



## 2.3 Dežne kapljice

Gorazd Planinšič, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana

<b>Kratek opis za učitelje</b>	Naloga zahteva od dijakov, da izračunajo hitrost dežnih kapljic iz dolžine sledi na fotografiji in znanega časa osvetlitve. V nadaljevanju naloge morajo narisati sile na kapljico, ki enakomerno pada, pri čemer morajo pravilno uporabiti prvi Newtonov zakon. V zaključku naloge morajo napovedati, kakšne sledi bi pustile na fotografiji kapljice, ki padajo enakomerno pospešeno. Dodatni vprašanja se nanašata na oceno velikosti sile zračnega upora (pri tem vprašanju morajo dijaki oceniti velikost kapljice) in primerjati velikostno stopnjo izračunane sile z rezultatom, ki ga izračunajo iz teoretičnega izraza za silo upora (kvadratni zakon upora).				
<b>Cilji</b>	Dijaki/dijakinje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• razumejo postopek analize fotografskega posnetka;</li> <li>• uporabljajo enačbe za pot in hitrost pri prostem padanju;</li> <li>• znajo uporabiti Newtonove zakone pri padanju;</li> <li>• ocenijo velikost zračnega upora;</li> <li>• uporabijo kvadratni zakon upora.</li> </ul>				
<b>Priporočilo za oblike in metode dela</b>	Dijaki rešujejo naloge individualno ali v skupinah.				
<b>Priporočilo za izvedbo</b>	Učno enoto izvedemo, ko dijaki že poznajo prvi Newtonov zakon.				
<b>Čas za izvedbo</b>	1 ura	<b>Zahtevnost</b>	srednja	<b>Vključen eksperiment</b>	ne
<b>Priloge</b>	  <ul style="list-style-type: none"> <li>• učni list za dijake (pdf, doc),</li> <li>• priporočila za učitelje (pdf, doc).</li> </ul>				

## Učni list za dijake

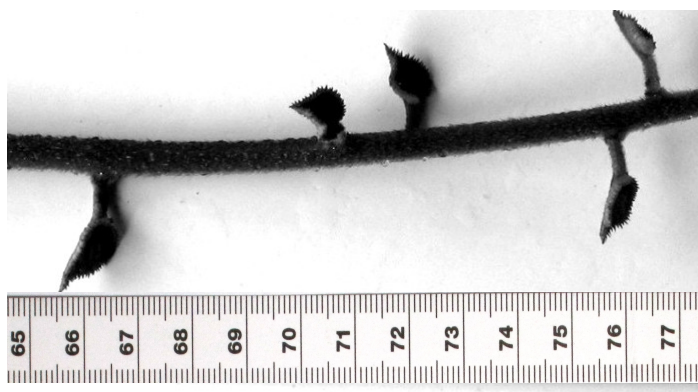
**Dežne kapljice****OSNOVNA NALOGA**

**Namen vaje:** razvijanje samostojnega razmišljanja in sklepanja, razumevanje fizikalnih konceptov (prvi Newtonov zakon), vrednotenje dobljenih rezultatov.

**Naloga:**

Dežne kapljice padajo približno s konstantno hitrostjo, ki je tem večja, čim večje so kapljice.

Na prvi fotografiji so ostro vidne sledi vodnih kapljic, ki so padale v ravnini, v kateri leži poganjek. Fotografija je bila posneta s časom osvetlitve 1/250 sekunde. Druga fotografija kaže del istega poganjka ob merilnem traku.



1. Pojasnite z besedami, kako lahko na podlagi zgornje fotografije trdimo, da kapljice padajo približno s konstantno hitrostjo.

.....

2. Razmislite, kako bi na podlagi podatka o času osvetlitve in podatkov, ki jih dobite s fotografij, izračunali povprečno hitrost kapljic, ki so padale v bližini poganjka. Z besedami najprej na kratko opišite načrt, po katerem bi postopali pri računanju.

.....

.....

.....

3. Izračunajte povprečno hitrost kapljic po postopku, ki ste ga opisali.

---

Računi:

---

4. Na skici kapljice narišite in poimenujte vse sile, ki delujejo na padajočo kapljico. Pazite, da bodo vektorji sil v pravih razmerjih.

5. Predstavljajte si, da bi kapljice padale z roba strehe enakomerno pospešeno. Kapljice bi fotografirali z večje razdalje, tako da bila na posnetku vidna celotna hiša, od strehe do tal.



a) Opišite, kakšne bi bile videti sledi pospešenih kapljic na fotografiji.

.....

.....

.....

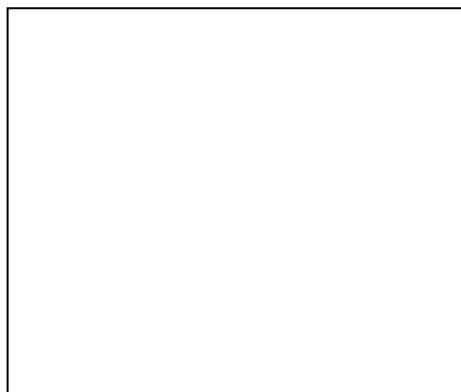
b) Napišite vse ideje in razloge, na podlagi katerih ste prišli do vašega sklepa o tem, kakšne bi bile sledi pospešenih kapljic na fotografiji.

.....

.....

.....

c) V spodnji okvir skicirajte kvalitativno sliko sledi pospešenih kapljic, ki bi jih po vašem mnenju videli na fotografiji.



**\* 1. DODATNA NALOGA**

Z računom ocenite velikost sile zračnega upora, ki deluje na padajoče kapljice. Manjkajoče podatke ocenite s fotografije.

Namig: Ker vemo, da padajo kapljice enakomerno, lahko silo upora določimo, če najprej ocenimo maso kapljice.

---

Računi:

**\*\* 2. DODATNA NALOGA**

V opisanem primeru lahko silo zračnega upora, ki deluje na kapljico, ocenimo z naslednjim izrazom:

$$F_u = \frac{1}{2} c \rho v^2 S$$

kjer je  $\rho$  gostota zraka ( $1,2 \text{ g/dm}^3$ ),  $S = \pi r^2$  ploščina čelnega preseka kapljice,  $v$  hitrost padanja kapljice in  $c$  konstanta, ki je odvisna od oblike kapljice (privzeli bomo, da ima kapljica obliko krogle, za katero je  $c = 0,4$ ). Izračunajte silo upora  $F_u$  in preverite, kako se ujema z vrednostjo, ki ste jo izračunali v 1. dodatni nalogi. Zaradi nenatančnosti pri merjenju smo zadovoljni, če se ujemata le velikostni stopnji.

## Priporočila za učitelje

### Dežne kapljice

#### Rešitve:

1. Sledi kapljic na različnih višinah so približno enako dolge.

2. Opis po korakih:

- Z ravnilom izmerimo več dolžin sledi kapljic na fotografiji in izračunamo povprečno vrednost.
- Iz primerjave dolžin poganjka na spodnji sliki in istega dela poganjka na zgornji sliki izračunamo, kolikšna dolžina v naravi ustreza npr. dolžini 1 cm na zgornji fotografiji. S tem podatkom lahko določimo povprečno dolžino sledi kapljic v naravi.
- Iz poznavanja povprečne dolžine poti in časa preleta (1/250 s) izračunamo povprečno hitrost.

3. Povprečna hitrost kapljic:

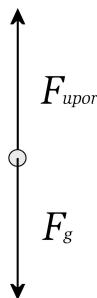
*Spodnja fotografija:* razdalja med prvim in tretjim poganjkom (od leve) je 5,5 cm v naravi.

*Zgornja fotografija:* ista razdalja meri na fotografiji 18 mm, povprečna sled kapljice na fotografiji pa 10 mm. Iz tega sledi:

- povprečna dolžina sledi v naravi: 3 cm
- povprečna hitrost: 7,5 m/s

Če dijaki izberejo pri odčitavanju poganjke, ki so bliže skupaj, lahko dobijo (pri pravilnem postopku) rezultate, ki do 30 % odstopajo od navedenega rezultata (to pomeni, da je povprečna hitrost lahko v intervalu od 5 do 10 m/s). Pomembno je, da dijaki uporabijo pravilni razmislek pri določanju povprečne hitrosti. Tiste, ki se zavedajo napak pri odčitavanju in kako napako zmanjšamo, lahko posebej nagradimo ali pohvalimo.

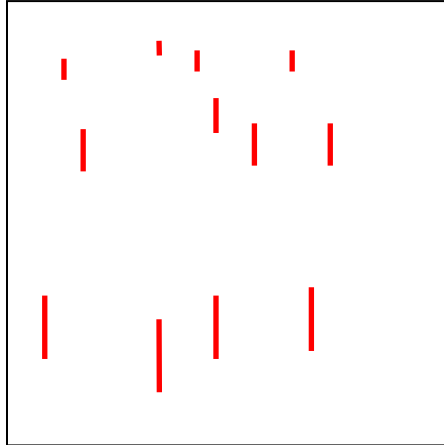
4.  $F_{upor} = F_g$



5. Enakomerno pospešeno padanje kapljic

- Sledi kapljic bliže strehi bi bile krajše, proti tlom pa bi bile vse daljše; sledi kapljic na isti višini bi bile približno enake.
- Pri enakomerno pospešenem gibanju je hitrost telesa tem večja, čim večja je pot, ki jo je telo prepotovalo (*hitrost je sorazmerna korenu iz poti, če je telo v začetku mirovalo*). Kapljica, ki se giblje z večjo hitrostjo, bo na fotografiji pustila daljšo sled.

c)



### 1. DODATNA NALOGA

Iz fotografije lahko dobimo grobo oceno za premer kapljice:  $2r = 1$  mm na fotografiji, kar pomeni 3 mm v naravi.

Ker se kapljica giblje enakomerno, mora biti sila zračnega upora enaka teži kapljice. Izračunamo prostornino kapljice, upoštevamo gostoto vode ( $10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ) in dobimo oceno za silo upora  $10^{-4}$  N.

### 2. DODATNA NALOGA

Iz izraza za  $F_u$  lahko silo upora ocenimo iz znane hitrosti padanja kapljice in premera kapljice, ki smo ga ocenili iz fotografije. Zopet dobimo za silo vrednost z velikostno stopnjo  $10^{-4}$  N.