

## Ispit Vol. 2

"...užas je moja furka"

– Branimir Đ. Štulić

1. *Meko slijetanje.* Prva hrvatska marsovska sonda 'Gigo 2' slijeće na Mars. Da bi delikatni stroj preživio slijetanje, ima poseban sustav za amortizaciju napravljen od tri jednaka balona, čija ćemo svojstva promotriti u ovom zadatku.

(a) Ako matični brod ispušta 'Gigo 2' s visine od 100 km (bez početne brzine), nađi brzinu i kinetičku energiju sonde trenutak prije udaranja u površinu, zanemarujući otpor atmosfere. Polumjer Marsa je  $R = 3400$  km, masa Marsa  $M = 6.4 \cdot 10^{23}$  kg, a masa 'Gigo 2'  $m = 1500$  kg. Zanemari promjenu gravitacijskog potencijala s udaljenosti od površine. (4 boda)

(b) Prije udarca u površinu, 'Gigo 2' brzo napuše tri jednaka balona. Smatrajući balone oprugama (svaka konstante  $k = 10$  kN/m), nađi ukupnu konstantu opruge od tri balona. (2 boda)

(c) Baloni su neidealne opruge. Ako se u svakom sudaru i odskoku 'Gigo 2' od površine izgubi 10% kinetičke energije, nakon koliko sudara će brzina 'Gigo 2' netom prije sudara biti manja od 2 m/s? (4 boda)

(d) Što se dogodilo s 'Gigo 1'? (0 bodova)

*Ukupno: 10 bodova*

2. *Mačak bez čizama.* Šuljajući se u noćnoj šetnji, micek nailazi na baobab visine  $H = 40$  m, na čijem vrhu sjedi (afrička) lastavica. Micek kao takav želi uloviti lastavicu.

(a) Ako je masa miceka  $m = 4$  kg, koliko mačje hrane kalorijske vrijednosti 7 kJ/g je micek morao pojesti da se popne do vrha? Uzmi da je iskoristivost miceka 30%, a  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. (3 boda)

(b) Ako je neodgovorni vlasnik zaboravio kupiti hranu miceku, koliko će micek smršaviti penjući se do vrha, ako za uspon troši energiju iz sala (kalorijske vrijednosti 35 kJ/g), uz iskoristivost 40%? Pretpostavi da svi produkti raspada sala odmah izađu iz miceka, i da je promjena mase miceka tokom penjanja puno manja od ukupne mase miceka. (2 boda)

(c) Ako se micek jednoliko penje uz baobab, koliko mu treba da dođe do vrha, ako je maksimalna snaga koju može razviti  $P_{max} = 140$  W? (2 boda)

(d) Micek dođe na zadnju granu prije vrha i pukne mu kandža. Koliku najmanju (jednoliko) kutnu akceleraciju mora imati micek ako želi na tlo sletjeti na noge, ako počinje padati na leđa? Početna kutna brzina miceka je nula. (4 boda)

(e) Micek dođe na vrh (i ne padne), ali lastavica u tom trenutku odleti. Kolika je zračna brzina lastavice, ako micek skoči s vrha baobaba pod kutem od 45° i početnom brzinom od 6 m/s, i ulovi lastavicu u zraku? Lastavica leti jednoliko i horizontalno. (4 boda)

*Ukupno: 15 bodova*

3. *Millikanov eksperiment.* Kako izmjeriti elementarni naboj? Saznat ćete u ovom zadatku.

(a) Zamisli kapljicu ulja radiusa  $R$  i gustoće  $\rho$  nabijenu s  $N$  elektrona (dakle nabojem  $Q = Ne$ ), koja se nalazi između horizontalno postavljenih ploča kondenzatora. Skiciraj sile na kapljicu. (2 boda)

(b) Ako su ploče udaljene  $D$ , nađi napon koji Harvey Fletcher, asistent dr. Millikana, mora staviti na ploče da kapljica lebdi na mjestu. Koja ploča je negativna, a koja pozitivna? (4 boda)

(c) Dvije kapljice  $A$  i  $B$ , jednakih polumjera  $r = 3 \mu\text{m}$  i gustoća  $\rho = 0.8 \text{ g/cm}^3$ , postavljaju se u kondenzator. Ako je omjer napona potrebnih da lebde jednak  $V_A/V_B = 0.87$ , nađi brojeve elektrona na njima (pretpostavi najmanje moguće brojeve). (1 bod)

(d) Ako je za lebdjenje kapljice  $A$  iz (c) potreban napon od 1.2 kV, a udaljenost ploča iznosi  $D = 5 \text{ mm}$ , nađi  $e$ . (2 boda)

*Ukupno: 9 bodova*

4. *Level-metar.* U ovom zadatku bavit ćemo se uređajima za mjerenje razine tekućina u neprozirnim spremnicima, i to konkretno tekućeg dušika ( $T_{vrel} = 77 \text{ K}$ ) i tekućeg helija ( $T_{vrel} = 4.2 \text{ K}$ ). Mjerač za helij je jednostavniji, pa ćemo od njega krenuti.

(a) U cilindričnoj Dewarovoj posudi (tzv. termosici) polumjera  $R = 0.3 \text{ m}$  i visine  $H = 1 \text{ m}$  nalazi se tekući helij (na 4.2 K) do visine  $h$ . Od vrha do dna posude ispružena je žica od legure NbTi (vidi sliku), koja je supravodljiva ispod 10 K. Skiciraj ugrubo (bez računa!) kako će izgledati ukupni otpor žice u ovisnosti o razini helija u posudi. (2 boda)

(b) Ako žica ima polumjer  $r = 10 \mu\text{m}$ , i ako je otpornost legure NbTi u nesupravodljivom stanju  $\rho = 8 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$ , nađi koliko se otpor žice promijeni ako ispari litra helija. (4 boda)

Žice od visokotemperaturnih supravodiča nažalost još nisu jeftine, pa se za mjerenje razine dušika u Dewaricama koristi sasvim drukčiji princip.

(c) Neka je u posudi iz (a) umjesto helija tekući dušik, dielektrične konstante  $\epsilon_r = 1.43$ . U posudi se nalazi sustav od dvije dugačke paralelne trake udaljene  $a$  i široke  $b$  koje čine pločasti kondenzator (slika). Razina dušika je  $h$ . Nacrtaj ekvivalentni krug, nađi ovisnost ukupnog kapaciteta o razini dušika i skiciraj dobivenu funkciju. (4 boda)

(d) Zavojnicu kojeg induktiviteta moramo spojiti paralelno s probom-kondenzatorom iz (c) da bi rezonantna frekvencija LC kruga bila 2 MHz kad je posuda prazna? ZAdano je  $a = 0.5 \text{ mm}$  i  $b = 10 \text{ mm}$ . (2 boda)

(e) Nađi rezonantnu frekvenciju LC kruga iz (d) u ovisnosti o razini dušika. Skiciraj funkciju. (3 boda)

(f) Koliko se promijeni rezonantna frekvencija ako prvotno praznu posudu napunimo do vrha? (1 bod)

*Ukupno: 16 bodova*