

Voziček na prevodnem klanecu

Aleš Mohorič [1]

1. OPAZUJTE

Raziščite medsebojno delovanje magneta in aluminijaste steze. Kaj lahko zaključite iz svojih opazovanj?

Drugega za drugim pritrdite na dno vozička dva gumbasta magneta, tako da je en navzdol obrnjen s severnim, drug pa z južnim magnetnim polom. Magneta naj bosta nameščena približno dva milimetra nad stezo. Kolesa vozička se morajo vrteti s čim manj trenja. Aluminijasto stezo postavite pod kotom, da tvori klanec. Voziček spustite z vrha klanca in opazujte njegovo gibanje.

2. PREDSTAVITEV

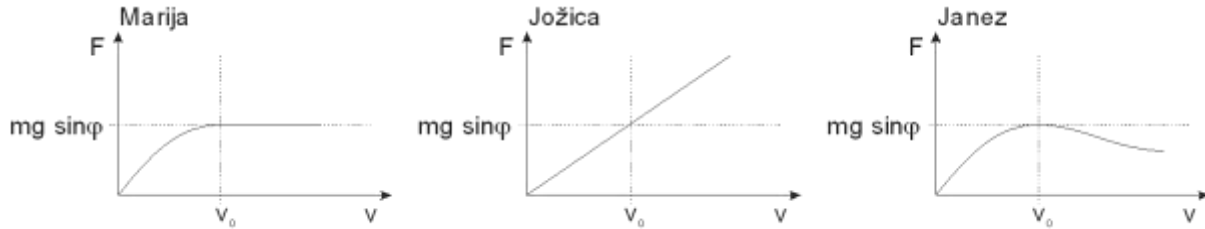
a. Za opazovano gibanje narišite diagrama hitrosti kot funkcije časa in pospeška kot funkcije časa.

b. Narišite diagram sil na voziček v treh različnih časih gibanja po klanecu navzdol – takoj, ko voziček spustimo, na sredini klanca in na koncu klanca.

c. Analizirajte tri situacije iz prejšnjega vprašanja še s stališča energije. Predstavite energijske spremembe med zaporednimi situacijami s stolpčnimi diagrami. Kakšna je najboljša izbira sistema?

3. MATEMATIČNI ZAPIS RAZLAGE [2]

Marija, Jožica in Janez so opazovali enakomerno gibanje vozička s hitrostjo v_0 po klancu z naklonom φ . Po opazovanju predlagajo tri različne matematične modele za odvisnost zaviralne sile F od hitrosti vozička, kot jih kažejo spodnje slike.



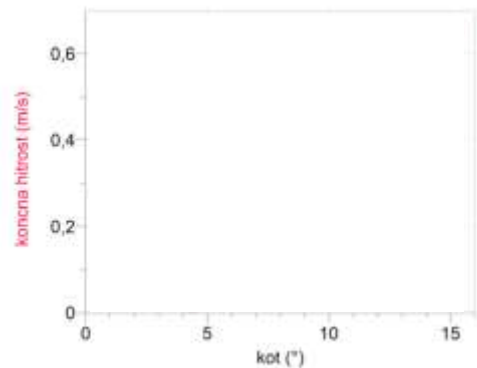
Predlagajte poskus (poskusa) s katerim testirate kateri od predlaganih modelov najbolje opisuje odvisnost zaviralne sile od hitrosti. Izvedite poskus, primerjajte rezultate z napovedmi in podajte sodbo o tem kateri model je najboljši.

4. MERITEV

Na podvozje vozička namestite dva magneta in ga spustite po klancu navzdol. Z ultrazvočnim sonarjem merite hitrost vozička in določite končno hitrost vozička.

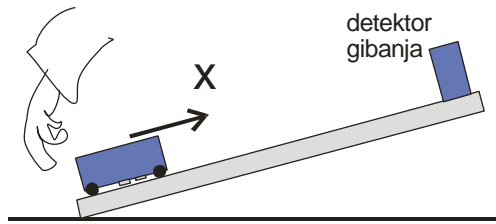
Poskus ponovite pri različnih naklonih klanca in narišite diagram končne hitrosti v odvisnosti od naklona klanca za vaš voziček.

Kaj lahko na osnovi diagrama poveste o zaviralni sili?



5. UPORABA USVOJENEGA ZNANJA

Isti voziček sunemo po klancu navzgor, kakor kaže spodnja slika, in merimo $x(t)$, $v_x(t)$ in $a_x(t)$.

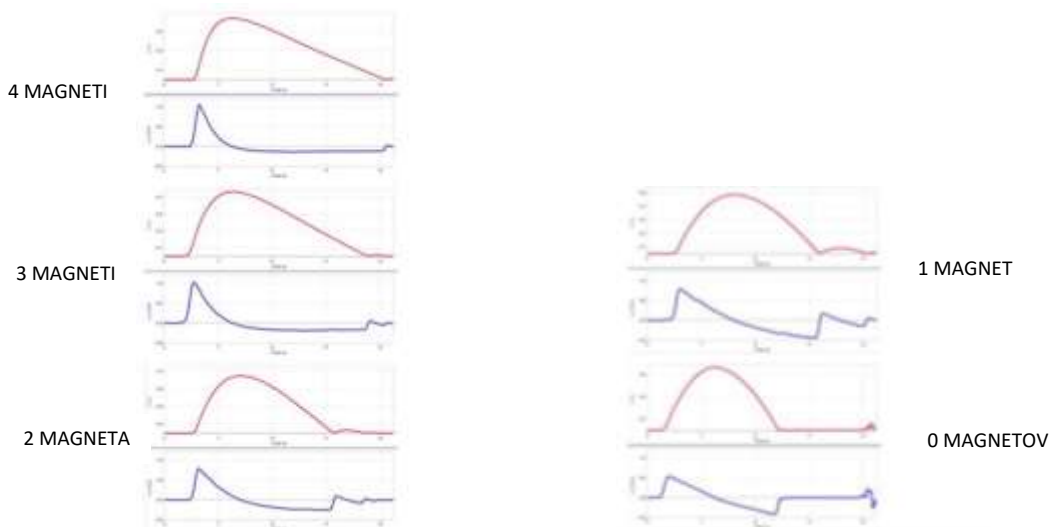


Na osnovi tega, kar že veste o gibanju na klancu in magnetnem uporu, napovejte kvalitativne oblike grafov $x(t)$, $v_x(t)$ in $a_x(t)$, ki bodo med seboj konsistentni, za primera gibanja vozička brez magnetov in vozička z magneti.

Izvedite poskusa z vozičkom brez magnetov in z vozičkom z magneti ter izmerite grafa lege in hitrosti kot funkciji časa. Ali se izid ujema z vašo napovedjo? Razrešite/razjasnite morebitna odstopanja.

6. ŠE VEČ MERITEV

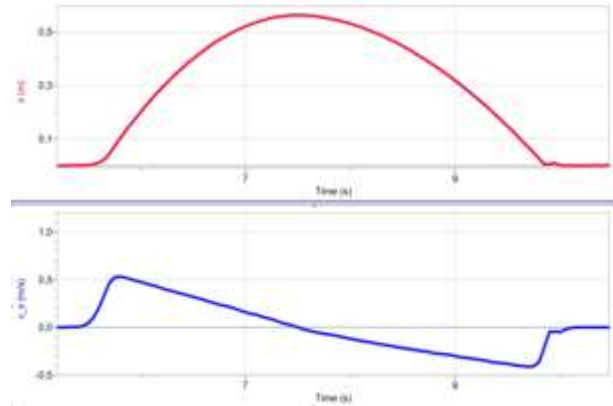
Meritve lahko ponovimo z različnimi števili magnetov in dobimo grafe, ki jih kažejo spodnje slike, na katerih je z rdečo krivuljo prikazan graf $x(t)$, z modro pa $v_x(t)$.



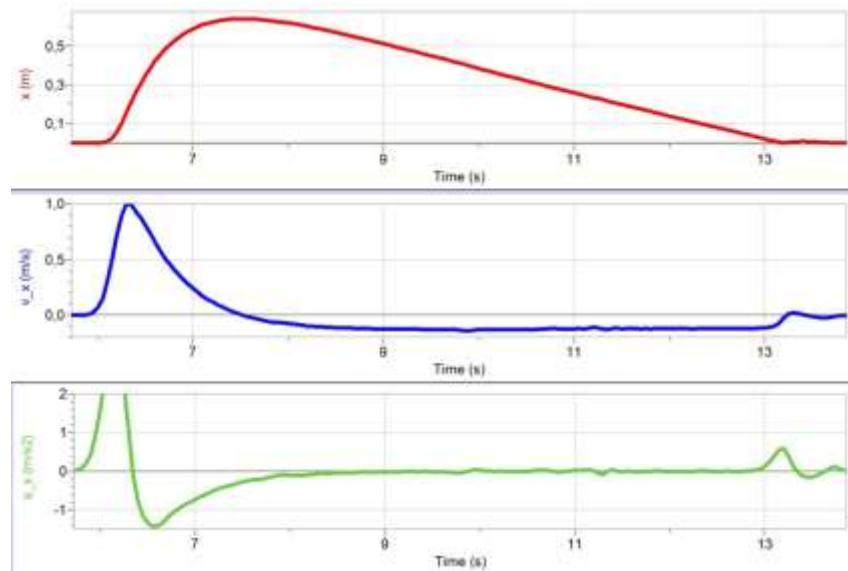
Ali v grafih prepoznate kakšne vzorce/značilnosti? Opišite jih. Navpična skala je pri vseh grafih $v_x(t)$ enaka

7. NENAVADNI REZULTATI

Slika spodaj kaže povečan graf zadnjega poskusa na prejšnji strani (voziček brez magnetov sunemo po klancu navzgor). Ali opazite kaj nenavadnega? Predlagajte eno ali več mogočih razlag za ta pojav. Razmislite, kako bi razlago testirali, in predlagajte testne poskuse.



Analizirajte spodnje grafe, ki kažejo $x(t)$ (rdeča krivulja), $v_x(t)$ (modra krivulja) in $a_x(t)$ (zeleno krivulja). Opišite gibanje in poskus pri katerem opazimo tako gibanje.



V katerem trenutku je roka nehala potiskati voziček? Za lažji razmislek privzemite, da je sila magnetnega upora konstantna od trenutka, ko roka neha potiskati voziček.

8. RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

Predvideno predznanje: Newtonovi zakoni in kinematika, indukcijski zakon, sila na naboj v magnetnem polju, sila na vodnik s tokom v magnetnem polju, električno prevajanje in tokovi.

Pred seboj imate nabor valjastih magnetov, ki so polarizirani bodisi prečno na os valja bodisi vzporedno z njo, kot kaže skica spodaj. Predlagajte enega ali več postopkov s katerim lahko določimo kako je izbrani magnet polariziran.



Skicirajte magnetno polje v okolici obeh vrst magnetov.

Skicirajte magnetno polje v okolici vašega vozička z dvema magnetoma, ki sta polarizirana in postavljena tako, kot je opisano na začetku.

Predlagajte mehanizem zaviralne sile.

Predlagajte en ali več testnih poskusov, s katerim lahko testirate vašo razlago. Napovejte rezultat vsakega testnega poskusa. Poskus izvedite in primerjajte z napovedjo. Presodite, ali model prestane test.

9. APLIKACIJSKI POSKUS

Predlagajte praktičen primer uporabe magnetnega zaviranja.

Predlagajte poskus(e) s katerimi določite relevantne parametre mehanizma zaviranja, ki vplivajo na končno hitrost.

10. MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI [3]

Opazujte padanje magneta v prevodni aluminijasti cevi.

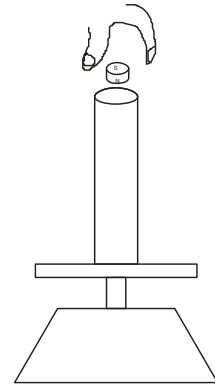
Predstavite gibanje magneta s kvalitativnim grafom $v(t)$.

Narišite diagram sil za magnet v treh trenutkih 1), 2), 3) (glejte spodaj).

Izmerite maso cevi in maso magneta. Napovejte izid naslednjega poskusa. Na tehtnico bomo pokonci postavili prevodno cevko. Nato bomo z vrha spustili vanjo magnet, tako da pada v cev navzdol. Napovejte odčitek tehtnice

- 1) na začetku (preden spustimo magnet),
- 2) med padanjem magneta in
- 3) potem, ko magnet obmiruje na tehtnici.

Navedite morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli. Napovedi naj bodo kvantitativne (vrednosti v gramih).



Izvedite poskus. Ali se vaše napovedi ujemajo z meritvami? Če se ne, uskladite razhajanja.

Predstavlja se, da vzdolž srednje tretjine cevi zarezemo režo (reža prekine vrtinčne tokove v steni cevi). Napovejte graf časovnega spreminjanja sile s katero tehtnica deluje na takšno prevodno cev, potem, ko v cev z vrha spustimo magnet.

Viri:

[1] Cart, incline and magnets, G Planinšič in E Etkina (osebna korespondenca)

[2] Experiments in Physics Instruction, Eugenia Etkina, Gorazd Planinšič, Workshop at PhysTEC meeting, Baltimore 2016

[3] Dramatic (and Simple!) Demonstration of Newton's Third Law, Gerald Feldman, The Physics Teacher 49, 103 (2011); doi: 10.1119/1.3543586