

Ispit Vol. 4

"Ja sam Blues"

– Willie Dixon

1. *Giljotina*. Za potrebe 'humanog' naglog skraćivanja ljudskog života izumio je 1789. J.-I. Guillotin jednostavnu a efikasnu spravu, kojom ćemo se baviti u ovom zadatku.

(a) čelična oštrica giljotine mase $m = 3.5$ kg pada iz mirovanja s visine od 3 m. Nađi impuls oštrice u trenutku udaranja u vrat Luja XVI (na visini $z = 0$). (3 boda)

(b) Prolazeći kroz vrat, na oštricu djeluje konstantna sila otpora $F_D = 200$ N. Nađi njenu brzinu u trenutku kad je vrat prerezan, i rad koji oštrica obavi tokom prolaska, ako je debljina vrata $d = 15$ cm. (4 boda)

(c) Nađi kritičnu silu otpora F_D , za koju će se oštrica točno zaustaviti u trenutku kad glava otpadne. (2 boda)

Ukupno: 9 bodova

2. *Eyjafjallajökull*. Islandski vulkan nečitljivog imena riga pepeo i kamenje i uzrokuje raznovrsne probleme, koje ćemo proučavati u ovom zadatku. Počnimo od posljedica po majku Zemlju.

(a) ako iz vulkana izlazi materijal masenim protokom $q = 10$ t/s, izračunaj koliko se ukupno promijeni impuls Zemlje od početka do kraja erupcije (koja traje $T = 5$ dana). Zanimari promjenu mase Zemlje i postojanje atmosfere. Masa Zemlje je $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$ kg. (4 boda)

(b) Pretpostavivši da Zemlja kruži oko Sunca (mase $M_S = 2 \cdot 10^{30}$ kg) po kružnoj putanji polumjera $R = 1.5 \cdot 10^{11}$ m, nađi impuls koji Zemlja ima zbog kruženja oko Sunca i usporedi s promjenom impulsa iz a). (3 boda)

Vratimo se sad na zemaljske skale, i promotrimo kako se pepeo nakuplja u motoru Airbusa 320 koji leti iz Osla za Reykjavik.

(c) lopatice mlaznog motora okreću se kutnom brzinom ω_0 , kad se na njima počinje skupljati pepeo stalnom brzinom $q = 20$ g/s. Uzmi da se pepeo skuplja jednoliko na svim dijelovima lopatica, pretpostavi da je čitav sistem lopatica s pepelom valjak (stalnog) polumjera $R = 0.7$ m i napiši ovisnost momenta inercije lopatica s pepelom o vremenu. Masa lopatica bez pepela je $m = 13$ kg. (2 boda)

(d) koristeći zakon očuvanja kutne količine gibanja, napiši ovisnost kutne brzine lopatica o vremenu, ako je suma vanjskih momenata jednaka nuli, i odredi za koliko vremena kutna brzina padne na jednu desetinu ω_0 . (2 boda)

(e) ako je potisna sila motora jednaka $F_p = C\omega^2$, gdje je C konstanta, napiši jednadžbu gibanja aviona (mase M) i nađi ovisnost brzine aviona o vremenu. Skiciraj! (5 bodova)

Ukupno: 16 bodova

3. *Električna stolica.* Još jedna djelotvorna naprava za okončavanje života sastoji se od drvene stolice s kontaktima za ruke, noge i glavu.

(a) zašto je stolica drvena? (1 bod)

U ovom zadatku bavit ćemo se jednim od aspekata prolaska struje kroz čovjeka – elektrolizom tjelesnih tekućina – i usput saznati kako to ljudi vode struju.

(b) promatramo krvožilni sustav kao jednu cijev srednjeg polumjera $r = 2$ mm i duljine 2 m. Ako je njen otpor $R = 1.5$ k Ω , nađi vodljivost krvi. (3 boda)

(c) krv je u bitnom vodena otopina NaCl. Skiciraj kako se u vanjskom električnom polju gibaju ioni Na^+ , odnosno Cl^- , i pokaži da struje $I_{\text{Na}} = Sv_{\text{Na}}q_{\text{Na}}n_{\text{Na}}$ i $I_{\text{Cl}} = Sv_{\text{Cl}}q_{\text{Cl}}n_{\text{Cl}}$ ipak imaju isti predznak (odnosno transport naboja ja u istom smjeru). (3 boda)

(d) napiši vodljivost krvi kao sumu doprinosa Na^+ i Cl^- , i koristeći vrijednost ukupne vodljivosti iz a) nađi volumnu gustoću iona $n_{\text{Na}} = n_{\text{Cl}}$, ako je mobilnost natrija $\mu_{\text{Na}} = v_{\text{Na}}/E$ dvostruko veća od mobilnosti klora. (5 bodova)

Ukupno: 12 bodova

4. *Udar groma.* Iako ljudi relativno rijetko ginu od groma, i to je moguće, i to čak bez da vas grom lupi direktno! Naravno, stvar je u induciranim strujama.

(a) Pretpostavi da se grom može modelirati kao duga ravna žica kroz koju teče struja I , pa koristeći Ampereov zakon nađi magnetsko polje u ovisnosti o udaljenosti od groma, r , i skiciraj njegov smjer. (3 boda)

(b) čovjek stoji na udaljenosti r_0 od groma, i smatramo ga strujnom petljom promjera $D \ll r_0$ i otpora R . Ako struja u gromu raste eksponencijalno u vremenu, $I = I_0 e^{t/\tau}$, napiši tok magnetskog polja kroz čovjeka i nađi induciranu struju u ovisnosti o vremenu. (5 bodova)

(c) koliko treba vremena da inducirana struja prijede letalnu granicu od 50 mA? uzmi $\tau = 2$ s, $I_0 = 10$ kA, $r_0 = 3$ m, $D = 0.7$ m i $R = 2$ k Ω . (3 boda)

(d) izračunaj magnetski moment čovjeka-petlje, koji nastaje zbog inducirane struje, u ovisnosti o vremenu. Kolikim (mehaničkim) momentom magnetsko polje groma djeluje na čovjeka-petlju? skiciraj. (3 boda)

Ukupno: 13 bodova