

Cvičení 2 – Newtonovy zákony, zrychlení a síla, tření, mezní rychlost. Zaměřte se na příklady 1–10. Všude uvažujte gravitační zrychlení $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

1/ Buldok o hmotnosti 23 kg stojí ve výtahu, který se z klidu rozjíždí se zrychlením $0,5 \text{ m/s}^2$ směrem nahoru. (a) Jaké síly obecně působí v systému výtah-buldok? (b) Jaká výsledná síla působí na buldoka, když je výtah v klidu? (c) Jakou silou působí podlaha na psa, když je výtah v klidu? (d) Jaká je výsledná síla, která působí na psa při rozjíždění výtahu? (e) Jakou silou působí podlaha na buldoka při rozjíždění výtahu? (f) Jaká výsledná síla působí na buldoka a jakou silou působí podlaha na buldoka, padá-li kabina volným pádem? Tření o vzduch zanedbejte. Nakreslete si jednotlivé situace a síly.

Rada: Zopakujte si, co je to inerciální soustava a co v ní platí.

2/ Auto o hmotnosti 2000 kg jede po mostě ve tvaru části kružnice o poloměru 30 m rychlostí o velikosti 10 m/s. (a) Jaká je výsledná síla a síla, kterou by vozovka působila na auto, když by bylo v klidu na nejvyšším bodě mostu? (b) Jaká výsledná síla působí na auto, když jede po mostě 10 m/s? (c) Jakou silou působí vozovka na auto při rychlosti 10 m/s? (d) Jakou rychlostí musí auto jet, aby bylo při jízdě po mostě ve stavu beztlíže?

Rada: Připomeňte si odstředivou sílu.

3/ V souhlasu s výpočty (W.O.Whitney a C.J. Nehlhaff, High-rise syndrome in cats. J. Am. Veterinary Medical Assoc. 191, 1399-1403 (1987)) založených na vztahu pro odporovou sílu dosáhne kočka mezní rychlosti při pádu z výšky zhruba šesti poschodí. Než k tomu dojde, je gravitační síla G větší než odporová síla vzduchu F a kočka je urychlována nenulovou výslednou silou, směřující svisle dolů. Její smysly reagují na zrychlení, ne na rychlost. Padající kočka pocítí zrychlení, lekne se, skrčí nohy pod tělo, zvedne hlavu a ohne páteř vzhůru. Tím se sníží její účinný průřez S a zvýší velikost dosažitelné mezní rychlosti v_m . Za této situace by ovšem při přistání muselo dojít k většímu poranění. V okamžiku, kdy kočka dosáhne mezní rychlosti, její zrychlení klesne na nulu a kočka se uklidní. Napne nohy a krk vodorovně, napřímí páteř. Tím se zvýší průřez S a s ním i síla odporu F . Kočka se začne zpomalovat, neboť nyní je $F > G$ a výsledná síla míří vzhůru, až do okamžiku, kdy dosáhne nové, nižší mezní rychlosti. Klesající v_m snižuje nebezpečí vážného poranění při dopadu. Těsně před koncem pádu, když kočka spatří blížící se povrch země, stáhne nohy zpět pod tělo a připraví se na přistání.

Padající kočka dosáhla poprvé mezní rychlosti o velikosti 100 km/h poté, co se prohnula do svislé polohy. Pak se opět roztáhla a její účinný průřez se zvýšil na dvojnásobek. Jak rychle padala kočka v okamžiku, kdy dosáhla mezní rychlosti podruhé?

Rada: Newtonův vzorec pro brzdnou sílu F_o při pohybu v prostředí se odporovým koeficientem C a hustotě ρ pro objekt s účinným průřezem S a rychlostí v je $F = \frac{1}{2}C\rho Sv^2$. Hodnoty C a ρ pro výpočet nepotřebujete znát, stejně jako hmotnost kočky.

4/ Dešťová kapka o poloměru $R = 1,5 \text{ mm}$ padá z mraku, který je ve výšce $h = 1200 \text{ m}$ nad zemským povrchem. Odporový koeficient kapky je 0,60. Předpokládejme, že kapka má po celou dobu pádu kulový tvar. Hustota vody je 1000 kg/m^3 a hustota vzduchu je $1,2 \text{ kg/m}^3$. (a) Jaká je mezní rychlost kapky? (b) Jaká by byla rychlost kapky těsně před dopadem, kdyby nepůsobila odporová síla?

Rada: Použijte vzoreček pro odporovou sílu z příkladu 3 a vzpomeňte si, za jaké podmínky nastává mezní rychlost.

5/ Při nouzovém brzdění se zablokují kola automobilu (nemohou se otáčet) a automobil klouže po silnici. Utržené kousky pneumatik a krátké úseky roztaveného asfaltu vytvářejí „brzdné stopy“, svědčící o tom, že při skluzu automobilu po silnici dochází ke sváření za studena. Brzdné stopy rekordní délky byly zaznamenány v roce 1960 na silnici M1 v Anglii u vozu Jaguár a měřily 290 m. Předpokládejme součinitel smykového tření $f_s = 0,60$. Jak rychle jelo auto v okamžiku, kdy se kola zablokovala?

Rada: Síla (statického) tření je $F_t = F_g f_s = mg f_s$. Tato síla působí zrychlení, které musí auto zastavit. Opět nejdřív vyjádřete čas brzdění.

6/ Mějme dvě děti. Jedno váží 30 kg, druhé 60 kg. Obě dřepí na svých saních a kloužou s nimi po ledu po zamrzlém rybníce. Součinitel smykového tření mezi kluznicemi saní a ledem je 0,1. (a) Jak velké zrychlení saní máme obou případech? (b) Potřebujeme k tomu znát hmotnosti dětí?

Rada: Suma všech sil v systému se rovná ma. Pokud se sáně pohybují nějakou rychlostí, jaké síly na ně působí? Které se vyruší a zůstane nějaká působit? Dá se vykrátit m?

7/ Představme si knihu, na jejímž okraji leží mince. Okraj knihy s mincí zvedneme a změříme úhel, kdy mince začne klouzat. Úhel je 20° . Jaký je koeficient statického tření f_s mezi mincí a knihou?

Rada: Nakreslete si síly. Síla podložky působí kolmo na její povrch. Rozložte si tíhovou sílu do směru kolmého na rovinu knihy a rovnoběžného s ní.

8/ Objekt o hmotnosti 102 kg se pohybuje po vodorovné přímce a je brzděn se „zpožděním“ (záporným zrychlením) $2,0 \text{ m/s}^2$. Jeho počáteční rychlost má velikost 53 m/s. (a) Jaká je velikost brzdící síly. (b) Jakou vzdálenost těleso urazí, než se zastaví?

Rada: Brzdící síla je spojená jednoduše s brzdícím zrychlením.

9/ Automobil i s cestujícími váží 16400 N a jede rychlostí 113 km/h. Řidič začne brzdit. Určete brzdnu dráhu automobilu, je-li celková brzdná síla 8230 N.

Rada: Nejdřív si vyjádřete hmotnost z tíhové síly a určete díky tomu brzdné zrychlení. Pak už příklad přechází do postupu z příkladu 8.

10/ Kulka vystřelená z pušky letí rychlostí 36000 cm/s, zasáhne blok měkkého dřeva a vnikne do něho do hloubky 10 cm. Hmotnost kulky je 1,8 g. Předpokládejte konstantní brzdnou sílu ve dřevě. (a) Jak dlouhý časový interval je zapotřebí, aby se kulka zastavila? (b) Jak velká byla brzdící síla?

Rada: Kulka sníží svou rychlost na 0 na 10 cm. Sestavte si soustavu dvou rovnic o dvou neznámých: brzdné zrychlení kulky a čas, vyřešte ji pro čas. Pak zpětně dosadte a získáte zrychlení.