáčivý účinek síly závisí na:
 - 1) velikosti síly
 - 2) na směru síly
 - 3) na poloze působišť sil

Příklad: Na dveře působíme postupně silami F_1, F_2, F_3 , které mají stejnou velikost (viz obr.).



Zdroj obr: <http://www.techmania.cz>

Napište, jak se budou dveře pohybovat působením síl F_1, F_2, F_3 :

F_1 :

F_2 :

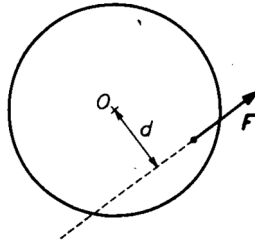
F_3 :

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Fyzikální veličina, která vyjadřuje otáčivý účinek síly ... **moment síly** vzhledem k ose otáčení.

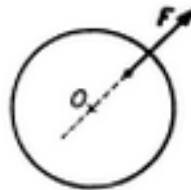
- Moment síly: $\vec{M} = \vec{F} \cdot d$

- F je síla, která působí na těleso a je kolmá k ose otáčení
- d je **rameno síly**, je to kolmá vzdálenost přímky, na níž leží síla, od osy otáčení
- přímku, na níž leží síla, nazýváme **vektorová přímka síly**



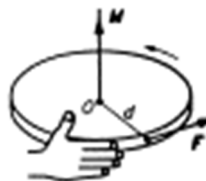
Zdroj obr: <http://radek.jandora.sweb.cz>

- otáčivý účinek síly se nezmění, posuneme-li ji do libovolného bodu na její vektorové přímce
- protíná-li vektorová přímka síly osu otáčení, je rameno síly nulové \Rightarrow moment síly je roven nule



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

- směr momentu síly určíme podle **pravidla pravé ruky**:
Položíme-li pravou ruku na těleso tak, aby prsty ukazovaly směr otáčení tělesa, pak vztyčený palec ukazuje směr momentu síly.



Zdroj obr: <http://www.devbook.cz/maturitni-otazky-z-fyziky>

- **znaménková dohoda**:
+ M je při otáčení tělesa proti směru hodinových ručiček
– M je při otáčení tělesa ve směru hodinových ručiček
- jednotka momentu síly:
 $M = F \cdot d$
 $[M] = N \cdot m$... **newton metr**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

MOMENTOVÁ VĚTA

- Na těleso otáčivé kolem nehybné osy může působit více sil.
- Jejich výsledný účinek je dán výsledným momentem sil M .

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n$$

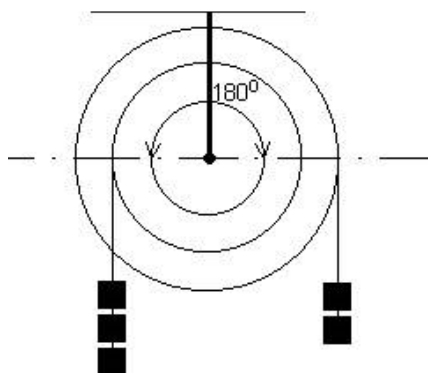
Výsledný moment je vektorovým součtem momentů jednotlivých sil vzhledem k ose otáčení.

- **Momentová věta:**

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = 0$$

Je-li výsledný moment sil vzhledem k ose otáčení roven nule, potom se otáčivý účinek sil působících na těleso ruší.

- Platnost momentové věty můžeme vidět na momentovém kotouči:



Zdroj obr: <http://amper.ped.muni.cz/~xstibor/pokusy/cislo3.htm>

Úloha 1

Na kotouč otáčivý kolem vodorovné osy působí dvě síly o velikostech $F_1 = 30N$, $F_2 = 20N$, jejichž ramena jsou $d_1 = 20cm$, $d_2 = 30cm$.

Moment síly $M_1 =$ _____ znaménko je: _____

Moment síly $M_2 =$ _____ znaménko je: _____

Vektorový součet momentů obou sil je: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 =$ _____

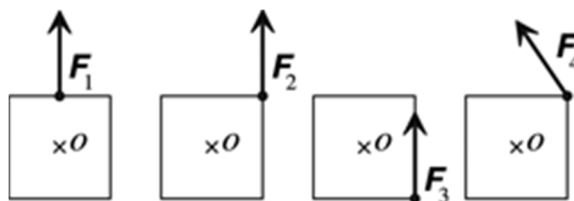
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úloha 2

Na desku tvaru čtverce (viz obr.), která je otáčivá kolem nehybné osy jdoucí středem desky kolmo k rovině desky, působí postupně síly F_1 , F_2 , F_3 , F_4 . Všechny síly mají stejnou velikost.

Určete:

- která síla má na desku největší otáčivý účinek
- která síla má na desku nulový otáčivý účinek
- které síly mají na desku stejný otáčivý účinek



Zdroj: <http://fjv.sweb.cz/prikl/Fprikl2x5.htm>

-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----

-
-
-

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

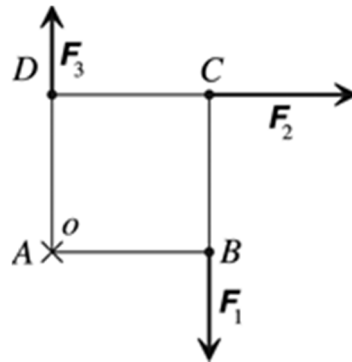
Úloha 3

Deska tvaru čtverce o straně 2 m je otáčivá kolem osy procházející vrcholem A a je kolmá k jeho rovině.

Ve vrcholu B působí síla $F_1 = 40\text{ N}$, ve vrcholu C působí síla $F_2 = 50\text{ N}$, ve vrcholu D síla $F_3 = 30\text{ N}$.

Určete: a) velikosti momentů jednotlivých sil vzhledem k ose otáčení

b) velikost výslednice sil F_1, F_2



Zdroj: <http://fjv.sweb.cz/prikl/Fprik12x5.htm>

a) -----

b) -----

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

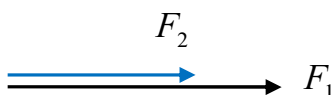
SKLÁDÁNÍ SIL

- Jestliže na těleso působí více sil \Rightarrow můžeme tyto síly nahradit jedinou silou, tzv. **výslednicí sil**.
- Síly, které skládáme, nazýváme **složky**.
- Výslednice sil má na těleso stejné účinky jako skládané síly.

Skládání sil působících na těleso v jednom bodě

Vyznačte graficky výslednici sil a zapište její velikost:

a) $F_1 = 5N; F_2 = 3N$



$F =$ _____

b) $F_1 = 2,5N; F_2 = 3N$



$F =$ _____

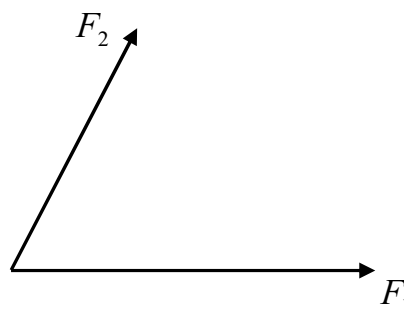
c) $F_1 = 7N; F_2 = 6N$



$F =$ _____

$F =$ _____

d)



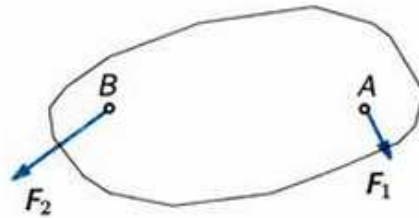
Poznámka:

V případech c), d) síly F_1, F_2 doplníme na tzv. **rovnoběžník sil**.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Skládání dvou různoběžných sil působících na těleso v různých bodech

Do obrázku vyznačte graficky výslednici sil:



Zdroj obr: http://www.ooocities.org/vektor_ol/html/i/id.html

Postup pro zjištění výslednice sil:

- 1) působíště sil F_1, F_2 posuneme po jejich vektorových přímkách do společného působíště C
- 2) sečteme tyto síly pomocí vektorového rovnoběžníku jako síly působící v témže bodě
- 3) dostaneme výslednici sil, kterou posuneme po její vektorové přímce do bodu O ležícího na spojnici bodů A, B
- 4) výslednice F v působíšti O má stejný pohybový účinek na těleso jako síly F_1, F_2 působící v bodech A, B

Skládání dvou rovnoběžných sil:

a) stejného směru

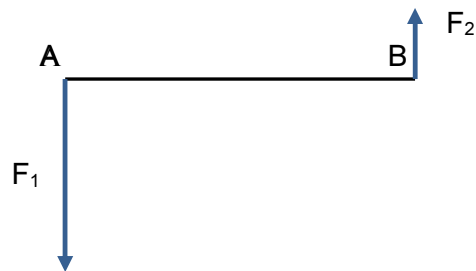
Vyznačte graficky působíště výslednice sil a výslednou sílu:



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) opačného směru

Vyznačte graficky působíště výslednice sil a výslednou sílu:



Příklad

Určete velikost a působíště dvou rovnoběžných sil $F_1 = 40N$, $F_2 = 60N$, je-li vzdálenost jejich působíšť 2 m. Síly jsou:

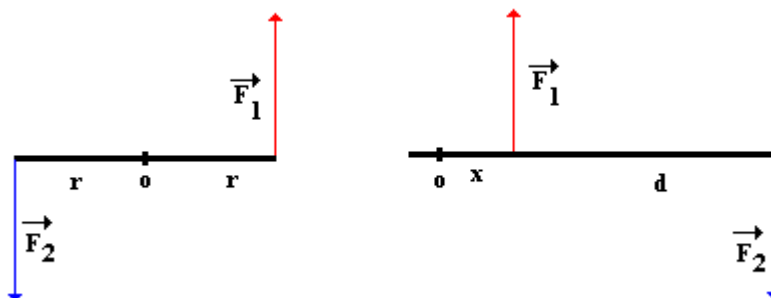
a) stejného směru

b) opačného směru

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

DVOJICE SIL

- Jsou dvě stejně velké síly opačného směru, které neleží v jedné přímce.
- Jestliže je výslednice dvojice sil nulová \Rightarrow tyto síly nemůžeme nahradit jedinou silou.
- Dvojice sil má na těleso **otáčivý účinek**.
- **Tuhé těleso může být uvedeno do otáčivého pohybu jen dvojicí sil.**



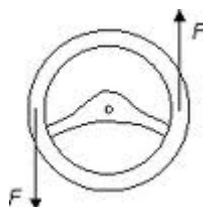
Zdroje obr: <http://www.devbook.cz/maturitni-otazky-z-fyziky>

- Míru otáčivého účinku dvojice sil vyjadřuje **moment dvojice sil** \vec{D} .

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot d$$

Velikost momentu dvojice sil je rovna součinu velikosti jedné síly a ramena dvojice sil. Rameno dvojice je vzájemná vzdálenost vektorových přímkou obou sil. Moment dvojice nezávisí na poloze osy, kolem níž se těleso otáčí.

- Dvojice sil působí například při utahování šroubů nebo při otáčení volantem.

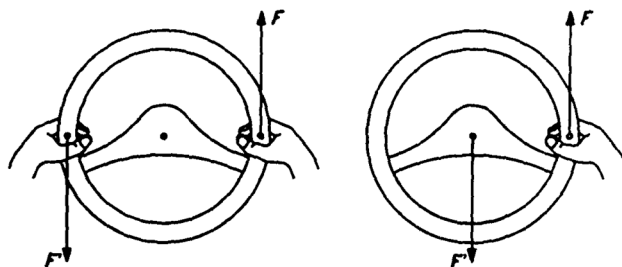


Zdroj obr: <http://www.devbook.cz/maturitni-otazky-z-fyziky>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úloha

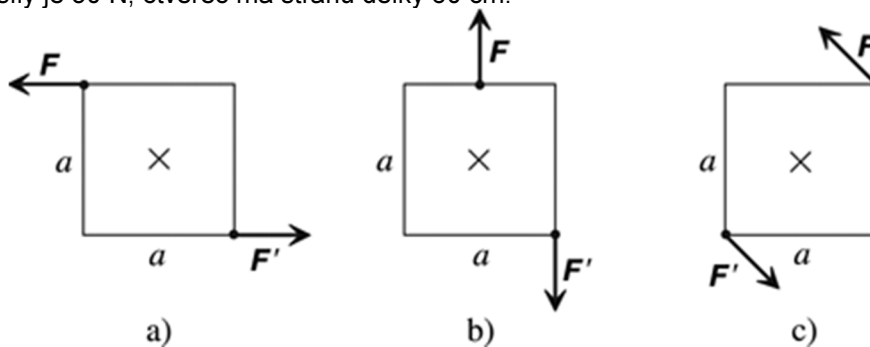
Určete, při kterém způsobu řízení (řízení oběma rukama, řízení jednou rukou) musí řidič vynaložit větší sílu, aby moment dvojice zůstal stejný. Viz obr.



Zdroj obr: <http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanika>

Příklad

Určete velikost momentu dvojice sil F a F' (viz obr.)
Velikost každé síly je 30 N, čtverec má stranu délky 60 cm.



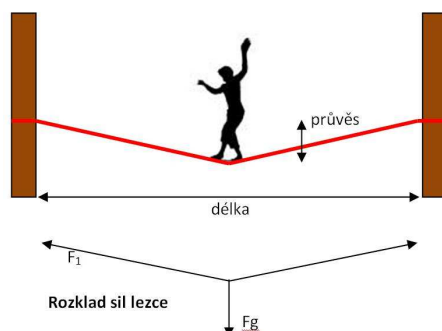
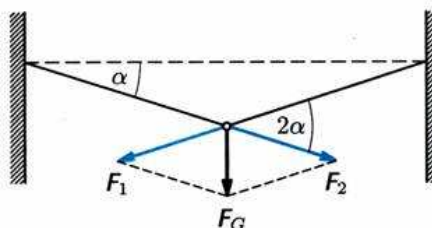
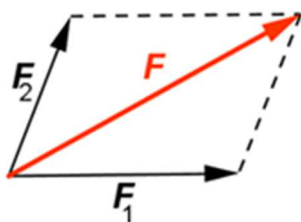
Zdroj: <http://fjv.sweb.cz/prik1/Fprik12x5.htm>

a) ----- b) ----- c) -----

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

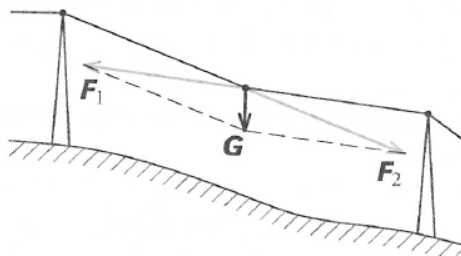
ROZKLÁDÁNÍ SIL

- Chceme-li rozložit sílu na složky, musíme ji nahradit dvěma nebo více silami, jejichž účinek na těleso je stejný jako účinek dané síly.
- Při rozkládání sil platí stejná pravidla jako při skládání sil.
- Při rozkládání síly na dvě různoběžné složky většinou volíme směry, do nichž chceme sílu rozložit. Potom určíme velikosti složek.



Zdroje obr: <http://mog.wz.cz/fyzika/1rocnik/kap303.htm>, <http://nam.4fan.cz/?p=1101>

- V praxi je důležitý rozklad sil tělesa zavěšeného na laně. Na obrázku je zobrazena část lanovky mezi dvěma stožáry se zavěšenou kabinou. Tíhu kabiny rozložíme na síly F_1 a F_2 , které napínají lano a současně prostřednictvím napjatého lana působí na vrcholy stožárů. Tyto síly mohou být mnohem větší než tíha samotné kabiny.

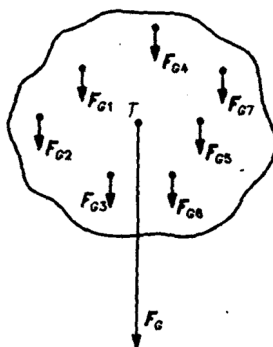


Zdroj obr: <http://www.google.cz>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

TĚŽIŠTĚ TĚLESA

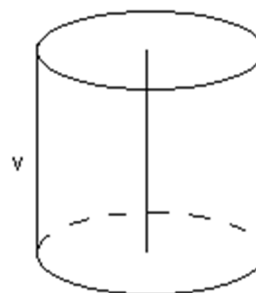
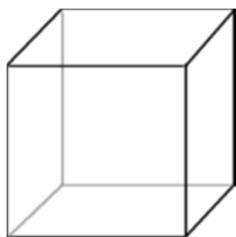
- Tuhé těleso si představujeme složené z velkého počtu hmotných bodů. Na tyto body působí tíhové síly $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$, které jsou rovnoběžné a mají svislý směr (těleso je umístěno v homogenním tíhovém poli Země). Výslednice všech těchto sil je tíhová síla F_G . Její působíště leží v těžišti tělesa.
- Těžiště T tělesa je působíště výslednice všech tíhových sil F_G , které působí na jednotlivé hmotné body tělesa.



Zdroj obr: <http://kvinta-html.wz.cz/fyzika/mechanika>

- Poloha těžiště závisí na rozložení látky v tělese:
 - *Homogenní (stejnorodá) a pravidelná tělesa - krychle, kvádr, válec, koule*

Úloha: vyznačte těžiště u následujících těles:



Zdroje obr: <http://web.quick.cz/haramule/valec.htm>, <http://www.ansett-kulecniky.cz/eshop/kulecnikove-koule.htm>, <http://web.natur.cuni.cz/ugmnz/mineral/hry.html>

Těžiště těchto těles leží

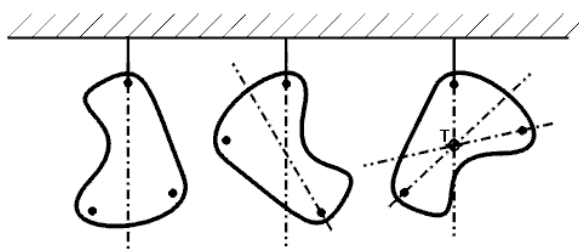
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- *Některá tělesa (prstýnek, obruč, podkova, dutá koule) mají těžiště mimo těleso*



Zdroje obr: <http://www.podkovy.cz>, <http://extraceny.mimishop.cz>

- *Tenké nepravidelné desky*



Zdroj obr: <http://physics.ujep.cz/~rseifert/oldweb/dipl/diplomka.html>

- polohu těžiště určíme opakovaným zavěšováním aspoň ve dvou různých bodech na jejich obvodu
- po každém zavěšení nakreslíme na desku přímku (těžnici) ve směru prodlouženého závěsu
- těžiště T desky leží v průsečíku těchto přímek (těžnic)

- *Nehomogenní (nestejnorodá) a nepravidelná tělesa*



Zdroj obr: http://www.rozdily.cz/Rozd%C3%ADl_mezi_ko%C5%A1t%C4%9Btem_a_smet%C3%A1kem

- přibližně lze určit polohu těžiště **podpíráním** těles
- podepřeme-li například smetákovou tyč tak, aby byla ve vodorovné rovnovážné poloze, těžiště se nachází právě nad místem podepření

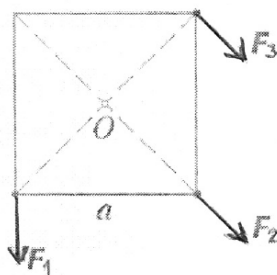
➤ Těžiště tělesa můžeme určit:

- početně
- experimentálně
- graficky

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

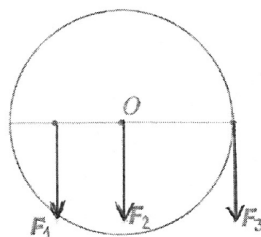
PŘÍKLADY NA PROCVIČENÍ

- 1) Jak velká je výslednice sil 30 N a 40 N? Síly působí v jednom bodě tuhého tělesa a jsou:
 - a) stejného směru
 - b) opačného směru
 - c) navzájem kolmé
- 2) Určete velikost a polohu působíště výslednice dvou rovnoběžných sil stejného směru o velikostech 30 N a 60 N, je-li vzdálenost jejich vektorových přímk 2,1 m.
- 3) Na koncích tyče délky 80 cm působí kolmo k tyči dvě rovnoběžné síly o velikostech 50 N a 30 N. Určete, ve kterém místě musíme tyč podepřít, aby se neotáčela. Jak velkou tlakovou silou působí tyč na podporu? Hmotnost tyče neuvažujte.
- 4) Ve vrcholech desky tvaru čtverce o straně 40 cm působí síly F_1, F_2, F_3 . Všechny síly mají velikost 10 N. Určete velikost momentů daných sil vzhledem k ose procházející kolmo k desce bodem O.



Zdroj obr: http://www.gymzn.cz/brezinova/dokumenty/2E/Mechanika_TT1.pdf

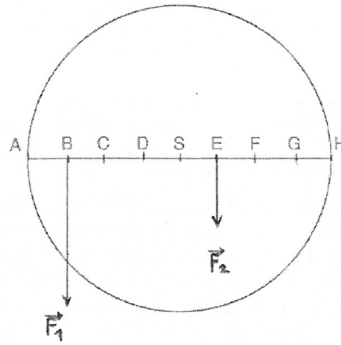
- 5) Na kotouč působí síly (viz obr.). Která síla má největší otáčivý účinek? Která má otáčivý účinek nulový?



Zdroj obr: http://www.gymzn.cz/brezinova/dokumenty/2E/Mechanika_TT1.pdf

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 6) Na momentový kotouč působí síly $F_1 = 4N$; $F_2 = 2N$. Poloměr kotouče je 40 cm, osa otáčení prochází středem S . Určete velikost výsledného momentu působících sil. Jak velké síly musí působit v bodě $F(G)$, aby byl kotouč v rovnováze?



Zdroj: obr. naskenován - Fyzika zásobník úloh pro SŠ, V. Kohout



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: Sbíрка 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: Sbíрка úloh z fyziky. SPN 1988
O. LEPIL A KOLEKTIV: Fyzika Sbíрка úloh pro střední školy. Prometheus 2005
F. BARTÁK, M. BEDNAŘÍK, O. LEPIL, M.ŠIROKÁ, E. SVOBODA: Sbíрка úloh z fyziky pro studijní obory SOU a SOŠ. SPN 1988

<http://mat-fyz.webnode.cz>
<http://kvinta-html.wz.cz>
<http://vnuf.cz>
<http://www.techmania.cz>
<http://radek.jandora.sweb.cz>
<http://www.devbook.cz>
<http://amper.ped.muni.cz>
<http://fjv.sweb.cz/prikl/Fprikl2x5.htm>
<http://www.oocities.org>
<http://mog.wz.cz>
<http://nam.4fan.cz>
<http://www.google.cz>
<http://web.quick.cz>
<http://www.ansett-kulecniky.cz>
<http://web.natur.cuni.cz>
<http://www.podkovy.cz>
<http://extraceny.mimishop.cz>
<http://physics.ujep.cz>
<http://www.rozdily.cz>
<http://www.gymzn.cz>