

DRŽAVNA SMOTRA I NATJECANJE MLADIH FIZIČARA
26. – 29. travnja 2022.

Srednje škole – 3. grupa

EKSPERIMENTALNI ZADATAK - RJEŠENJE

Zadatak:

1. Pomoću navedenog pribora pripremite Machovo njihalo i primijenite ga tako da:

- a) **kratko i jasno opišete pripremu eksperimentalnog uređaja za određivanje jakosti gravitacijskog polja u učionici i zatim jakosti gravitacijskog polja za dva različita nagiba ravnine titranja;** ... 2 boda

Za osnovnu ravninu titranja i određivanje jakosti gravitacijskog polja u učionici potrebno je pripremiti jednostavno njihalo:

- igla za pletenje postavi se tako da je jedna polovica izvan ruba stola, a druga na stolu i zatim se učvrsti ljepljivom trakom;
- na iglu se postave dve slamke s već pripremljenim rupicama za iglu tako da se razmaknu i zatim na dnu spoje plastelinom.

Za mjerenja pod kutom potrebno je:

- uz rub stola namjestiti prvo jednu i za drugi nagib dvije kutije šibica i uz njih prisloniti daščicu na koju ide prva polovina igle za pletenje, a druga polovina prelazi rub stola;
- za slučaj boljeg prijanjanja daščice uz kutije šibica po potrebi koristiti plastelin;
- sve učvrstiti ljepljivom trakom;
- na pletaču iglu postaviti obje slamke s plastelinom na donjem kraju.

Priznaju se i drugi alternativni načini pripreme, koji daju dobre i očekivane eksperimentalne rezultate.

- b) **skicirate eksperimentalni uređaj i pojedine dijelove povežete s opisom pod a);** ... 3 boda

Skica treba sadržati pod a) opisane elemente na način da bude vidljiv kut nagiba i način određivanja duljine njihala pod određenim nagibom (vidjeti skicu pod c).

- c) **navedete matematičke izraze pomoću kojih ćete računati jakost gravitacijskog polja u pojedinom slučaju i povežete ih sa skicom pod b) ili sa zasebnom skicom;** ... 3 boda

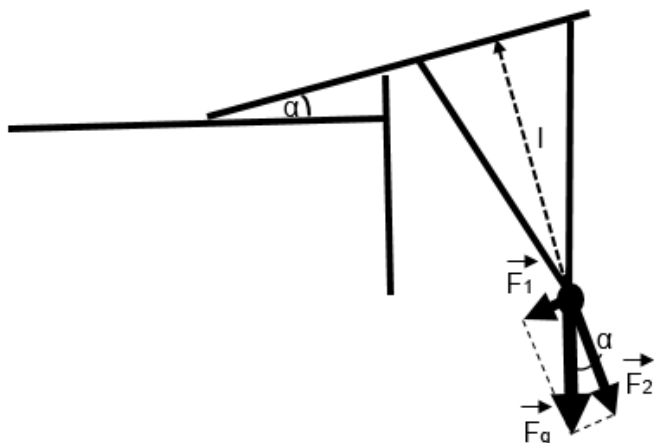
Jakost gravitacijskog polja u učionici određujemo pomoću izraza:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Jakost gravitacijskog polja za ravninu titranja pod kutom nagiba α određujemo pomoću izraza:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \alpha}} \quad (2)$$

U oba slučaja potrebno je iz osnovnih relacija (1) i (2) izraziti traženu jakost gravitacijskog polja tj. gravitacijsku akceleraciju g .



Skica 1.
Prikaz Machova njihala
s označenim silama,
kutom nagiba
i duljinom njihala

d) kratko i jasno opišete način vršenja mjerenja;

... 2 boda

Ravnalom se, s točnošću od 1 mm, odredi duljina njihala l (skica 1). Ukoliko se za svaki novi nagib mijenja gornja udaljenost dviju slamki, svaki put se iznova treba odrediti i duljina njihala.

Kut nagiba za drugi i treći niz mjerenja određuje se primjenom trigonometrijske funkcije tangens iz pravokutnog trokuta, mjerenjem visine igle za pletenje na daščici uz rub stola i ukupne duljine baze od ruba stola do točke u kojoj daščica dodiruje stol.

Mjerenja se vrše za početne male otklone njihala, za male amplitude za koje vrijede oba navedena izraza.

U sat se prvo mora točno postaviti baterija i zatim se ili koristi budilica namještena na 60 s, ili kazaljka koja prikazuje sekunde, tako da se određuje broj titraja u određenom vremenu ili se mjeri vrijeme za određeni broj titranja, ovisno o vremenskoj duljini trajanja jednog titraja.

Na početku svakog mjerenja potrebno je pažljivo izvesti njihalo iz ravnotežnog položaja kako njihanje ne bi uzrokovalo veće oscilacije eksperimentalnog uređaja, što u konačnici utječe na preciznost mjerenja i točnost rezultata.

Svi se podaci zapisuju u unaprijed pripremljene tablice.

e) napravite po 10 mjerenja za osnovnu ravninu titranja i zatim za dva različita nagiba i rezultate mjerenja prikažite tablično;

... 3 boda

Tablica treba sadržavati: redni broj mjerenja, duljinu njihala, broj titraja i ukupno vrijeme titranja kao eksperimentalne podatke, a dobro je, radi veće zornosti, u istu tablicu dodati i izračunate periode i jakosti gravitacijskog polja, kao i pojedinačna odstupanja od srednje vrijednosti.

Moguće je napraviti po jednu tablicu za svaki od tri niza mjerenja ili jednu zajedničku tablicu s jasnim oznakama koji se dijelovi odnose na koje mjerenje.

Uz jasne oznake mjerenih veličina, potrebno je napisati i odgovarajuće mjerne jedinice na početku svakog stupca podataka, npr: l/m ; g/ms^{-2} .

f) provedete račun slučajnih pogrešaka za sva tri seta mjerenja i odredite srednju vrijednost, pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti, apsolutnu vrijednost maksimalnog odstupanja, relativnu maksimalnu pogrešku i zapise točnih rezultata;

... 9 bodova

Po tri boda idu za točno određene vrijednosti za svaki niz mjerenja (ukupno $\times 3 = 9$ bodova), koji uključuje:

- srednju vrijednost rezultata

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n} \quad [ms^{-2}] \quad (3)$$

- odstupanje pojedinačnih rezultata za jakost gravitacijskog polja od srednje vrijednosti

$$\Delta g_i = (g_i - \bar{g}) \quad [ms^{-2}] \quad (4)$$

- apsolutnu vrijednost maksimalnog odstupanja

$$|\Delta g_{i \max}| \quad [ms^{-2}] \quad (5)$$

- relativnu maksimalnu pogrešku

$$r_m = \left(\frac{|\Delta g_{i \max}|}{\bar{g}} \cdot 100 \right) \% \quad (6)$$

- zapis točnog rezultata

$$g = (\bar{g} \pm |\Delta g_{i \max}|) \quad [ms^{-2}] \quad (7)$$

g) brojčano i riječima usporedite dobivene rezultate za jakosti gravitacijskog polja; ... 2 boda

U sumarnoj analizi potrebno je za tri seta mjerenja različitih ravnina titranja Machova njihala navesti tri dobivene srednje vrijednosti (1 bod) jakosti gravitacijskog polja određene prema izrazu (3) i usporediti kako se s porastom kuta nagiba α mijenja g (1 bod). Eksperimentalni rezultati trebali bi biti u skladu s matematičkom interpretacijom izraza (2).

h) analizirate dobivena maksimalna odstupanja i relativnu maksimalnu pogrešku s kratkim osvrtom što je sve utjecalo na preciznost mjerenja;

... 2 boda

Potrebno je sumarno navesti brojčane vrijednosti (1 bod) dobivenih maksimalnih odstupanja prema izrazu (6) i kratko komentirati je li promjena nagiba utjecala na preciznost mjerenja, tj. navesti barem još jedan uočeni čimbenik (vibracije uređaja prilikom titranja, nepreciznost mjerenja vremena titranja i slično) koji utječe na preciznost mjerenja (1 bod).

- i) **napravite brojčanu i opisnu usporedbu jednog od tri eksperimentalna rezultata s poznatom vrijednosti za jakost gravitacijskog polja u učionici; ... 2 boda**

Iz nastavne cjeline Titranje koja se obrađuje u 3. razredu poznato je kako se pomoću matematičkog njihala može točno odrediti jakost gravitacijskog polja, tj. gravitacijska akceleracija g . Ovdje je potrebno navesti rezultat srednje vrijednosti iz prvog eksperimenta s mjerenjem u osnovnoj ravnini i usporediti ga s poznatim iznosom od $9,81 \text{ ms}^{-2}$ (1 bod) u smislu da se jasno navede dobivena razlika (1 bod).

- j) **navedete, prema stečenom eksperimentalnom iskustvu i prethodnom predznanju, čemu služi Machovo njihalo. ... 2 boda**

Ernst Mach (1838.-1916.) najpoznatiji je po svom doprinosu proučavanja udarnih valova, Machovu stošcu i Machovu broju.

Machovo njihalo, sastavljeno od dva čvrsta tanka štapa jednake duljine spojena na jednom kraju i ovješena o pomični okvir, omogućuje njihanje u različitim ravninama s promjenama kuta nagiba (1 bod).

Preciznim mjerenjima titranja Machova njihala pod različitim kutovima (skica 1) i primjenom izraza koji u sebi sadrži cosinus kuta (2), s promjenom kuta mjerimo različita vremena za isti broj titraja i određujemo različite periode i jakosti gravitacijskog polja (1 bod), što je matematički vidljivo iz skice 1 i izraza (2), a trebalo bi biti dokazano i ovim eksperimentalnim radom.

Ukupno: **30 bodova**