

Državno natjecanje iz fizike 2023/2024
Podgora, 15. – 18. travnja 2024.
Srednje škole – 1. grupa

VAŽNO: Tijekom ispita ne smiješ se koristiti nikakvim pisanim materijalom (knjigama, bilježnicama, formulama...). Za pisanje se koristi kemijskom olovkom ili naličperom. Pri ruci ne smiješ imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

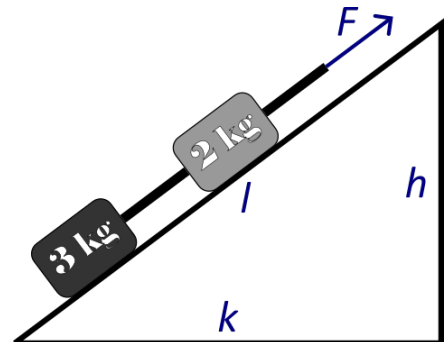
1. zadatak (20 bodova)

Dva trajekta plove morem stalnim brzinama u istome smjeru. U početnome trenutku njihova je međusobna udaljenost 200 m. Brzina jednoga trajekta dva je puta veća od brzine drugoga trajekta. U početnome trenutku galeb polijeće s bržega trajekta i leti prema sporijemu trajektu. Kad galeb doleti do sporijega trajekta, mijenja smjer gibanja i leti natrag prema bržemu trajektu. Takav se let galeba ponavlja sve dok se udaljenost između trajekata ne smanji na nulu. Brzina galeba stalna je i šest je puta veća od brzine sporijega trajekta. Zanemari vrijeme u kojemu galeb mijenja smjer gibanja.

- Skiciraj početni položaj obaju trajekata i galeba te vektore njihovih brzina.
- Izračunaj ukupni put koji prijeđe galeb.
- Nacrtaj ovisnost položaja obaju trajekata o vremenu.
- Na isti graf iz zadatka c) nacrtaj ovisnost položaja galeba o vremenu od početka gibanja do trenutka kad četvrti put mijenja smjer gibanja. Izračunaj ukupni prijeđeni put galeba do toga trenutka.

2. zadatak (17 bodova)

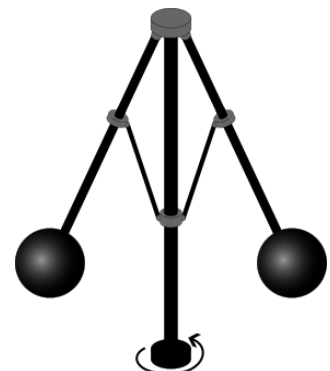
Dva tijela mase 2 i 3 kg nalaze se na kosini kao što je prikazano na slici. Tijela su međusobno povezana nerastezljivim užetom zanemarive mase. Sustav se giba uz nepomičnu kosinu zbog djelovanja sile F (vidi sliku). U početnome trenutku promatranja gibanja brzina sustava je nula. Uže, koje povezuje dva tijela, pukne u trenutku kad je sustav prešao 2 m po kosini. Do tada je sila F izvršila rad od 98 J. Koeficijent trenja između tijela i kosine je 0,23. Duljine stranice kosine odnose se kao $h : k : l = 3 : 4 : 5$. Gravitacijsko ubrzanje je 10 m/s^2 .



- Izračunaj ubrzanje sustava prije pucanja užeta.
- Izračunaj brzinu tijela mase 3 kg u trenutku ponovnog dolaska u početni položaj.

3. zadatak (16 bodova)

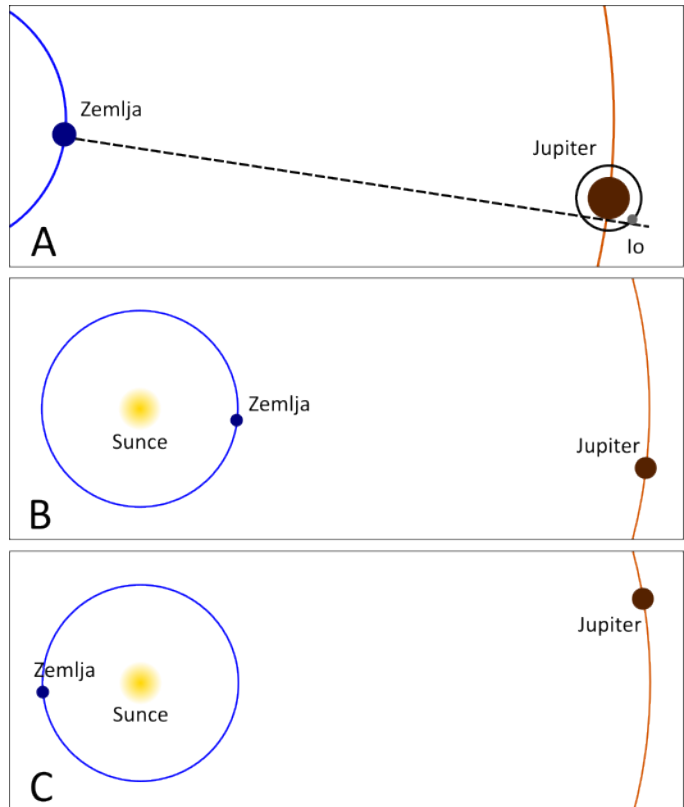
Centrifugalni regulator mehanički je uređaj za reguliranje broja okretaja pogonskih strojeva. Njegovi najvažniji dijelovi prikazani su na slici (dijelovi vezani za pogonski stroj nisu prikazani). Dvije kugle mase M nalaze se na šipkama koje su zglobovno učvršćene na vrhu osovine. Osovina rotira u smjeru prikazanom na slici. Za stalnu frekvenciju vrtnje osovine kugle rotiraju na stalnoj visini. Oko svake šipke nalazi se prsten koji je preko zglobovni spojeva spojen s prstenom na osovini. Prsten oko osovine može se pomicati vertikalno po osovini bez trenja. Prsten oko šipke također se pomiče duž šipke bez trenja. Masa svih dijelova osim kugli je zanemariva. Duljina šipke na kojima se nalazi kugla je 12 cm. Kad osovina rotira maksimalnom frekvencijom, kut između šipke i osovine je 60° . Pri promjeni frekvencije vrtnje osovine visina prstena se mijenja, a njegov maksimalni hod iznosi 2 cm. Izračunaj minimalnu i maksimalnu frekvenciju vrtnje osovine. Gravitacijsko ubrzanje je $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Zanemari dimenzije kugle.



4. zadatak (17 bodova)

Jupiter je planet Sunčeva sustava, peti po udaljenosti od Sunca. Io je jedan od Jupiterovih satelita koji se giba oko Jupitera po približno kružnoj putanji polumjera 421,6 km.

Danski astronom Ole Christensen Rømer (1644. – 1710.) prvi je izračunao brzinu svjetlosti promatrajući pomrčinu Ia. Promatrajući gibanje Ia sa Zemlje opaža se da u određenome trenutku Io ulazi u pomrčinu, odnosno nalazi se sa suprotne strane Jupitera u odnosu na Zemlju. Na slici A prikazan je ulazak Ia u pomrčinu. Rømer je mjerio vrijeme između dviju uzastopnih pomrčina Ia. Mjerenja je napravio u razdoblju godine u kojemu je Zemlja najbliže Jupiteru (položaj prikazan na slici B). Na osnovi tih mjerenja napravio je tablicu predviđanja budućih vremena pomrčine Ia. Poslije otprilike 6 mjeseci, kad je Zemlja bila najdalje od Jupitera (položaj prikazan na slici C), opazio je da se pomrčina Ia pojavljuje 22 minute kasnije nego što je predvidio. To opažanje objasnio je pretpostavkom da svjetlost putuje (od Ia do Zemlje) konačnom brzinom, suprotno tadašnjemu vjerovanju da svjetlost putuje beskonačnom brzinom.



- Izračunaj period rotacije satelita Io oko Jupitera.
- Zemlja i Jupiter gibaju se približno po kružnim putanjama oko Sunca u istome smjeru. Izračunaj relativnu promjenu kuta Zemlje u odnosu na Jupiter za vrijeme jednoga perioda Ia. Ako je ta promjena kuta manja od 3° , gibanje Zemlje i Jupitera može se zanemariti u nastavku zadatka.
- Izračunaj brzinu svjetlosti.

Masa Sunca je $1.989 \cdot 10^{30}$ kg.

Masa Zemlje je $5.9722 \cdot 10^{24}$ kg.

Masa Jupitera je 317.8 puta veća od mase Zemlje.

Prosječna udaljenost Zemlje od Sunca je $149.6 \cdot 10^6$ km.

Prosječna udaljenost Jupitera od Sunca je $778.5 \cdot 10^6$ km.

Gravitacijska konstanta je $G = 6.67428 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.