Naloga: Pravilo dveh sekund

(Izkušnje za nalogo imamo od študentov didaktike fizike)

Avtomobil A vozi za avtomobilom B z enako hitrostjo. Nenadoma avtomobil B začne zavirati s stalnim pojemkom 9,0 m/s2. Reakcijski čas voznika v avtomobilu A je 0,8 s, nakar tudi avtomobil A začne zavirati z istim pojemkom. Nazadnje oba mirujeta. V poglavju o trenju in lepenju se bomo naučili, zakaj je predpostavka istega pojemka smiselna.

1. Narišite diagram gibanja za oba avtomobila.

Cilji: dijaki uporabijo diagram gibanja. Iz diagrama gibanja lahko ocenijo medsebojno razdaljo med avtomobiloma ob vsakem času. Diagram gibanja lahko služi kot pomoč pri risanju grafov.

1

2

3

4

5

6

1

2

3,4,5,6

$Δ\vec{v}\_{12}$

$$Δ\vec{v}\_{23}$$

$$Δ\vec{v}\_{45}$$

$$Δ\vec{v}\_{56}$$

B

A

$$\vec{v}\_{12}$$

$$\vec{v}\_{23}$$

$$\vec{v}\_{12}$$

$$\vec{v}\_{23}$$

$$\vec{v}\_{34}$$

$$\vec{v}\_{45}$$

$$\vec{v}\_{56}$$

•⋅

•⋅

•⋅

$$Δ\vec{v}\_{12}$$

$$Δ\vec{v}\_{23}$$

$$Δ\vec{v}\_{34}$$

1. Narišite graf *v*(*t*) za oba avtomobila.

Cilj: dijaki prehajajo med upodobitvami. Narišejo graf *v*(*t*) za primer, ko med avtomobiloma obstaja začetna razdalja, ki je ne morejo vrisati v graf. Graf bo služil kot podpora razmislekom pri naslednjih nalogah.

v

t

B

A

0,8 s

1. Opišite, kako lahko iz grafa *v*(*t*) določimo, na kolikšni najmanjši razdalji za avtomobilom B mora voziti avtomobil A, da ne bosta trčila. Zapišite izraz za to razdaljo.

Cilj: dijaki interpretirajo graf *v*(*t*) v smislu prepotovanih razdalj.

Komentar: Tipično študenti ugotovijo, da razliko v prepotovnih razdaljah predstavlja paralelogram med grafoma. To sledi neposredno iz fizikalnega pomena ploščin pod grafoma. Nekateri pa raje razmišljajo o pravokotniku s stranicama *v* in 0,8 s s sklepom, da je med zaviranjem gibanje obeh avtomobilov enako in torej avtomobil A prepotuje le dodatno pot, ki je posledica potovanja 0,8 s s hitrostjo *v*.

Koristno je, da dijaki vidijo rešitve različnih skupin, ki so lahko različne v grafični upodobitvi in v razmisleku, a pripeljejo do enakega rezultata. To je pomembno še pri vprašanju f).

v

t

B

A

0,8 s

v

t

B

A

0,8 s

$$Δx\_{0,8s}=v⋅0,8 s$$

1. Kako bi to razdaljo spremenili v pravilo, ki je zapisano v sekundah? Kaj bi lahko bila prednost tega, da je zapisano s časom, namesto z razdaljo?

Cilj: dijaki povežejo zapis v obliki časa z razdaljo, ki je običajno merjena v metrih. To je eksplicitno poudarjeno z zadnjim vprašanjem.

To razdlajo bi s časom zapisali kot "vozite toliko za avtomobilom pred vami, da dosežete njegovo trenutno lego v 0,8 sekunde." Prednost zapisa s časom je, da je ta zapis neodvisen od začetne hitrosti. Pomaga podvprašanje, ali je "varnostni čas" odvisen od hitrosti?

Doslej smo predpostavili, da voznik avtomobila A reagira v običajnem človeškem reakcijskem času 0,8 sekund. Kako je to povezano s pravilom dveh sekund, ki ste ga srečali v uvodu poglavja? Predpostavka o reakcijskem času 0,8 s v realnih razmerah na cesti ne velja vedno.. Reakcijski čas človeka, ki ni popolnoma zbran, se lahko podaljša tudi do 2,0 s, zato je bil ta čas izbran za pravilo dveh sekund.

1. Kolikšno varnostno razdaljo določa pravilo dveh sekund? Pri katerih predpostavkah pravilo dveh sekund določa razdaljo, ki je varna neodvisno od začetne hitrosti?

Cilj: dijaki povežejo pravilo zapisano s časom z varnostno razdaljo, ki se meri v metrih.

Pričkovan razmislek: če pri nalogi c) 0,8 s določa razdaljo 0,8 s ⋅ *v*, potem dvosekundono pravilo določa razdaljo Δx2s = (2 s) ⋅ *v*.

Razdalja, določena s pravilom dveh sekund, je varna neodvisno od hitrosti ob predpostavkah, da oba avtomobila potujeta z enako hitrostjo in zavirata z enakim pojemkom.

Tako smo spoznali, kako pravilo dveh sekund določa varnostno razdaljo, ki je neodvisna od hitrosti, s katero vozimo, ob določenih predpostavkah, ki so razumne za normalne razmere na cestah. Zdaj pa si oglejmo še, kaj se zgodi, če katera od predpostavk ne velja?

1. Razmislite, v katerih primerih predpostavka o enakih pojemkih ne velja. Katere tovrstne situacije so posebej pomembne s stališča varnosti?

Cilj: dijaki razmišjajo o praktični uporabi. Prepoznajo praktičen pomen vprašanja g). Prepoznajo okoliščine veljavnosti predpostavk.

Predpostavka o enakih pojemkih ne velja, če voznik avtomobila pred nami izgubi nadzor nad vozilom, če se na cesti pojavi ovira (žival, kamen) ali če avtomobil pred nami trči, še najbolj izrazito v primeru verižnega trčenja, ko se avtomobil pred nami skoraj hipoma ustavi. Dijaki lahko najdejo še primerov.

1. Iz grafov *v*(*t*) ugotovite, kako se razdalja pri c) spremeni, če je pojemek avtomobila B večji, pojemek avtomobila A pa ostane enak.

Cilj: s pomočjo grafične upodobitve iz vprašanj b) in c) prepoznajo povečanje potrebne varnostne razdalje med avtomobiloma v primeru neveljavnosti predpostavke o enakih pojemkih. Po potrebi prehajajo med upodobitvami.

Komentar: Če so pri nalogi c) kot pomembno razdaljo prepoznali paralelogram med grafoma, je grafično prepoznavanje nove razdalje enostavno, saj se paralelorgam spremeni v trapez in ploščina očitno poveča (slika spodaj). Če so uporabili pravokotnik *v* ⋅ 0,8 s, je grafično prepoznavanje bolj zahtevno. Ravno zato je koristno, da pri c) vidijo različne rešitve in izberejo drugačno grafično upodobitev, če je v danem primeru preglednejša.

v

t

B

A

0,8 s

1. Kolikšna je največja hitrost avtomobila A, da bo pravilo dveh sekund uporabno tudi v ekstremnem primeru, ko se avtomobil B nenadoma ustavi (npr. pri verižnem trčenju)?

Cilj: iz ekstremnega primera izpeljejo, pri kolikšni hitrosti pravilo dveh sekund še zagotavlja varnost ob predpostavki reakcijskega časa 0,8 s.

Komentar: iz izkušenj je največja težava, da študenti ne takoj ugotovijo, s čim naj novo situacijo primerjajo. Primerjati jo je treba z razdaljo Δx2s, seveda.

Tudi tu se da računati na dva načina. Koristno je da dijaki vidijo različne rešitve in prepoznajo, da so lahko različni razmisleki/postopki pravilni in pripreljejo do enakega rezultata.

|  |  |
| --- | --- |
| Postopek 1Prepotovana razdalja pri zaviranju s pojemkom *a* je $$Δx=\frac{v\_{2}^{2}-v\_{1}^{2}}{2a\_{x}}$$(*ax* ima negativno vrednost). Tej prištejemo še razdaljo pred začetkom zaviranja$$Δx\_{0,8s}=\left(0,8 s\right)⋅v\_{1}$$Ta mora biti enaka varnostni razdalji, ki jo določa pravilo dveh sekund$$Δx\_{2s}=(2 s)⋅v\_{1}$$Po izenačenju dobimo$$(2 s)⋅v\_{1}=\frac{v\_{2}^{2}-v\_{1}^{2}}{2a\_{x}}+(0,8 s)⋅v\_{1}$$$$v\_{1}^{2}+2a\_{x}⋅\left(1,2 s\right)⋅v\_{1}-v\_{2}^{2}=0$$Ob upoštevanju $v\_{k}=0$ dobimo$$v\_{1}\left(v\_{1}+2a\_{x}⋅\left(1,2 s\right)\right)=0$$Ena rešitev je $v\_{1}=0$. Če je hitrost 0, so vse prepotovane razdalje enake nič in torej medsebojno enake, zato je enačba matematično izpolnjena. Druga rešitev je bolj zanimiva:$$v\_{1}=-a\_{x}⋅(2,4 s)$$ | Postopek 2Prepotovana razdalja pri zaviranju s pojemkom *a* je$$Δx=v\_{1}Δt+\frac{a\_{x}Δt^{2}}{2}$$Izraziti moramo čas iz začetne hitrosti$$Δt=\frac{v\_{2}-v\_{1}}{a\_{x}}$$Ko to vstavimo v enačbo za razdaljo, dobimo $$Δx=\frac{v\_{2}^{2}-v\_{1}^{2}}{2a\_{x}}$$Od tu nadaljujemo kot pri postopku 1. |
| Grafični postopekvt0,8 s2 svt0,8 s2 sHitrost mora biti izbrana tako, da je rdeča ploščina enaka modri (leva slika). Fiksirane so vrednosti 0,8 s, 2 s in naklon poševnega dela grafa (pospešek). Iz desne slike je razvidno, da se s spreminjanjem začetne hitrosti spreminja čas od 2 s do časa, ko je hitrost nič. Da bo izpolnjen zgornji pogoj enakosti ploščin, mora biti ta čas ravno enak času med 0,8 s in 2 s, torej 1,2 s. Treba je torej dobiti tako začetno hitrost, da je zaviralni čas točno 2,4 s. $$Δt=\frac{Δv}{a\_{x}}=\frac{v\_{2}-v\_{1}}{a\_{x}}$$Ob upoštevanju $v\_{k}=0$ dobimo$$v\_{1}=-a\_{x}⋅\left(2,4 s\right)$$$$v\_{1}=-(-9,0\frac{m}{s^{2}})⋅2,4 s=21,6\frac{m}{s}=77,8\frac{km}{h}$$ |

Opazimo, da nam tudi pri tej nalogi grafična upodobitev lahko pomaga, da skrajšamo računski postopek.