

Potisna sila vodne rakete

Projektna naloga pri fiziki

Anton Luka Šijanec, 2. a

Gimnazija Bežigrad

V petek, 4. 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
 - Graf maksimalne dosežene sile v odvisnosti od začetnega pritiska in začetnega volumna
 - Od česa je odvisen potisk
 - Izračun teoretičnega potiska iz podatkov iz videoanalize
 - Graf izmerjenega potiska **teoretične vrednosti iz videoanalize**
- 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

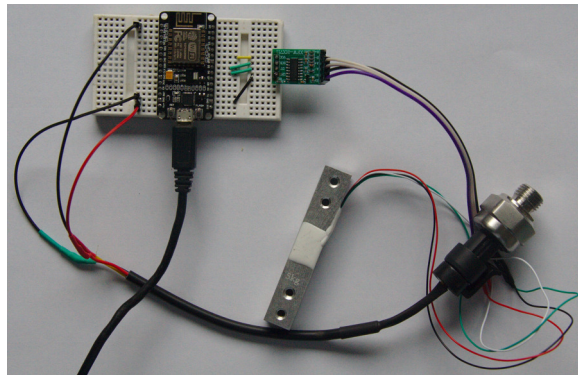


Slika 1: Vodna raketa, plastenka in navoj pretvornika

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 (ΔP) glede na zunanji tlak.

¹Absolutno je zato, ker raketa ni prilepljena na vago



Slika 3: Izstrelitvena rampa

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_α , povprečna F_m/F_α
- 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

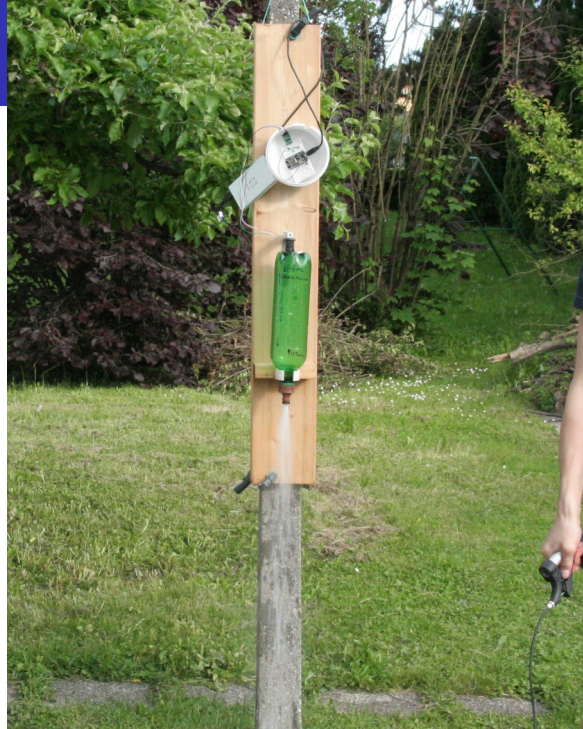
Obdelava pridobljenih podatkov

- CSV datoteki: $F_m(t)$ in $h_\alpha(t)$
- Natančnost: F_m : 1 cN, h_α : 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

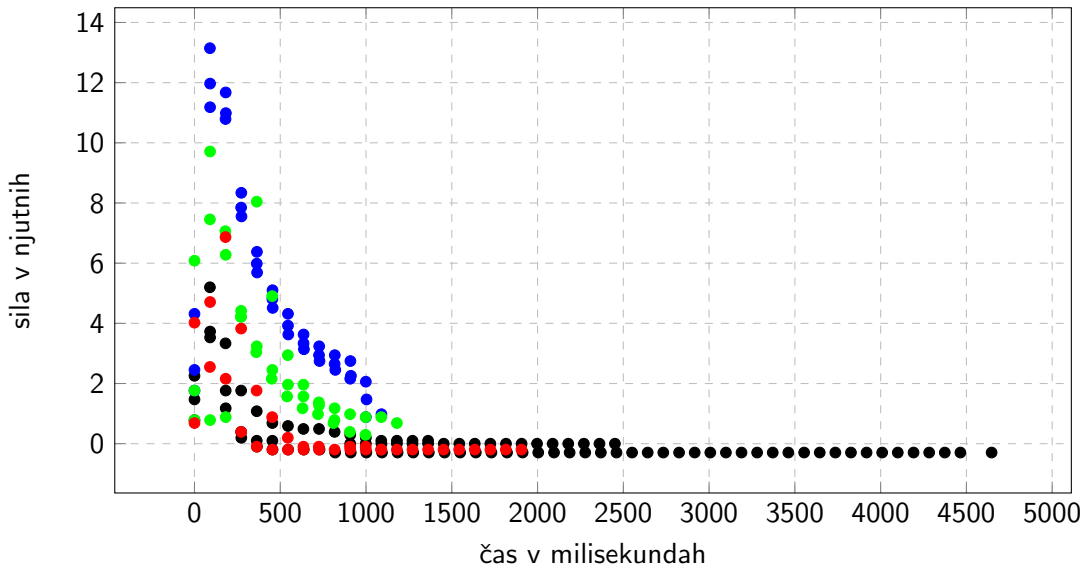
Tabela za meritev s 40 kPa in 0,6 L vode

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

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

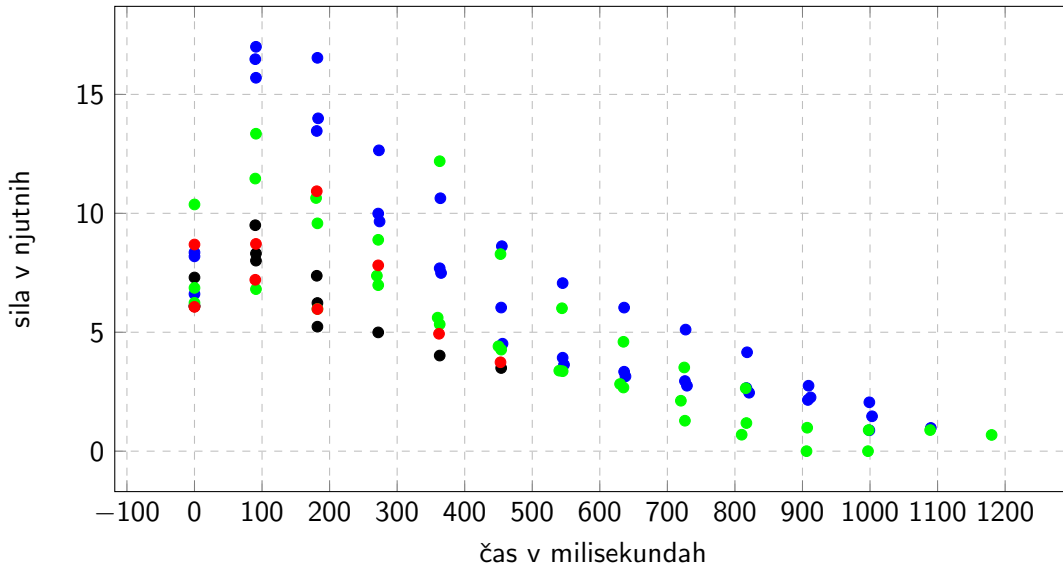
Pridobljene meritve

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



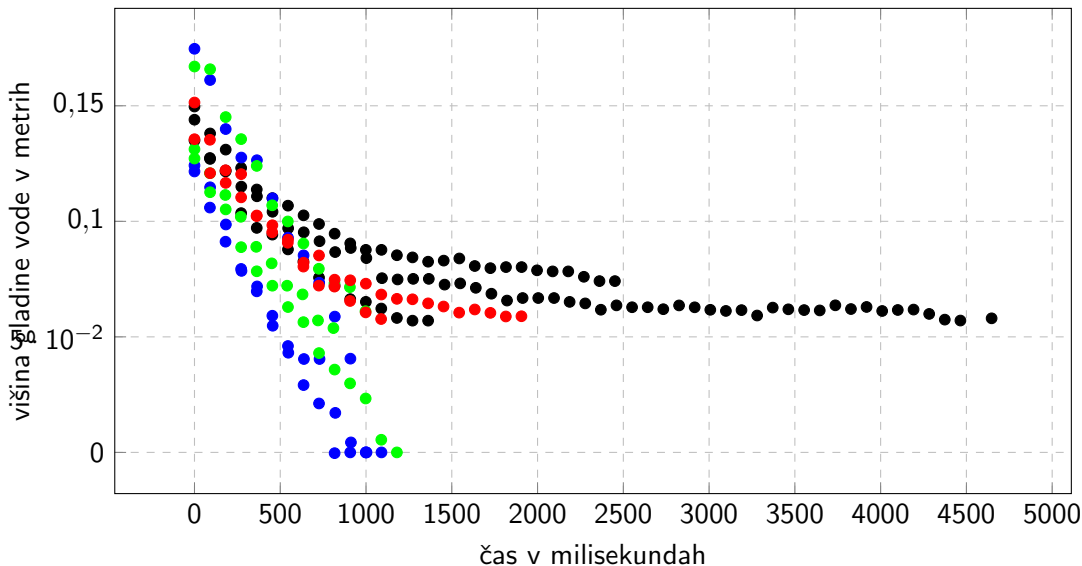
Pridobljene meritve

Grafi: 0,6 L začetnega volumna vode — potisk



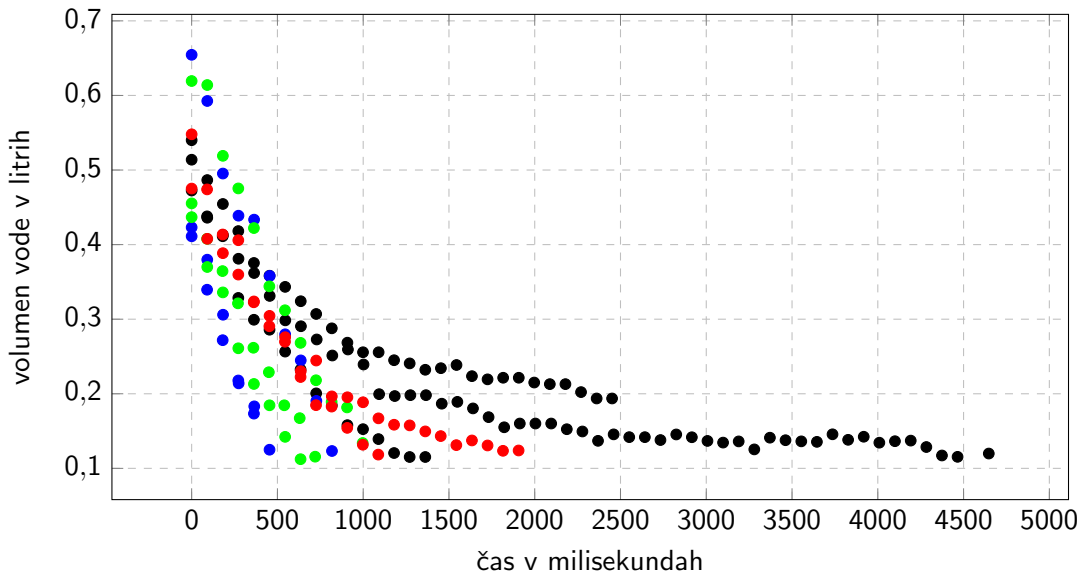
Pridobljene meritve

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



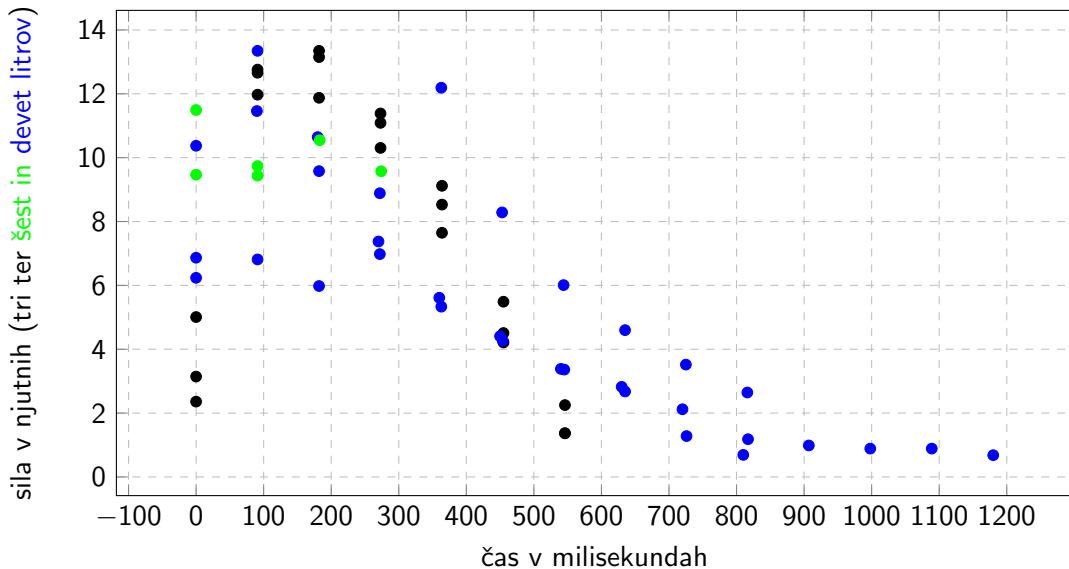
Pridobljene meritve

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



Pridobljene meritve

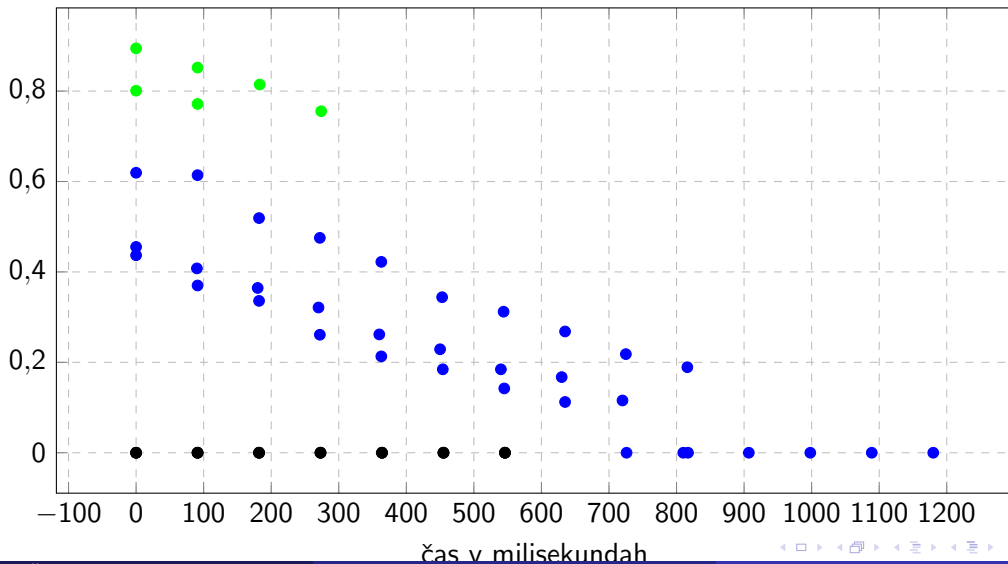
Grafi: 30 kPa začetnega tlaka v plastenki — potisk, če odmislimo vrednosti, ko ni potiska



Pridobljene meritve

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

volumen vode v litrih (tri ter šest in devet litrov)



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:

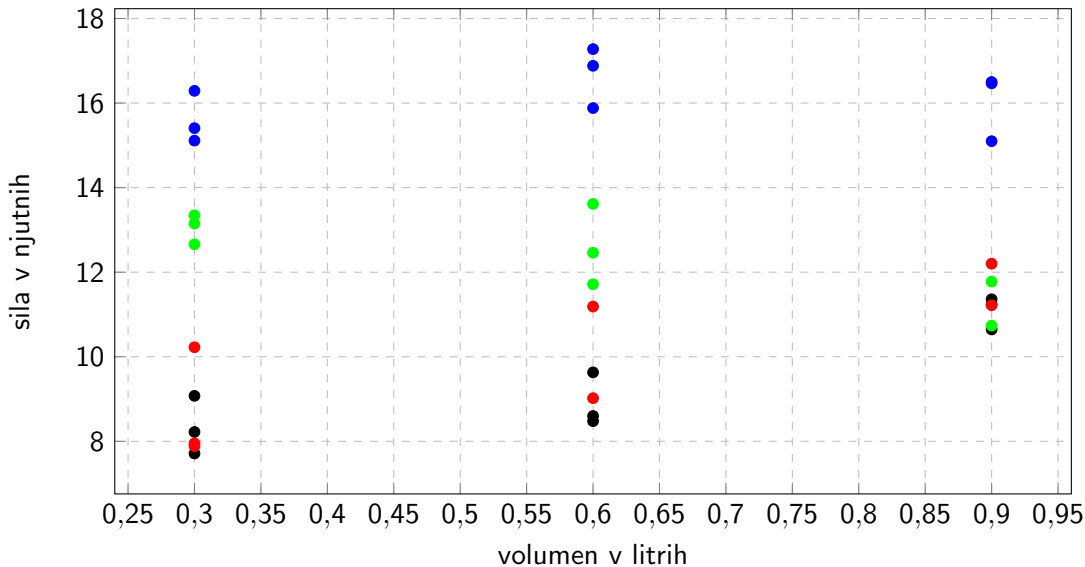
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow$$

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



Pridobljene meritve

Graf maksimalne dosežene sile v odvisnosti od začetnega pritiska in začetnega volumna



- 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 γ 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_α — kot vselej doslej — razlika med zunanjim in notranjim tlakom

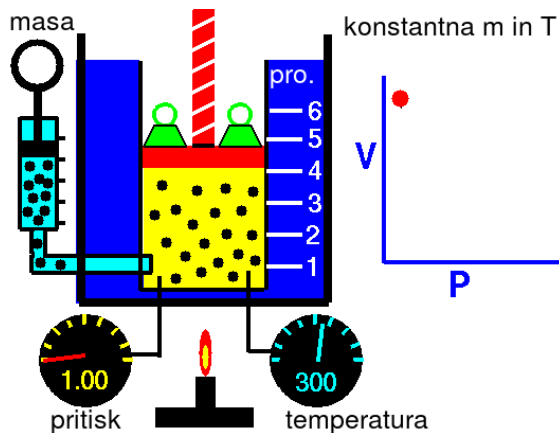
Teorija

Izračun teoretičnega potiska iz podatkov iz videoanalize

- Bojlov zakon — $p_1 V_1 = p_2 V_2$ — in definicija paskala — $\frac{N}{m^2}$

$$P_\alpha = \frac{P_0}{\frac{1L - V_\alpha}{1L - V_0}}$$

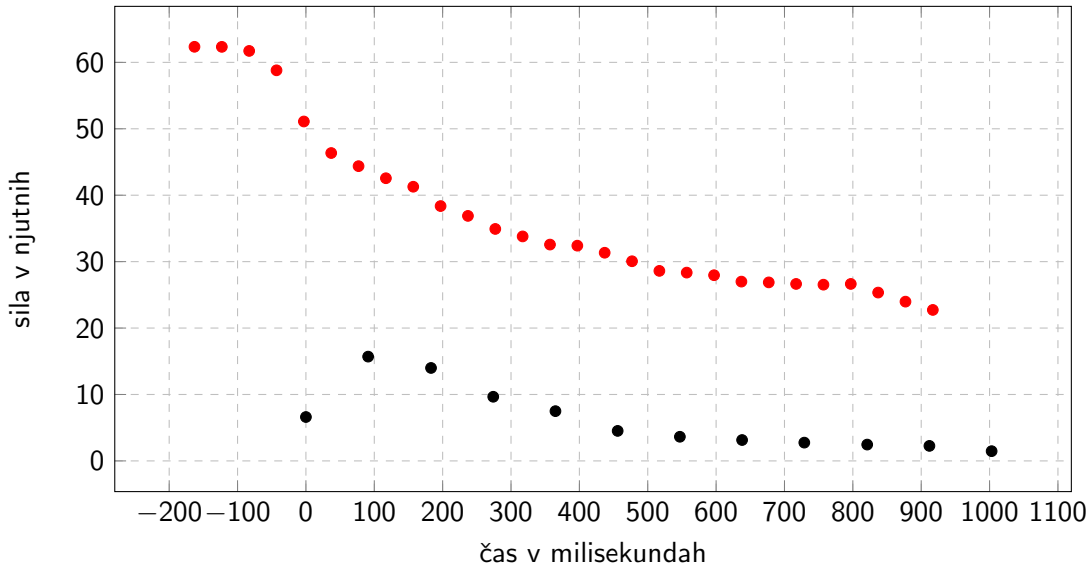
- $F_\alpha = A \cdot P_0$



Slika 7: Animacija prikaza bojlovega zakona

Teorija

Graf izmerjenega potiska in **teoretične vrednosti iz videoanalize** (poskus 05312153; $V_0 = 0,6 \text{ L}$, $P_0 = 40 \text{ kPa}$)



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
- Turbulentnost toka se s hitrostjo pretoka večja



Slika 8: 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: 3. junij 2021 ob 21:10.
- Grafi imajo natančnost 100 točk na graf.
- Document se je generiral 83 s.
- Pred objavo izklopite razhroščevanje. To storite tako, da v glavi dokumenta nastavite ukaz razhroscevanje na 0.