

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE
8. – 11. svibnja 2023.
Podgora

Srednje škole – 1. grupa

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA
(30 bodova)

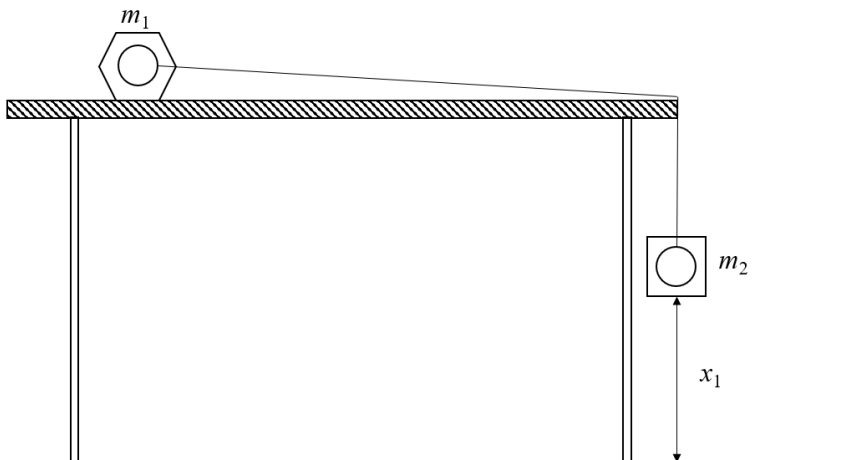
Zamišljeno rješenje opisano je u nastavku. Ako učenici osmisle drugi način rješavanja koji je fizikalno smislen te eksperimentalno provediv, dodijelit će im se bodovi sukladno procjeni provedivosti metode i kvaliteti dobivenih rezultata.

1) Određivanje koeficijenta trenja **(20 bodova)**

Utezi se povežu komadom konca koji je otprilike jednako dugačak koliko je stol na kojemu radite širok. Jedan uteg prebaci se preko ruba stola dok drugi uteg pridržavamo uspravno na stolu u položaju kao na slici 1. **(1 bod)**

Bitno je da uteg stoji uspravno kako se konac ne bi nalazio između utega i stola i time remetio mjerenje. **(1 bod)**

Na stolu označavamo početnu poziciju utega grafitnom olovkom te izmjerimo početnu visinu drugog utega x_1 . Za fiksiranje utega u svrhu preciznog mjerenja visine i označavanja može se ljepljivom trakom onemogućiti micanje konca. **(1 bod)**

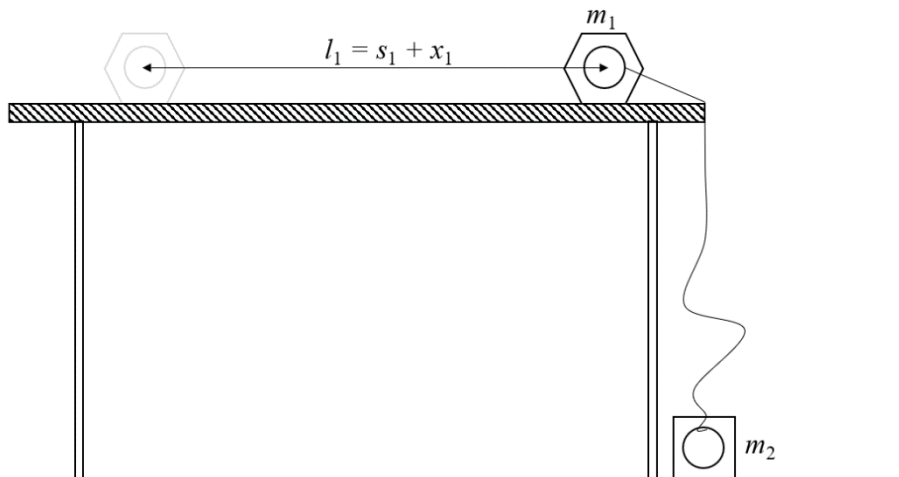


Slika 1 Početna pozicija prije puštanja utega

Prije puštanja utega nužno je zaustaviti ljuljanje utega koji visi sa stola. **(1 bod)**

Puštamo uteg koji smo pridržavali te utezi, izvedeći jednoliko ubrzano gibanje, prvo prelaze put x_1 , a uteg na stolu dodatno jednoliko usporenim gibanjem prelazi put s_1 prije konačnog zaustavljanja na stolu. **(1 bod)**

Konačna pozicija skicirana je na slici 2.



Slika 2 Konačna pozicija nakon zaustavljanja utega

Iz zakona očuvanja energije za uteg na stolu možemo napisati izraz:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g \mu_1 s_1 \quad (1)$$

i kraćenjem masa te prebacivanjem dobiti:

$$\mu_1 = \frac{v_1^2}{2 g s_1} \quad (2)$$

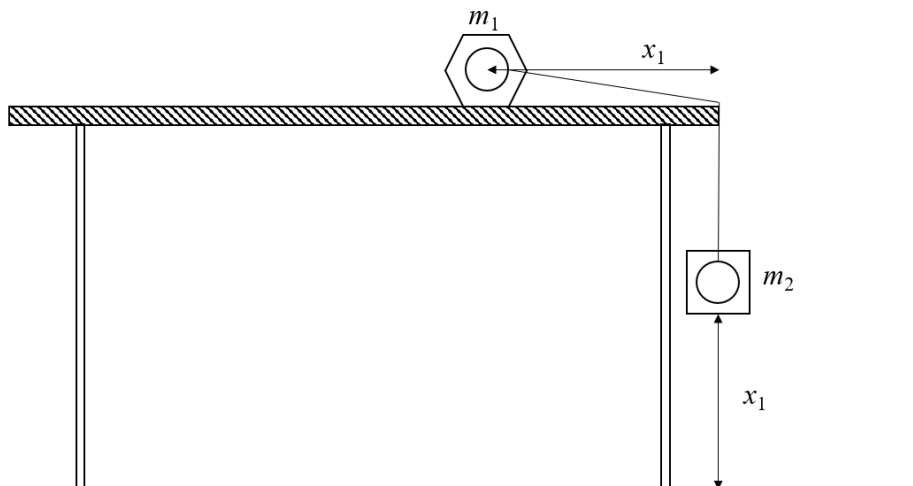
pri čemu je μ_1 dinamički koeficijent trenja između prvog utega i stola, v_1 je brzina utega na kraju ubrzanog, odnosno na početku usporenog gibanja, a g je gravitacijsko ubrzanje Zemlje. **(1 bod)**

Eksperiment na ovaj način ponavljamo više puta za isti x_1 te mjerimo ukupni put od početne do konačne pozicije utega na stolu l_1 . Uz poznati x_1 koji izmjerimo metrom možemo izračunati $s_1 = x_1 - l_1$ te dobivene podatke prikazujemo tablično računajući srednju vrijednost te maksimalnu pogrešku za s_1 . **(2 boda)**

Za izračun brzine v_1 iz izraza (2) povežemo utege kraćim komadom konca dugačkim jednako visini stola na kojemu radite. Kao i u prošlom eksperimentu, drugi uteg ponovno prebacimo preko ruba stola te ga držimo na istoj visini x_1 pri kojoj su mjereni podaci za s_1 . **(1 bod)**

Za ponovno postizanje iste visine x_1 lijepimo ljepljivu traku preko konca što onemogućava gibanje utega, ali nam i dalje dopušta precizno namještanje visine utega. **(1 bod)**

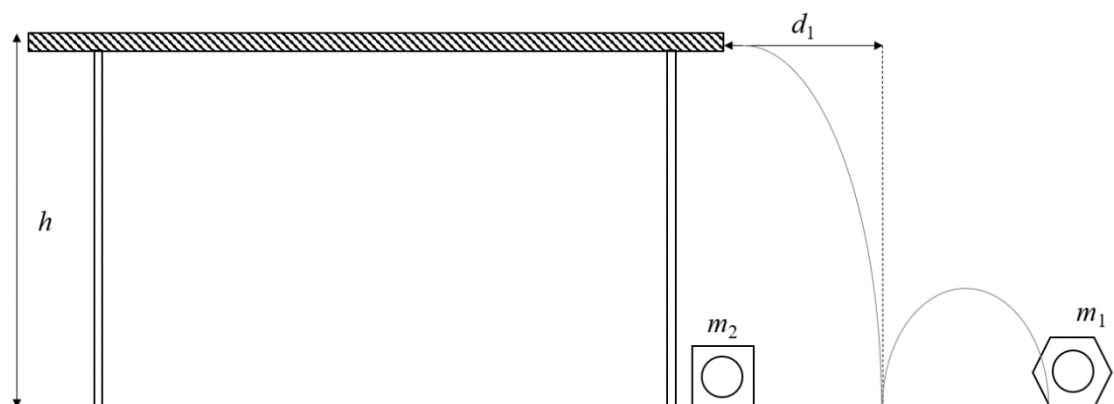
Početna pozicija utega za ovaj postav prikazana je na slici 3.



Slika 3 Početna pozicija prije ispuštanja utega

Nakon puštanja, utezi ponovno kreću ubrzavati jednoliko ubrzano na putu x_1 . Razlika u odnosu na prošli eksperiment je što sada, nakon ubrzanog gibanja i postizanja iste brzine v_1 , uteg na stolu prelazi preko ruba stola i izvodi horizontalni hitac te pada na pod. **(1 bod)**

Konačna pozicija utega prikazana je na slici 4.



Slika 4 Konačna pozicija nakon horizontalnog hica

Mjerenjem dometa horizontalnog hica d_1 možemo dobiti početnu brzinu v_1 . Izvod za domet horizontalnog hica uz zanemarivanje otpora zraka je:

$$d_1 = v_1 t \quad (3)$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (4)$$

pa kombiniranjem izraza dobivamo:

$$v_1 = d_1 \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (5)$$

pri čemu je h visina stola koju izmjerimo metrom **(1 bod)**.

Za mjerenje dometa horizontalnog hica koristimo indigo papir stavljen preko bijelog papira na kojemu uteg na mjestu pada ostavlja trag tinte. Indigo i bijeli papir zalijepimo ljepljivom trakom za pod. **(1 bod)**

Mjerenje dometa horizontalnog hica treba ponoviti više puta za isti x_1 , rezultate prikazati tablično te izračunati aritmetičku sredinu i maksimalnu pogrešku. **(1 bod)**

Kombiniranjem izraza (5) i (2) dobivamo izraz za dinamički koeficijent trenja između jednog utega i stola **(1 bod)**

$$\mu_1 = \frac{d_1^2}{4hs_1} \quad (6)$$

Ponavljajući isti postupak sa zamijenjenim utezima dobivamo koeficijent trenja drugog utega. **(2 boda)**

Vrijednosti koeficijenata trenja koje dobivamo ovom metodom kreću se oko $\mu_1 \approx \mu_2 \approx 0.15$ **(2 boda)**

Kako su utezi od istog materijala očekivali bismo dobiti slične vrijednosti koeficijenta trenja i to bi trebalo komentirati. Ako se dobiju različite vrijednosti i to bi trebalo komentirati te predložiti mogući uzrok greške (npr. interakcija konca i utega) **(1 bod)**

2) Određivanje omjera masa utega **(10 bodova)**

Iz drugog Newtonovog zakona dobivamo jednadžbe za ubrzano gibanje iz prošlog dijela zadatka za oba utega **(2 boda)**

$$\begin{aligned} m_1 a_1 &= T_1 - m_1 g \mu_1 \\ m_2 a_2 &= m_2 g - T_2 \end{aligned} \quad (7)$$

Iz pretpostavke da je masa konca zanemariva u odnosu na mase utega te zanemarivanjem trenja konca o rub stola slijedi $T_1 = T_2 \equiv T$. **(1 bod)**

Iz pretpostavke da je konac nerastezljiv slijedi $a_1 = a_2 \equiv a$. **(1 bod)**

Izbacivanjem T iz sustava jednadžbi (7) i preuređivanjem dobivamo

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g - a}{a + g\mu_1} \quad (8)$$

Akceleraciju a možemo iz brzine v_1 iz prošlog dijela zadatka izračunati koristeći izraz za jednoliko ubrzano gibanje **(1 bod)**

$$a = \frac{v_1^2}{2x_1} \quad (9)$$

Odnosno uvrštavanjem izraza (5) u izraz (9) dobivamo

$$a = \frac{d_1^2 g}{4hx_1} \quad (10)$$

(1 bod)

Kombiniranjem izraza (6), (8) i (10) dobivamo konačni izraz za omjer masa utega

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{s_1(4hx_1 - d_1^2)}{d_1^2(s_1 + x_1)} \quad (11)$$

(2 boda)

Isti izraz mora vrijediti za zamijenjene uloge utega ako se zamijene indeksi 1 i 2, tj.

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{s_2(4hx_2 - d_2^2)}{d_2^2(s_2 + x_2)} \quad (12)$$

Odnosno uzimanjem recipročne vrijednosti

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{d_2^2(s_2 + x_2)}{s_2(4hx_2 - d_2^2)} \quad (13)$$

(1 bod)

Iz izraza (11) i (13) dobivamo dvije eksperimentalne vrijednosti za omjer masa m_1/m_2 što nam dopušta da izračunamo srednju vrijednost ocijenimo pogrešku mjerenja te rezultat zapišemo u standardom obliku s točno zaokruženim vrijednostima. **(1 bod)**

U praksi ovo mjerenje neće biti vrlo precizno zbog zanemarivanja trenja konca o rub stola (koje u stvarnosti nije zanemarivo u odnosu na trenje utega ni u odnosu na druge sile). Iz tog razloga priznavat će se širok raspon razumnih eksperimentalno dobivenih omjera te će se bodovati metoda, a ne sami rezultat.