

# Magnetno zaviranje

Aleš Mohorič

Stalno strokovno spopolnjevanje,

Ljubljana, 13. 12. 2019

FMF, UL

# OPAZUJTE

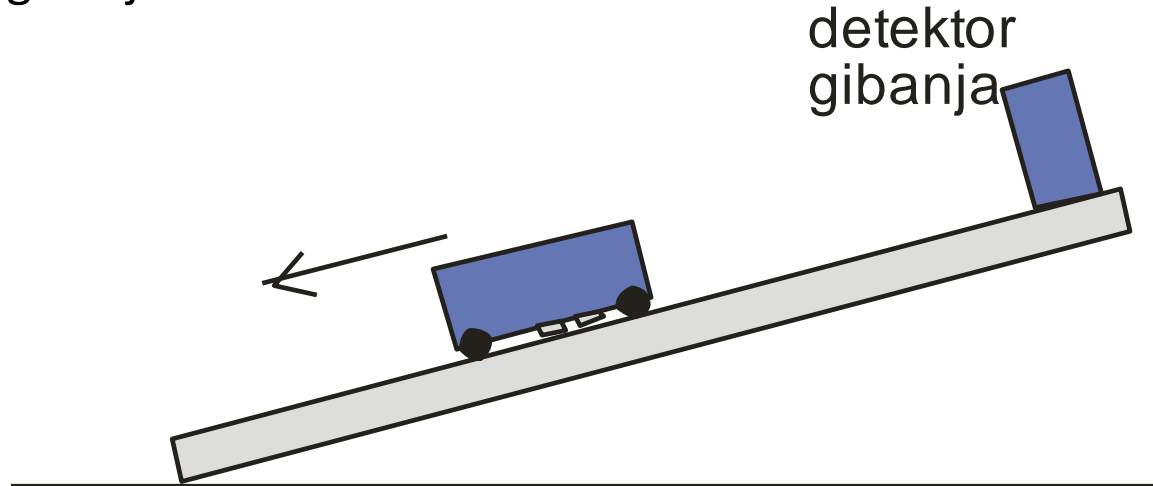
- **Raziščite** medsebojno delovanje magneta in aluminiјaste steze. Kaj lahko zaključite iz svojih opazovanj?

# OPAZUJTE

- **Raziščite** medsebojno delovanje magneta in aluminijske steze. Kaj lahko zaključite iz svojih opazovanj?
- Magnet in steza se ne privlačita, če mirujeta drug na drugega. Magnet drsi po drči z znatnim trenjem. Metrski trak deluje na magnet v smeri prečno na stezo in na gibanje vzdolž steze ne vpliva. Če se magnet giblje mimo drče, čuti silo.

# OPAZUJTE

- 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. Aluminijsko stezo postavite pod kotom, da tvori klanec. Voziček **spustite** z vrha klanca in **opazujte** njegovo gibanje.

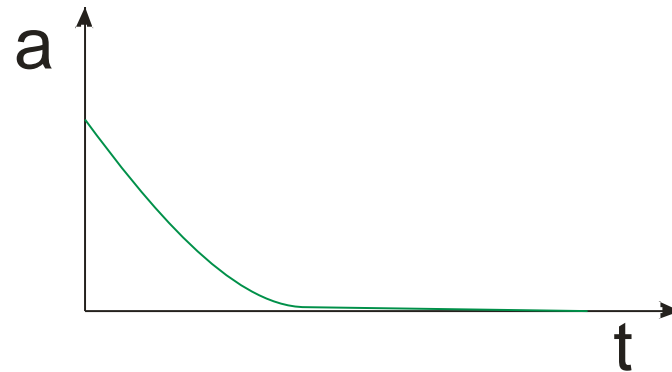
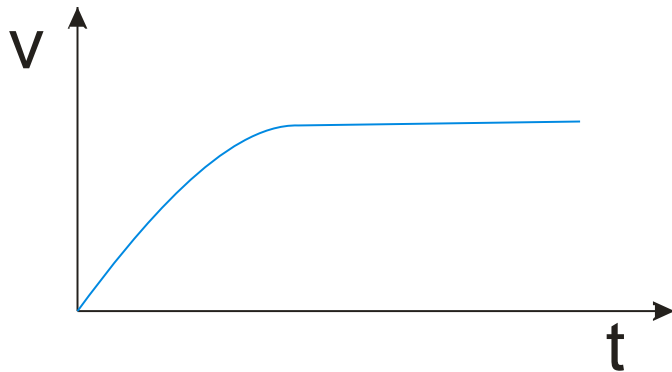


# PREDSTAVITEV

- Za opazovano gibanje **narišite** diagrama hitrosti kot funkcije časa in pospeška kot funkcije časa

# PREDSTAVITEV

- Za opazovano gibanje **narišite** diagrama hitrosti kot funkcije časa in pospeška kot funkcije časa

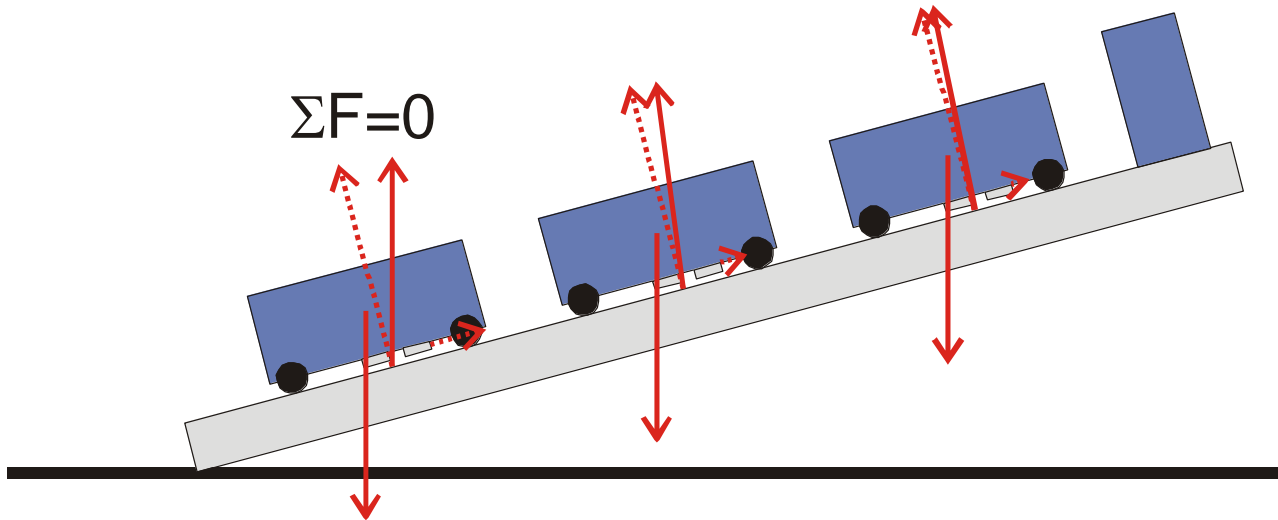


# PREDSTAVITEV

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

# PREDSTAVITEV

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



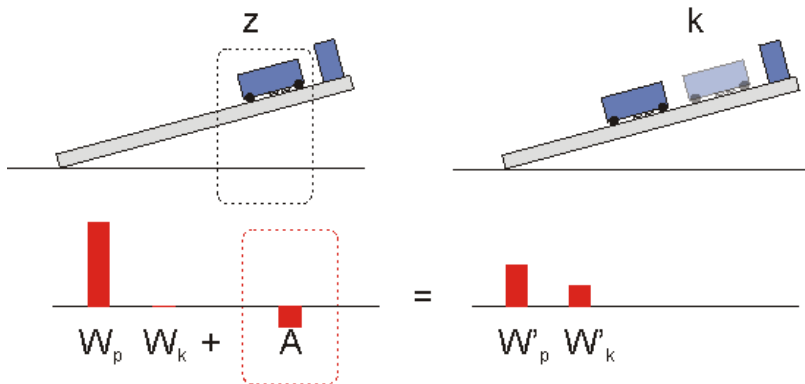


# PREDSTAVITEV

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

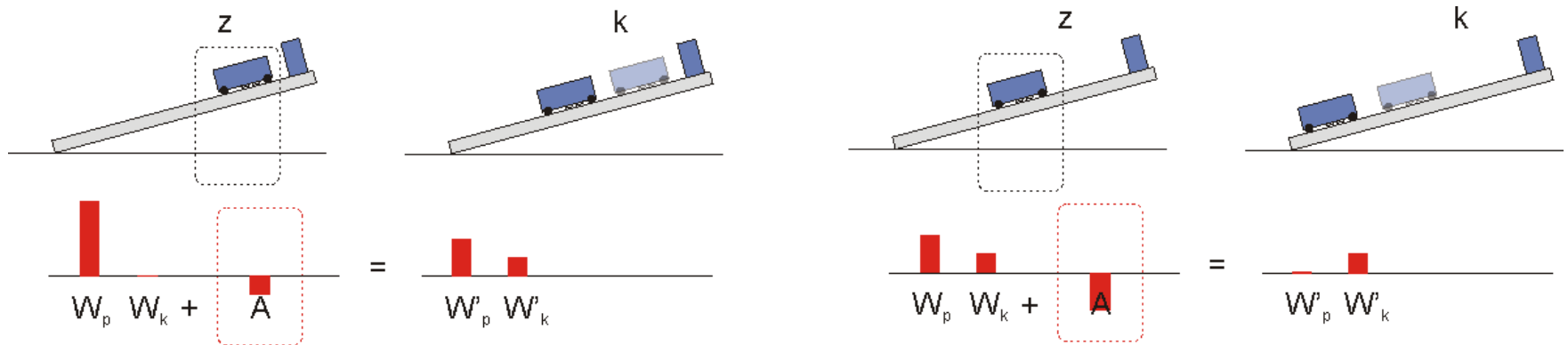
# PREDSTAVITEV

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



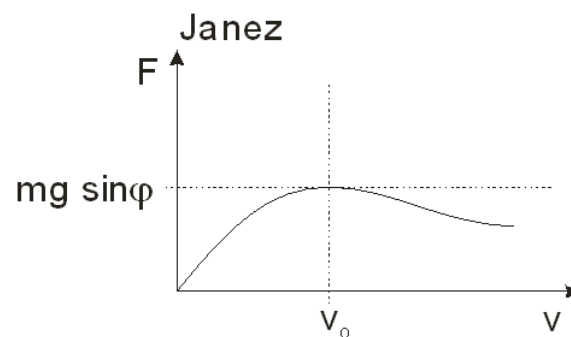
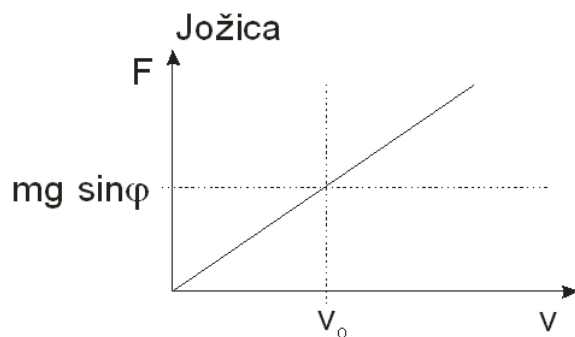
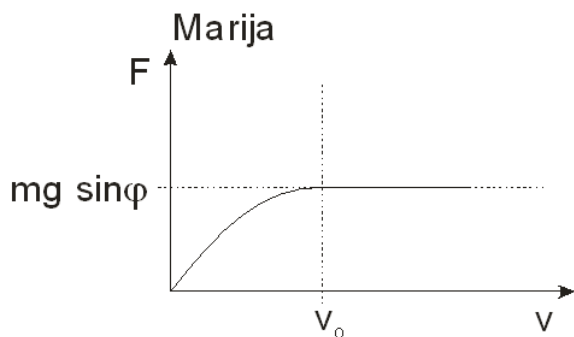
# PREDSTAVITEV

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



# MATEMATIČNI ZAPIS RAZLAGE

- Trije različni matematični modeli za odvisnost sile upora od hitrosti vozička.



- **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

# MATEMATIČNI ZAPIS RAZLAGE

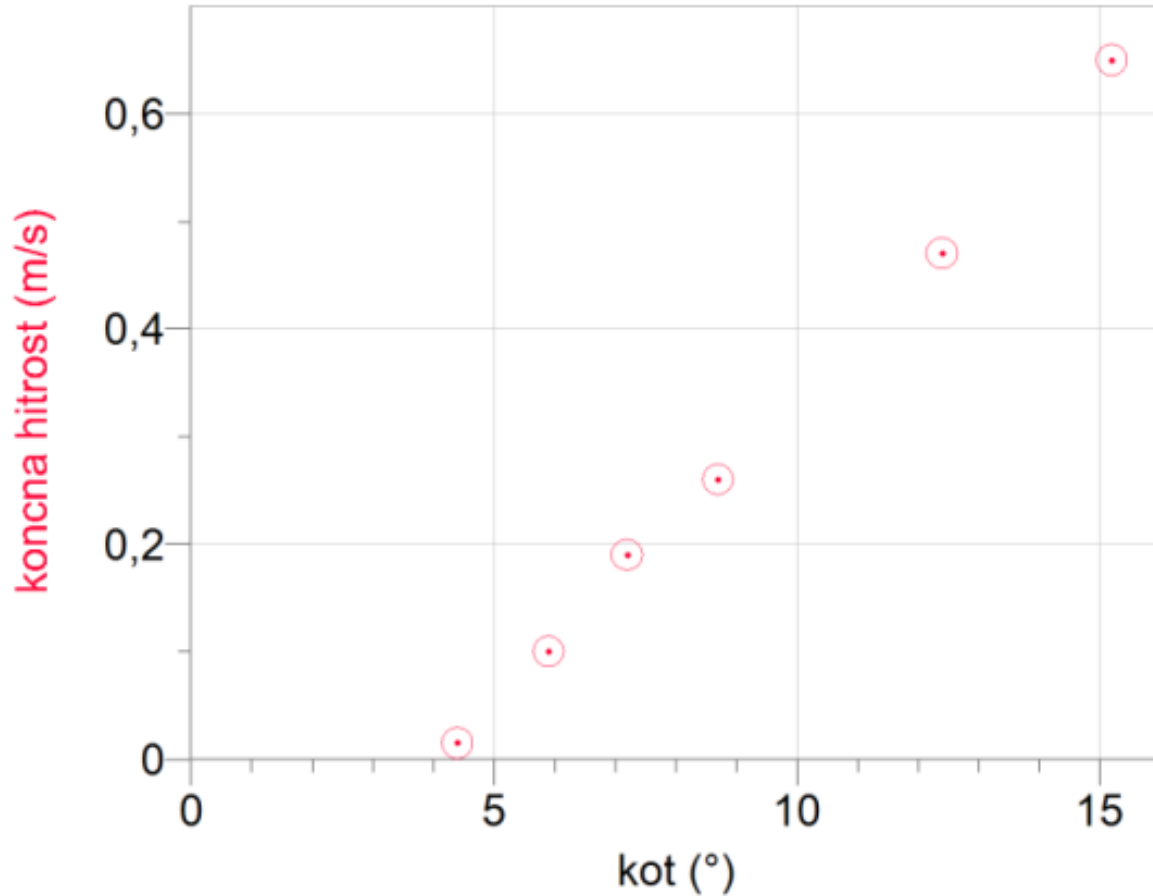
- **Predlagajte** poskus (poskusa) s katerim testirate kateri od predlaganih modelov najbolje opisuje odvisnost zaviralne sile od hitrosti.
  - Voziček vlečemo s silomerom z dano hitrostjo po vodoravni podlagi
  - Voziček vlečemo z dano silo in merimo hitrost
  - Voziček spuščamo po klancu z različnim naklonom in merimo končno hitrost

# MERITEV

- Na podvozje vozička namestite dva magneta in ga spustite po klanecu 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.

# MERITEV

- Na p
- ga s
- sona
- konč
- Posk
- in na
- od n

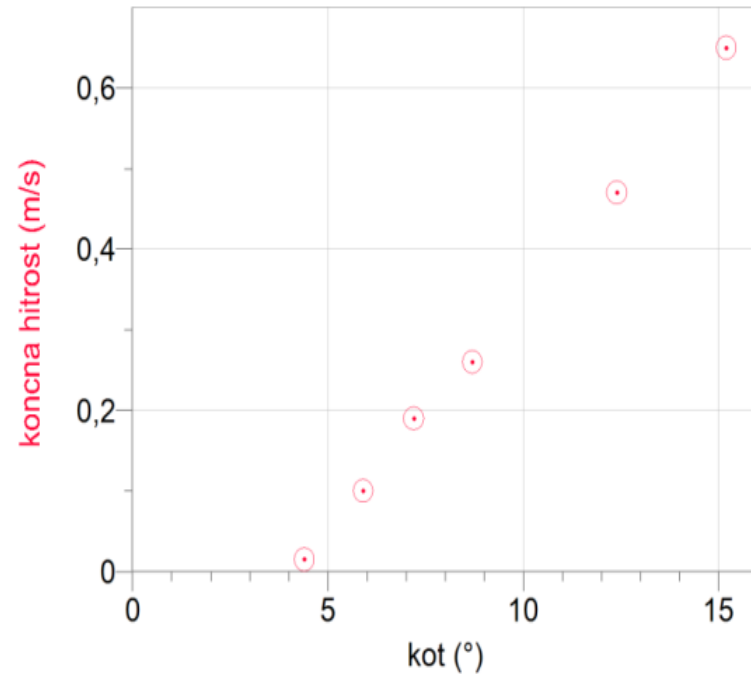


meta in  
čnim  
ite

anca  
isnosti

# MERITEV

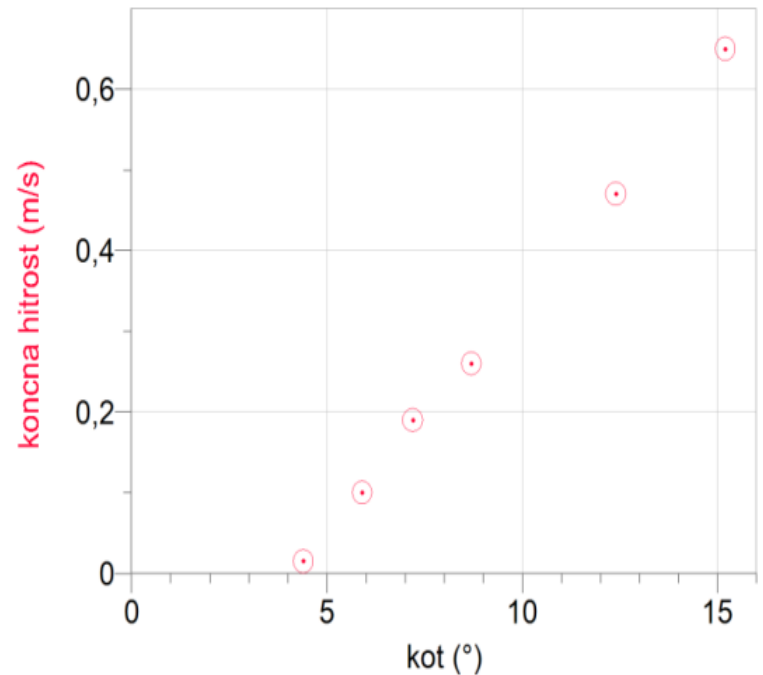
- Kaj lahko na osnovi diagrama **poveste** o zaviralni sili?





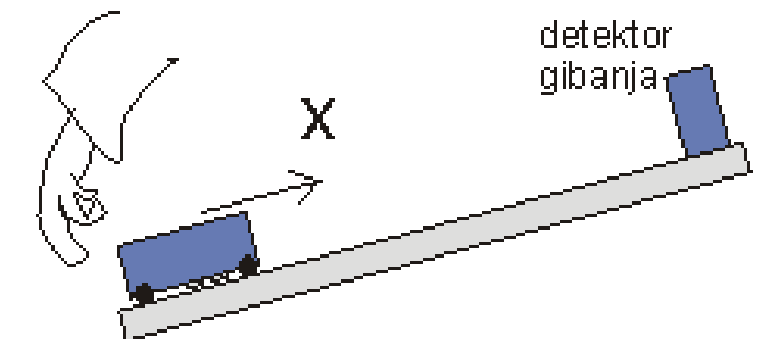
# MERITEV

- Kaj lahko na osnovi diagrama **poveste** o zaviralni sili?
  - Trenje ( $F_d(5^\circ)$ )
  - Magnetni upor  $F_m \propto v$



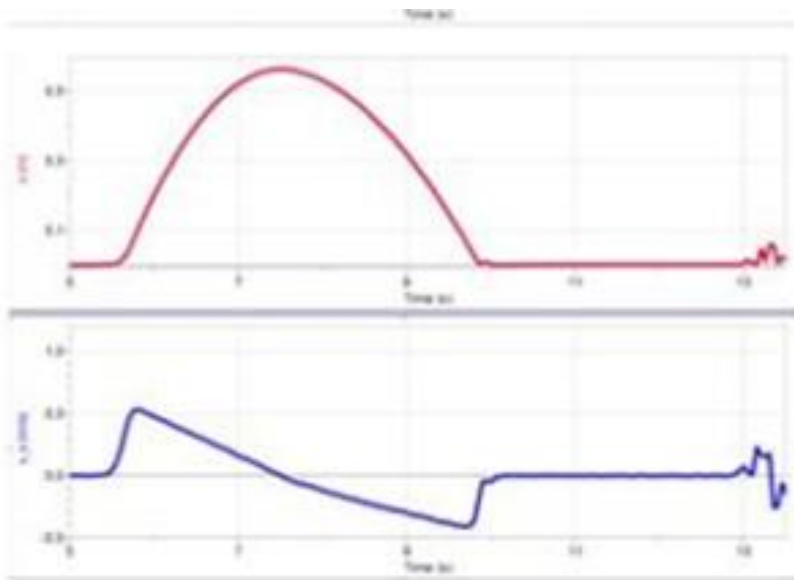
# UPORABA USVOJENEGA ZNANJA

- Isti voziček sunemo po klancu navzgor, kakor kaže spodnja slika, in **opazujemo**  $x(t)$ ,  $v_x(t)$  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.

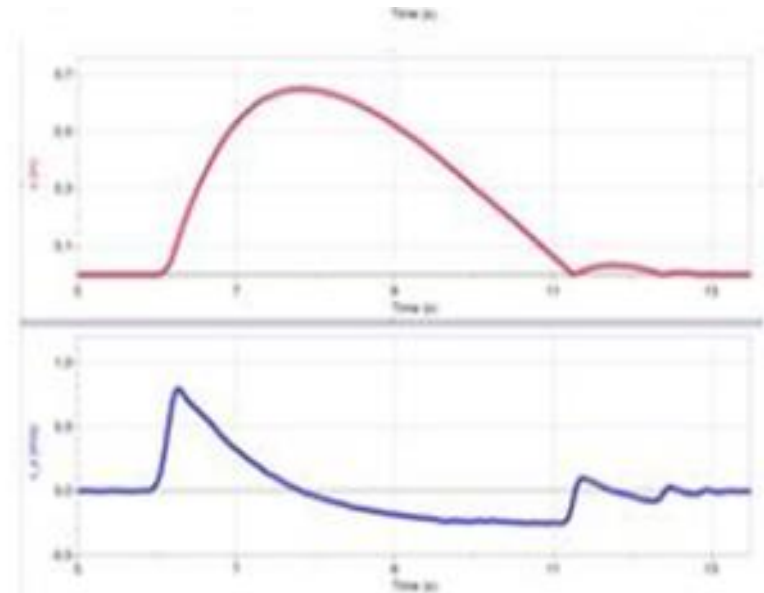


# UPORABA USVOJJENEGA ZNANJA

- **napovejte** kvalitativne oblike grafov  $x(t)$ ,  $v_x(t)$  in  $a_x(t)$ ,



Brez magnetov



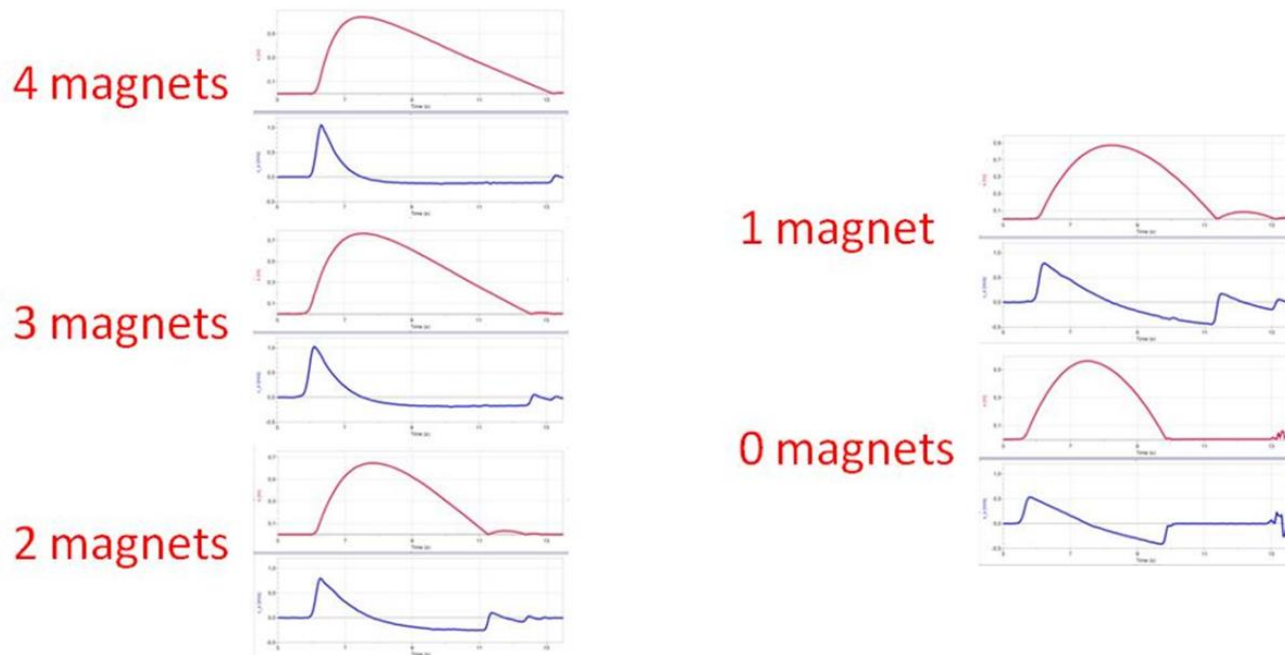
Z magneti

# UPORABA USVOJENEGA ZNANJA

- 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

# ŠE VEČ MERITEV

- Meritve **ponovimo** z različnimi števili magnetov



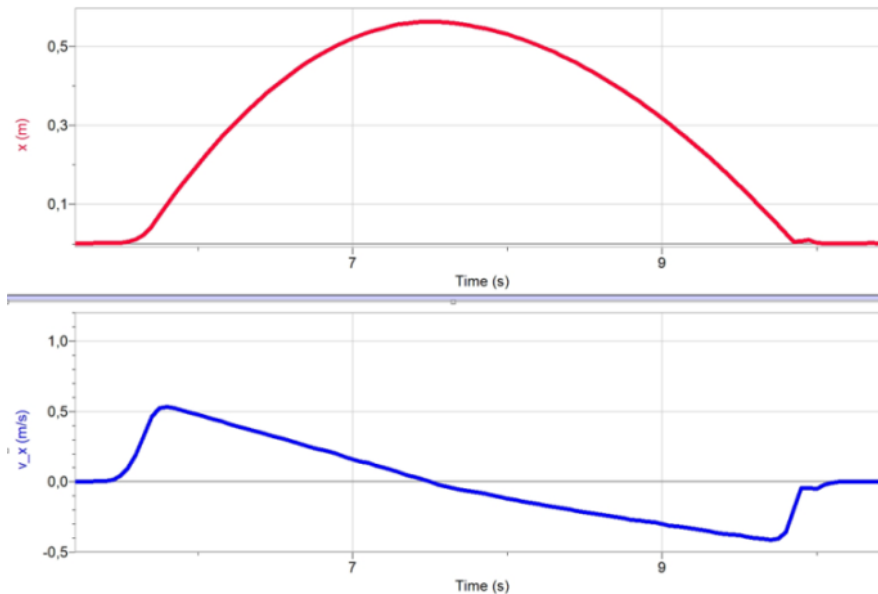
- Ali v grafih **prepoznate** kakšne vzorce/značilnosti?  
**Opišite** jih.

# ŠE VEČ MERITEV

- Ali v grafih **prepoznate** kakšne vzorce/značilnosti? **Opišite** jih.
  - Navzgor se voziček giblje z večjim pospeškom, kot navzdol
  - Hitrost spremeni predznak, ko se lega neha spreminjati
  - Pospešek je odvisen od števila magnetov
  - Končna hitrost je odvisna od števila magnetov
  - Ploščina pod modrim grafom ustreza rdečemu grafu

# NENAVADNI REZULTATI

- graf za voziček brez magnetov. Ali **opazite** kaj nenavadnega? **Predlagajte** eno ali več mogočih razlag za ta pojav. **Razmislite**, kako bi razlago testirali, in **predlagajte** testne poskuse



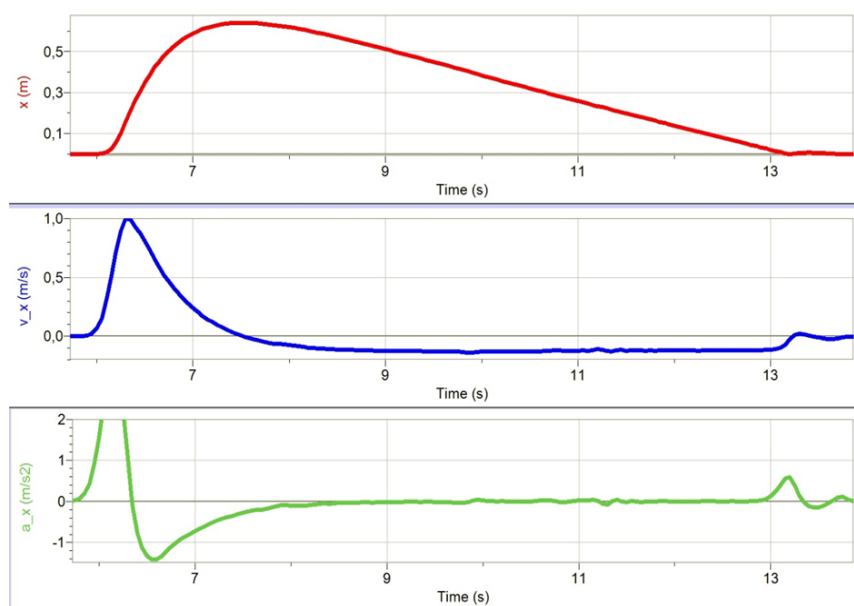
# NENAVADNI REZULTATI

- graf za voziček brez magnetov. Ali **opazite** kaj nenavadnega? **Predlagajte** eno ali več mogočih razlag za ta pojav. **Razmislite**, kako bi razlago testirali, in **predlagajte** testne poskuse
  - Graf se zlomi, pospešek je na poti navzgor večji, kot na poti navzdol
  - Upor vozička je odvisen od tega, ali vozi naprej ali vzvratno/voziček se giblje z uporom, ki po poti navzgor pomaga zavirati teži, po poti navzdol pa nasprotuje pospeševanju teže
  - Testiramo lahko, da voziček obrnemo in ponovimo poskus, če velja prva razlaga, bi se strmini grafov zamenjali, na začetku bi bil graf manj strm



# NENAVADNI REZULTATI

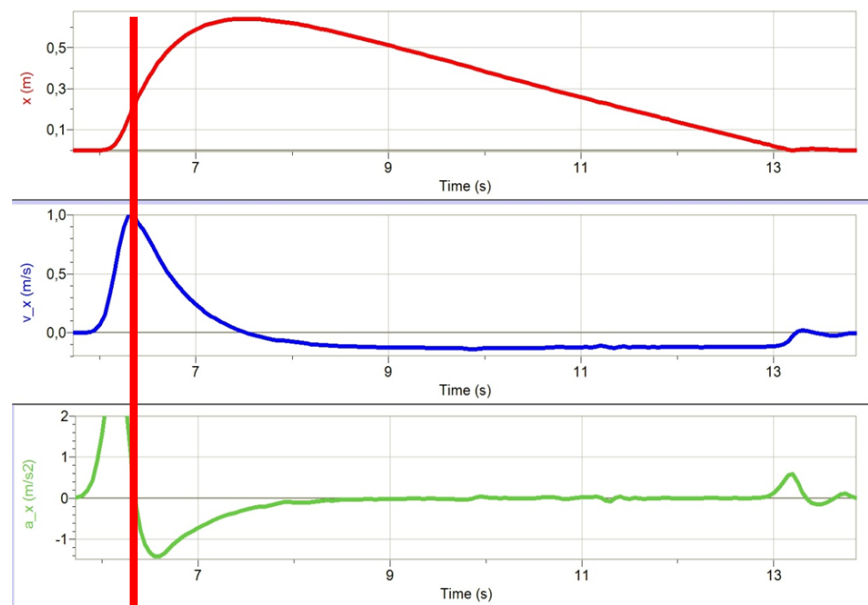
- **Analizirajte** spodnje grafe. **Opišite** gibanje in poskus pri katerem opazimo tako gibanje



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

# NENAVADNI REZULTATI

- **Analizirajte** spodnje grafe. **Opišite** gibanje in poskus pri katerem opazimo tako gibanje
  - Lega se najprej hitro povečuje nato se smer hitrosti obrne in telo se počasneje vrače proti izhodišču, na začetku na telo deluje močan pozitiven sunek sile, ki poveča hitrost, ki jo negativen sunek hitro zmanjša
  - Graf kaže gibanje vozička sunjenega po klancu navzgor
- V katerem trenutku mislite, da je roka nehala potiskati voziček?
  - Roka neha potiskati voziček v trenutku, ko se hitrost začne manjšati

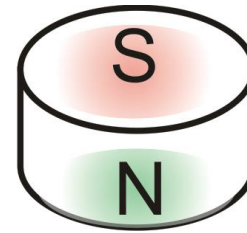
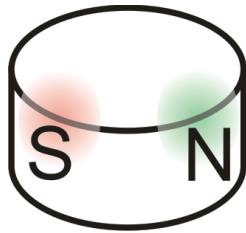


# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- 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.

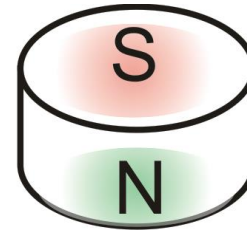
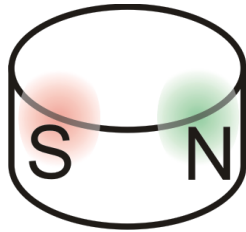
# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- kako določite pola magneta?



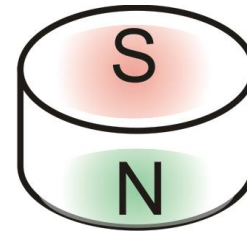
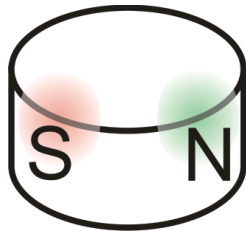
# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- kako določite pola magneta?
  - Z drugim magnetom poiščemo smer privlačne in odbojne sile
  - S kompasom otipamo silnice



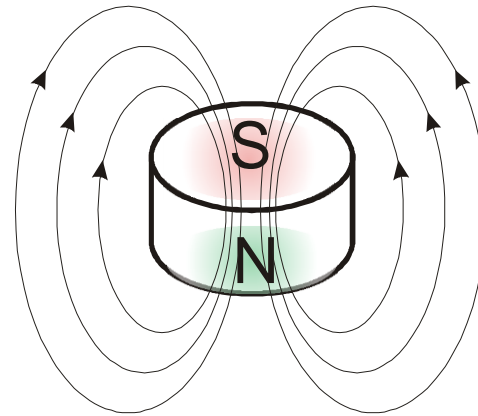
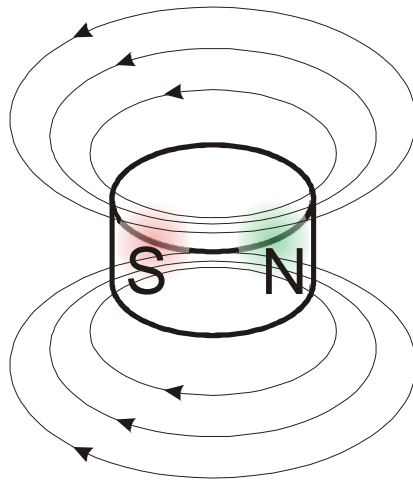
# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- Skicirajte magnetno polje v okolici obeh vrst magnetov



# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- Skicirajte magnetno polje v okolici obeh vrst magnetov



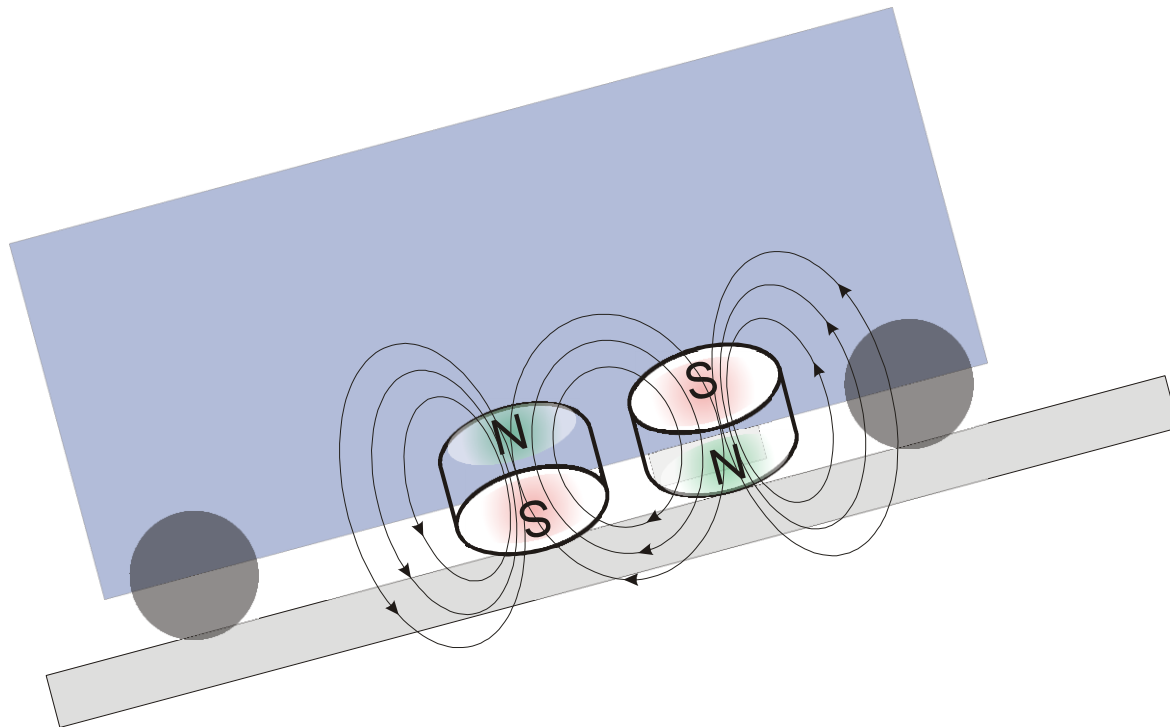
# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- **Skicirajte** magnetno polje v okolici vozička z dvema magnetoma



# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- **Skicirajte** magnetno polje v okolici vozička z dvema magnetoma

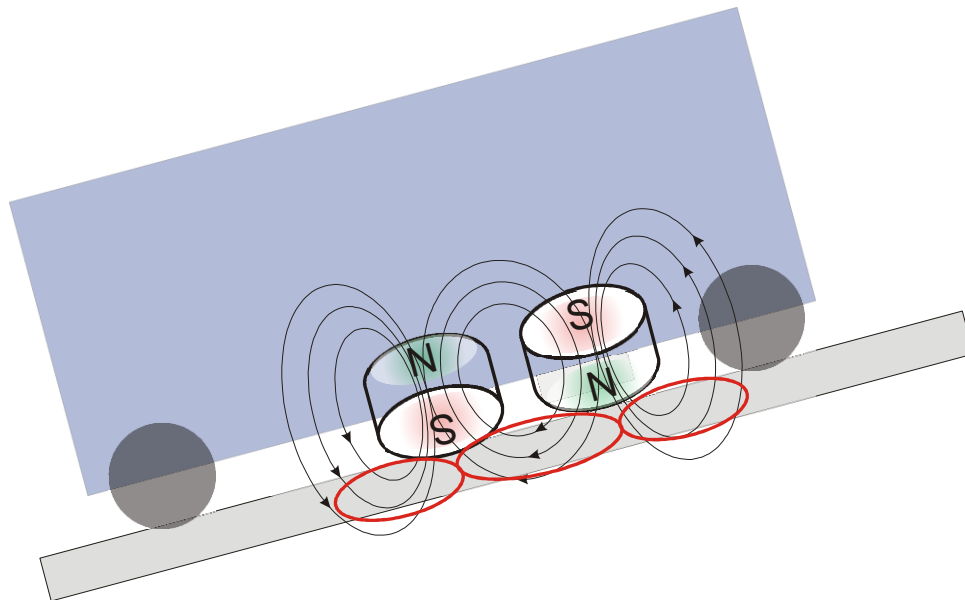


# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- **Predlagajte** mehanizem zaviralne sile.

# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- **Predlagajte** mehanizem zaviralne sile.
  - Ko se voziček giblje, magnetna indukcija požene vrtilni tok v kovini. Sila na ta tok zavira voziček (tu moramo razumeti tudi 3. newtonov zakon).



# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

- **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

# RAZVIJANJE MEHANISTIČNIH RAZLAG MAGNETNEGA UPORA

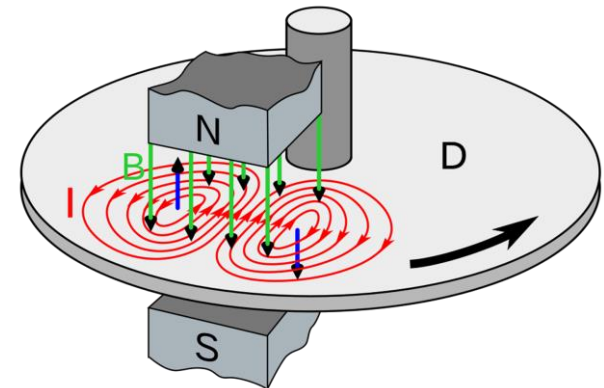
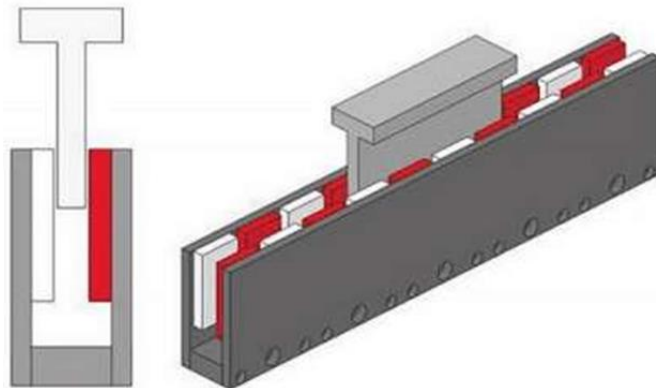
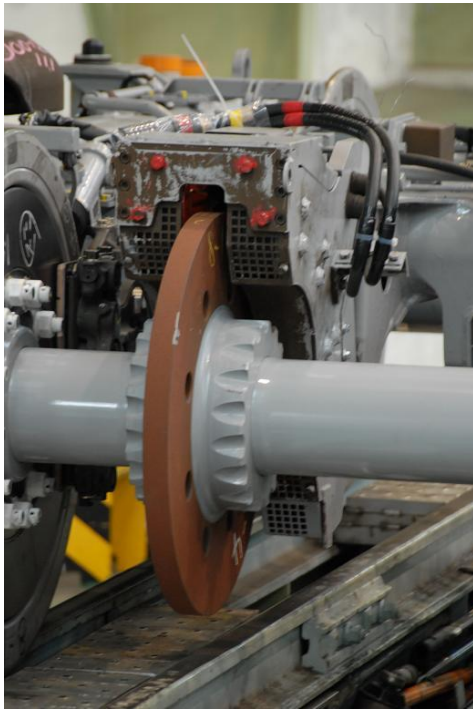
- **Predlagajte** en ali več testnih poskusov, s katerim lahko testirate vašo razlago.  
**Napovejte** rezultat vsakega testnega poskusa.  
Poskus **izvedite** in **primerjajte** z napovedjo.  
**Presodite**, ali model prestane test
  - Če indukcija ne igra vloge, bi poskus ponovili z neprevodno podlago in opazili enak pojav.
  - Poskus ponovimo brez magneta
  - ...

# APLIKACIJSKI POSKUS

- **Predlagajte** praktičen primer v katerem uporabite magnetno zaviranje.
- **Predlagajte** poskus(e) s katerimi določite relevantne parametre pojava, ki vplivajo na končno hitrost.

# APLIKACIJSKI POSKUS

- Zavore pri ICE, DB



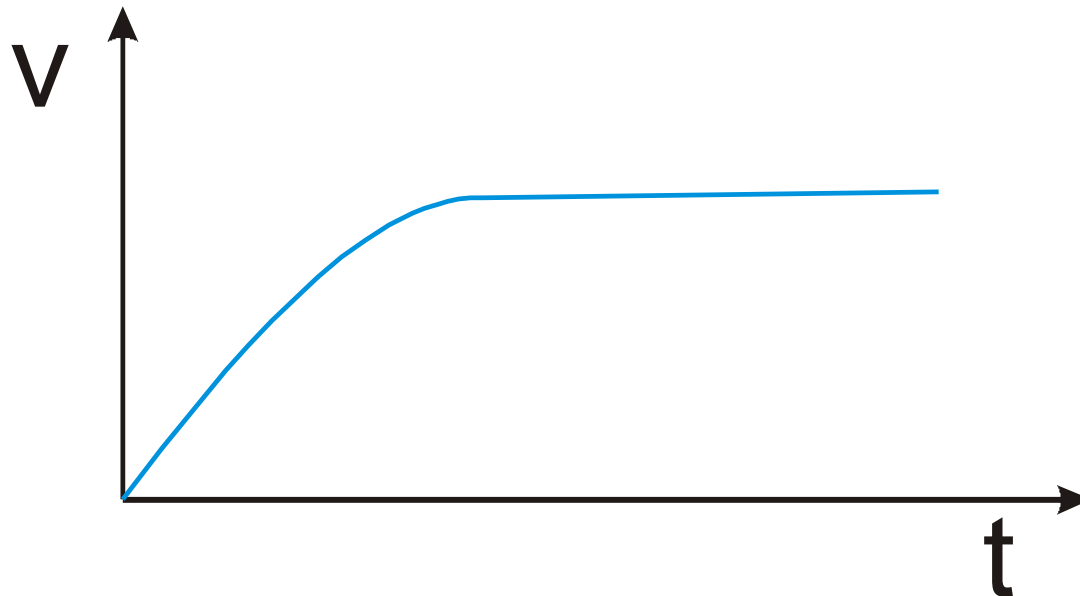
# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- **Opazujte** padanje magneta v prevodni aluminijski cevi.
- **Predstavite** gibanje magneta s kvalitativnim grafom  $v(t)$ .



# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- **Opazujte** padanje magneta v prevodni aluminijski cevi.
- **Predstavite** gibanje magneta s kvalitativnim grafom  $v(t)$ .

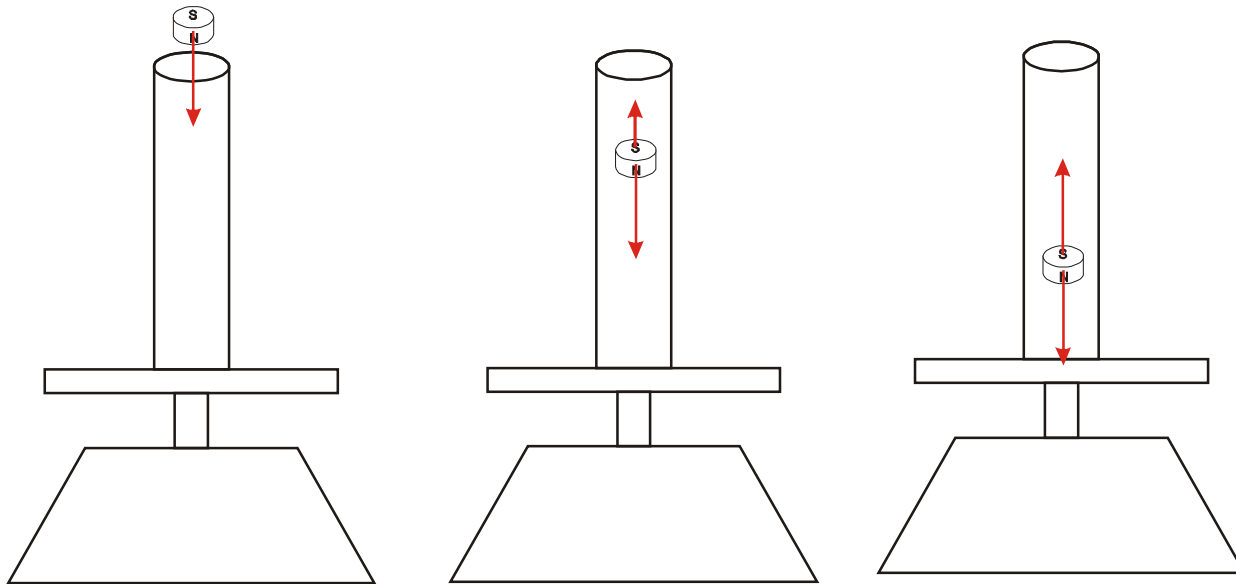


# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- **Narišite** diagram sil za magnet v treh trenutkih

# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- **Narišite** diagram sil za magnet v treh trenutkih

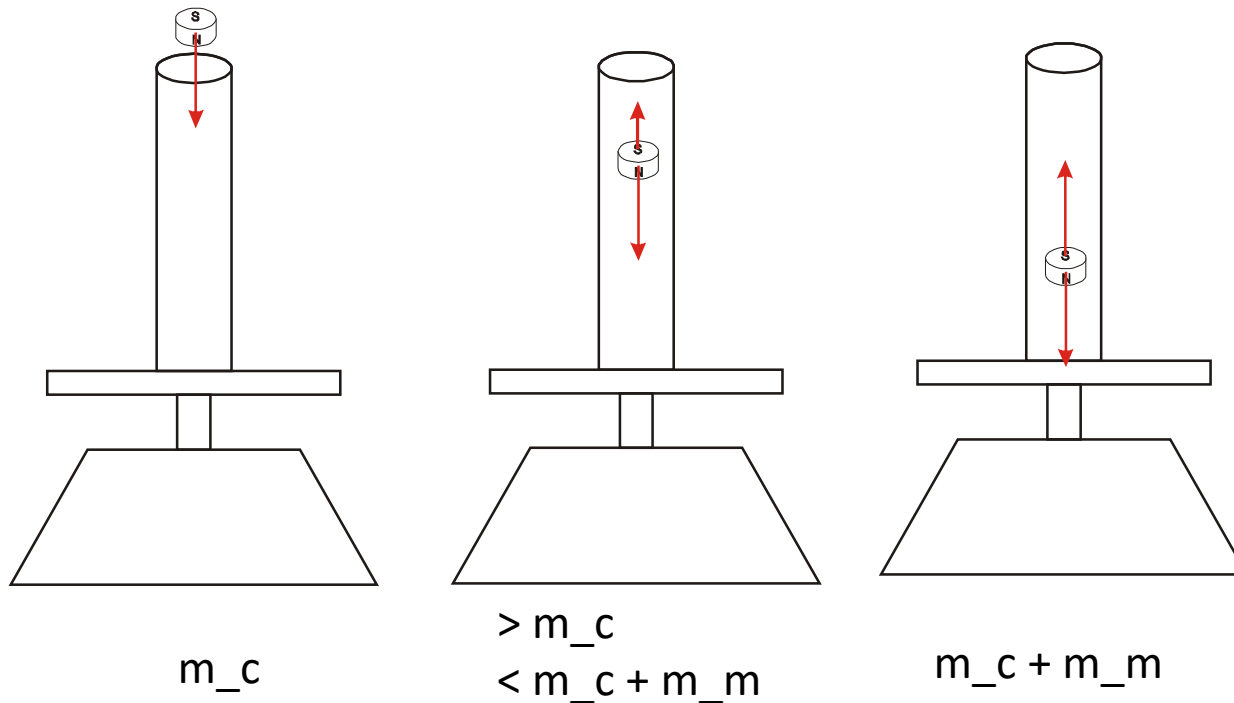


# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- Masa cevi je \_\_\_ masa magneta pa \_\_\_.
- **Napovejte** odčitek tehtnice. Napovedi naj bodo kvantitativne (vrednosti v gramih).
- **Navedite** morebitne predpostavke, ki ste jih pri tem sprejeli.
- **Izvedite** poskus. Ali se vaše napovedi **ujemajo** z meritvami? Če se ne, **uskladite** razhajanja

# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- **Napovejte** odčitek tehtnice



- **Predpostavke:** Padanje je enakomerno, trenja s steno ni oz. je zanemarljivo

# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- vzdolž srednje tretjine cevi **zarežemo** režo
- **Napovejte** graf časovnega spreminjanja sile s katero tehničar deluje na takšno prevodno cev, potem, ko v cev z vrha spustimo magnet

# MAGNETNO ZAVIRANJE V CEVI

- vzdolž srednje tretjine cevi **zarežemo** režo
- **Napovejte** graf časovnega spreminjanja sile  $s$  katero tehničar deluje na takšno prevodno cev, potem, ko v cev z vrha spustimo magnet

