

# Potisna sila vodne rakete

Projektna naloga pri fiziki

Anton Luka Šijanec, 2. a

Gimnazija Bežigrad

V sredo, 2. junija 2021

- 1 Opis poskusa
- 2 Izvedba meritev poskusa
  - Oprema in merilniki
- 3 Izvedba meritev poskusa
- 4 Izvedba meritev poskusa
  - *Konstantne*, **odvisne** in nadzorovane vrednosti
  - Obdelava pridobljenih podatkov
  - Vsebinski
- 5 Pridobljene meritve
  - Tabela za meritev s 40 kPa in 0,6 L vode
  - Rezultati in komentarji nanje ter ugotovitve
- 6 Teorija
  - Od česa je odvisen potisk
- 7 Razlogi za napake in odstopanja
- 8 Viri
- 9 Zaključek

- Meritev potisne sile vode, ki izteka iz vodne rakete, ki je fiksno vpeta
- Korelacija potisne sile z višino vode in tlakom v plastenki ob danem trenutku
- Primerjava s teoretičnimi vrednostmi
- Strojno odčitavanje podatkov zaradi hitrega razpleta dogodkov

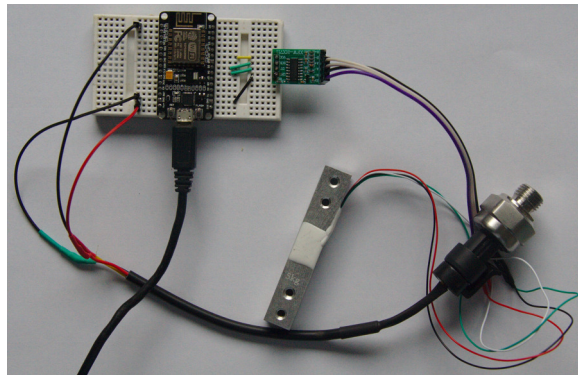


Slika 1: Vodna raketa, plastenka in navoj pretvornika

# Izvedba meritev poskusa

## Oprema in merilniki

- Videokamera za videoanalizo (Canon SX160 IS), 25 sličic na sekundo
- Izstrelilna rampa za vodno raketo
- Pretvornik med navojem za plastenko in priključkom za na vzletno rampo
- Litrska plastenka
- Merilnik tlaka kapljev in plinov
- Aluminijska vaga/merilna celica (0 kg-5 kg) in HX711 ADC
- Mikroprocesor ESP8266 in nodemcuV2
- Program Tracker za videoanalizo



Slika 2: Vaga, merilnik za pritisk in mikroprocesor

- 1 Stehtamo raketo brez vode
- 2 Začnemo zajem podatkov
- 3 Vertikalno izstrelimo raketo v vago, ki je postavljena tik nad vrhom rakete
- 4 Vaga zazna silo ( $F_m = |F_\alpha - F_g|^1$ ), ki je rezultanta sile teže in sile potiska.
- 5 Zanemarimo zračni upor
  - Pred dotikom rakete z vago ( $F_g > F_\alpha$ ) podatkov o potisku nimamo
  - Med dotikom potisk izračunamo s formulo

$$F_\alpha = \vec{F}_m + \vec{F}_g$$

- Vsakič, ko je omenjen tlak ( $P$ ), je mišljena razlika tlaka ( $\Delta P$ ) glede na zunanji tlak.



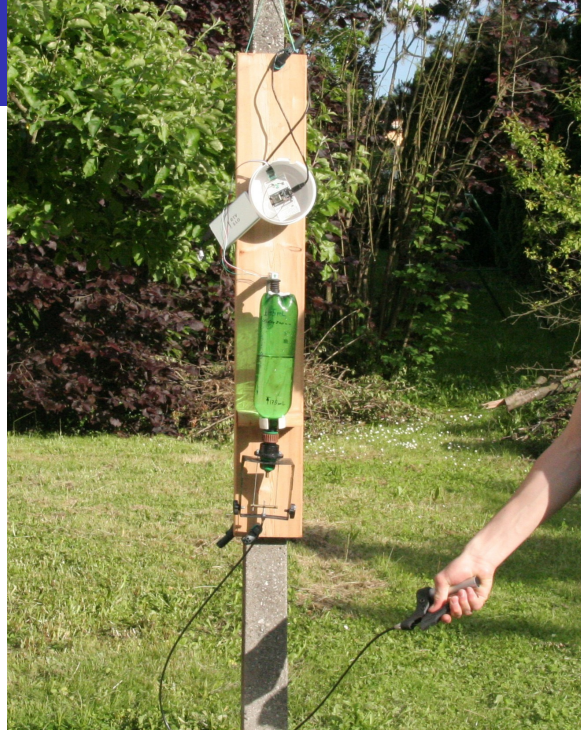
Slika 3: Izstrelitvena rampa

<sup>1</sup>Absolutno je zato, ker raketa ni prilepljena na vago

# Izvedba meritev poskusa

Konstantne, odvisne in nadzorovane vrednosti

- masa plastenke, kalibracijski delitelj vage
- čas, ko je  $F_\alpha > F_g$ , maksimalna  $F_m \rightarrow$  maksimalna  $F_\alpha$ , povprečna  $F_m/F_\alpha$
- začetna količina vode v plastenki ( $V_0$ ): 0,3L, 0,6L in 0,9L, začetni tlak v plastenki ( $P_0$ ): 10 kPa, 20 kPa, 30 kPa in 40 kPa
- Grafa, s katerima bodo prikazane meritve:  $F(t)$  in  $V(t)$
- Za vsako kombinacijo volumna in pritiska so bile izvedene tri meritve
- Videoanaliza bo uporabljena za  $t_0$  in za  $h_\alpha \rightarrow V_\alpha \rightarrow m_\alpha \rightarrow F_{g\alpha}$



# Izvedba meritev poskusa

## Obdelava pridobljenih podatkov

- CSV datoteki:  $F_m(t)$  in  $h_\alpha(t)$
- Natančnost:  $F_m$ : 1 cN,  $h_\alpha$ : 1 mm,  $t$ :  $\frac{1}{11}$  s
- $h_\alpha \rightarrow V_\alpha$ :

$$g(x) = 106 \text{ mL} + (x - 5,5 \text{ cm}) \cdot \pi \cdot (38,197 \text{ mm})^2$$

$$f(x) = \begin{cases} g(x); & 5,5 \text{ cm} \leq x \leq 24,5 \text{ cm} \\ x < 106 \text{ mL}; & x < 5,5 \text{ cm} \\ 1 \text{ L} > \\ x > 871 \text{ mL}; & x > 24,5 \text{ cm} \end{cases}$$

- $t_{F_\alpha > F_g}$ : čas, ko je  $F_m > 0,5 \text{ N}$
- Po obdelavi s programom obdelaj.c:  
 $\{F_\alpha, V_\alpha\}(t)$  in  $\{t_{F_\alpha > F_g}, \overline{F_\alpha}\}(\{P_0, V_0\})$



# Pridobljene meritve

Tabela za meritev s 40 kPa in 0,6 L vode

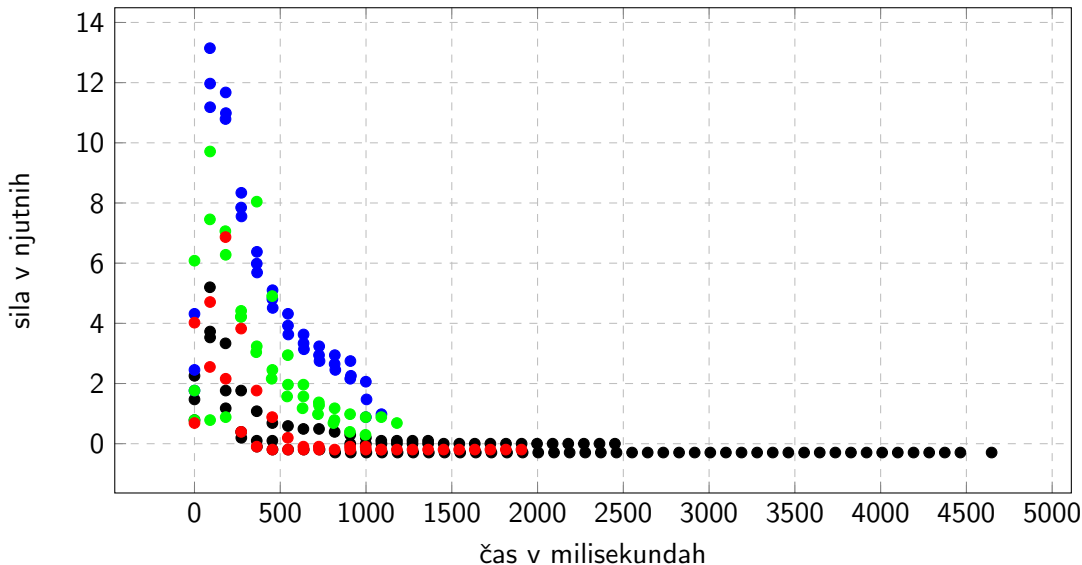
$t$	1. $F$	1. $V$	2. $F$	2. $V$	3. $F$	3. $V$	$\overline{F}$	$\overline{V}$	n. $F$	n. $V$
0	8,19	0,65	8,35	0,41	6,61	0,42	7,72	0,49	0,63	0,07
91	17,00	0,59	16,48	0,34	15,70	0,38	16,39	0,45	0,61	0,11
182	16,54	0,50	13,46	0,27	14,00	0,31	16,67	0,36	2,67	0,14
273	12,65	0,44	9,99	0,21	9,66	0,21	10,77	0,29	0,78	0,08
364	10,63	0,43	7,68	0,17	7,49	0,18	8,60	0,26	1,11	0,17
455	8,62	0,36	6,04	0,12	4,51	0,00	6,39	0,16	1,88	0,16
545	7,07	0,28	3,93	0,00	3,63	0,00	4,88	0,09	1,25	0,09
636	6,04	0,24	3,34	0,00	3,14	0,00	4,17	0,08	1,03	0,08
727	5,11	0,19	2,94	0,00	2,75	0,00	3,60	0,06	1,51	0,06
818	4,15	0,12	2,65	0,00	2,45	0,00	3,08	0,04	1,07	0,04
909	2,75	0,00	2,15	0,00	2,26	0,00	2,39	0,00	0,24	0,00
999	2,06	0,00	0,88	0,00	1,47	0,00	1,47	0,00	0,59	0,00
1090	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,32	0,00

Sile so v njutnih, volumni so v litrih, čas je v milisekundah. Podatki so prepisani iz  
../podatki-obdelani/0.6L-4bar.csv.



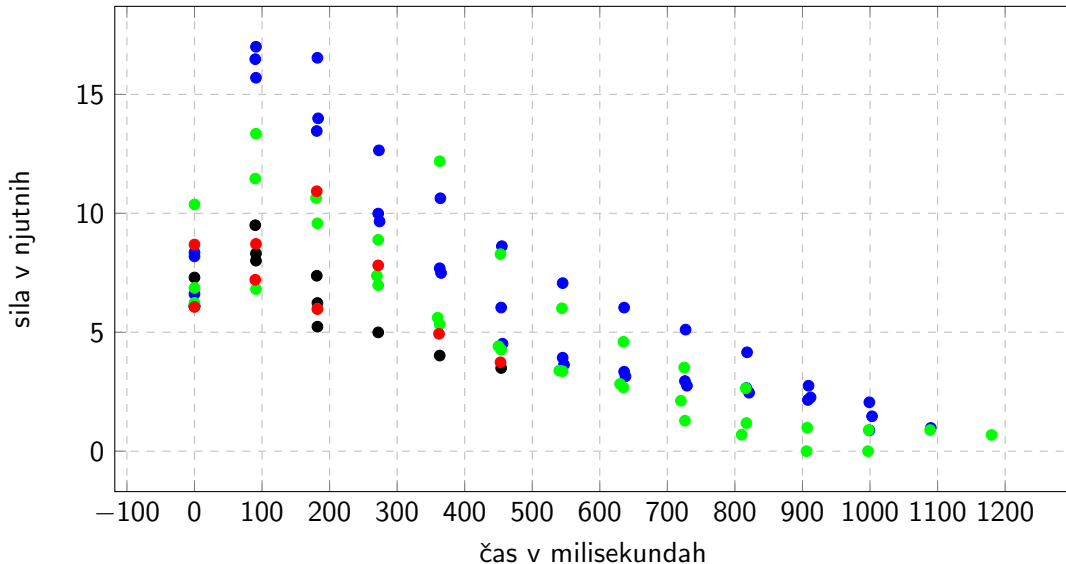
# Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — surovi podatki o sili



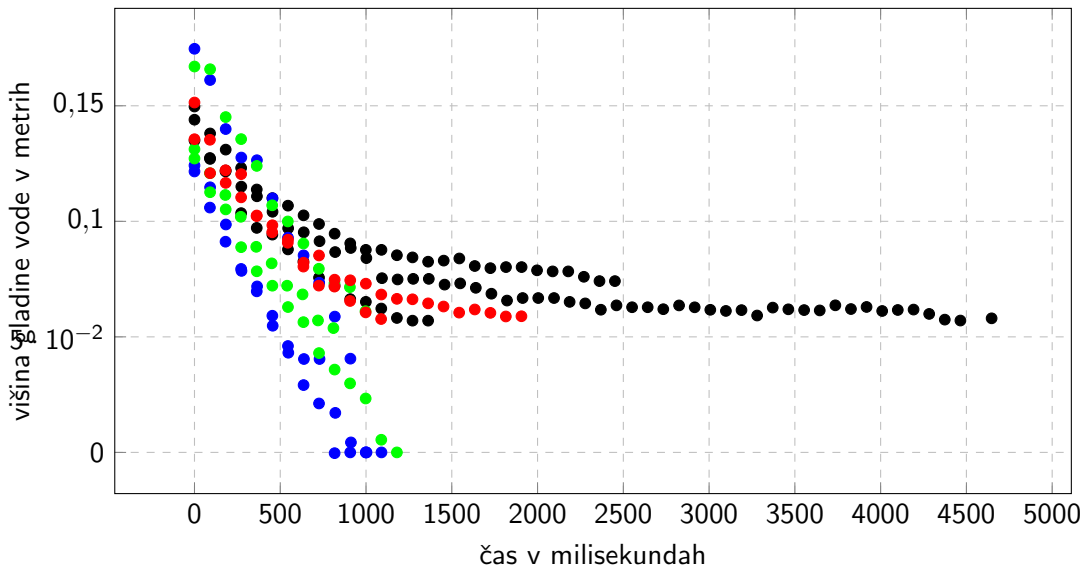
# Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — potisk



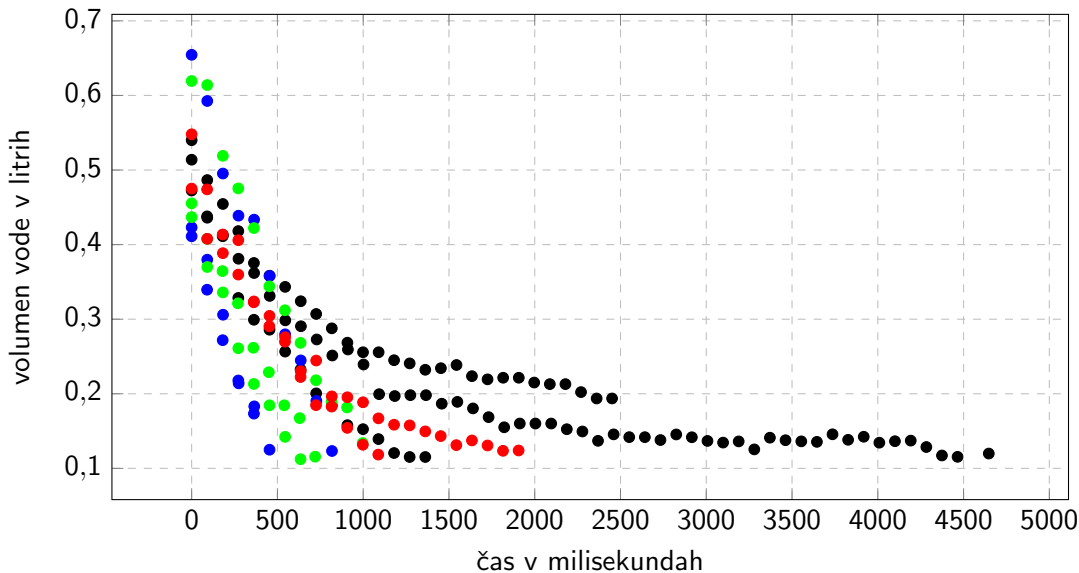
# Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — surovi podatki o gladini vode



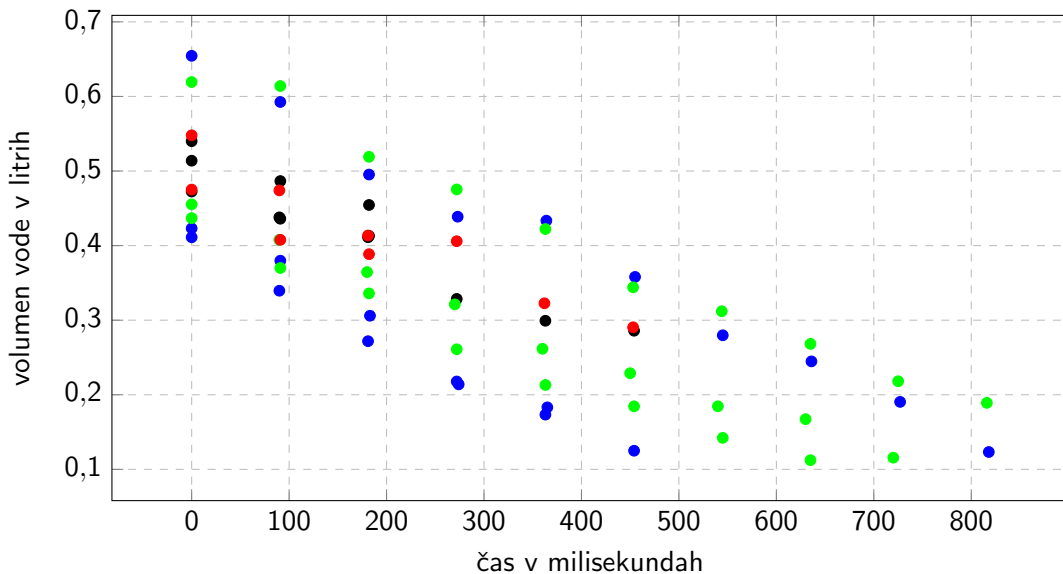
# Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — volumen vode v raketi



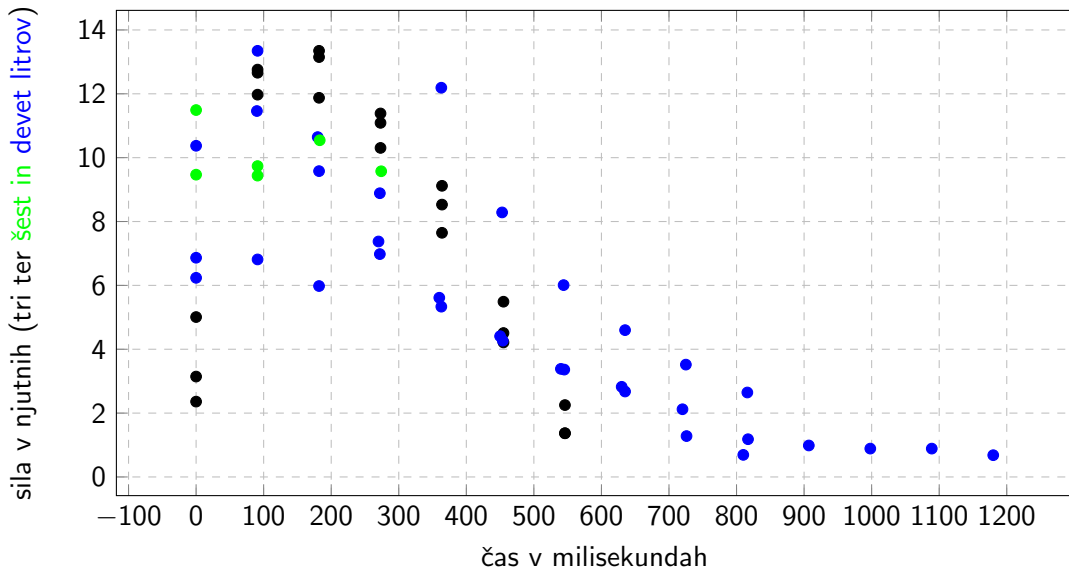
# Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — volumen vode v raketi, če odmislimo vrednosti, ko ni potiska



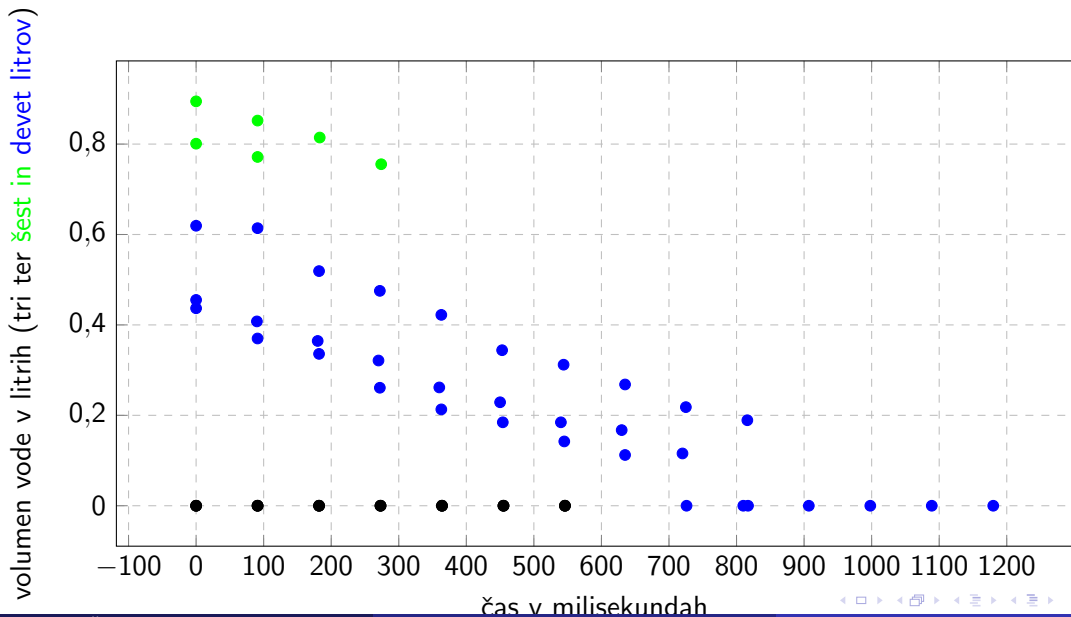
# Pridobljene meritve

Grafi: 30 kPa začetnega tlaka v plastenki — potisk, če odmislimo vrednosti, ko ni potiska



# Pridobljene meritve

Grafi: 30 kPa začetnega tlaka v plastenki — volumen vode v raketi, če **odmislimo vrednosti, ko ni potiska**



# Pridobljene meritve

Rezultati in komentarji nanje ter ugotovitve

- Obstajajo kombinacije  $P_0$  in  $V_0$ , kjer voda ne bo v celoti izrinjena, ker bo prej  $P_\alpha = 0$ . Bojlov zakon:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow$$

$$\text{izlito} = P_0 \cdot (1\text{ L} - V_0) - (1\text{ L} - V_0)$$





- Potisk izračunamo kot  $F_\alpha = \dot{m} \cdot v_i$  (zmnožek hitrosti izpuščene vode in masnega toka)
- Oziroma  $F_\alpha = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \cdot \pi(4 \text{ mm})^2 \cdot v_i^2$  (zmnožek gostote vode, površine izhodne luknje in hitrosti izpuščene vode)
- Bernoullijeva enačba:  $v_i = \sqrt{\frac{2P_\alpha}{\rho_{\text{voda}}}}$
- Torej  $F_\alpha = 2P_\alpha A$ , kjer je  $A$  površina izhodne luknje

- 

$$P_\alpha = P_0 \left( P_0 \frac{V_0 + \Delta m \rho_{\text{voda}}}{V_0} \right)^{-\gamma}$$

, kjer je  $\gamma$  adiabatski indeks zraka (približno  $\frac{7}{5}$ )

- S podatkom o trenutnem tlaku je trenutni potisk

$$F_\alpha = 2\pi r^2 (P_\alpha)$$

, kjer je  $P_\alpha$  — kot vselej doslej — razlika med zunanjim in notranjim tlakom

# Razlogi za napake in odstopanja

- Nepravilno doziran  $P_0$  — po odklopu kompresorja je ventilček še nekaj časa odprt
- Nepravilno doziran  $V_0$
- Nepravilno kalibrirana vaga - kalibriral sem jo s silo teže enega litra vode
- Raketa ni bila izstreljena navpično
- Podporni L nosilec se je ukrivil pod veliko težo
- Tri meritve ne morejo biti časovno usklajene, saj merilnik ni izmeril vsakič ob isti milisekundi, temveč vsakič z zamikom — merilnik sile ne pozna časa odprtja rakete



Slika 7: Nepravilna merilna oprema

Viri so navedeni v opisu projekta na <http://razor.arnes.si/~asija3/files/sola/gimb/2/fiz/naloga/predstavitev/dokument.pdf>.

- Vse slike so ©Anton Luka Šijanec 2021

- Hvala za pozornost!
- Vprašanja?
- Najnovejša različica, to je  $\LaTeX$  izvorna koda in PDF dokumenti, je na voljo v mojem šolskem Git repozitoriju na naslovu <https://git.sijanec.eu/sijanec/sola-gimb-2/>. Povezava za prenos zadnje različice tega dokumenta v PDF obliki je <http://razor.arnes.si/~asija3/files/sola/gimb/2/fiz/naloga/predstavitev/dokument.pdf>.

- Konec generiranja dokumenta: 2. junij 2021 ob 11:28.
- Grafi imajo natančnost 100 točk na graf.
- Document se je generiral 30 s.
- Pred objavo izklopite razhroščevanje. To storite tako, da v glavi dokumenta nastavite ukaz razhroscevanje na 0.