

# Moderni laboratorij fizike

Damira Čupić

## 1. Gimnazija Split, Split

**Sažetak.** Moderni telefoni i računala postali su neizostavni dio našeg svakodnevnog života. Učenici ih najčešće koriste za zabavu i pristup društvenim mrežama, ponekad nesvjesni drugih mogućnosti i načina korištenja koje im ti uređaji nude. Moderni telefoni su opremljeni raznim sensorima (senzor udaljenosti, osvjetljenosti, akcelerometar, GPS, ...), kamerama, zvučnicima, mikrofonima. Uz prikladne aplikacije moguće je očitati veličine koje senzori detektiraju. Danas je dostupan veliki broj besplatnih aplikacija i računalnih programa uz pomoć kojih je moguće izvesti eksperiment, prikupiti i analizirati podatke te provjeriti fizikalne principe. Zahvaljujući modernim telefonima učenici imaju mjerne uređaje koje većina škola nema. Te „džepne mjerne uređaje“ možemo iskoristiti u nastavi fizike. U radu je prikazano nekoliko eksperimenata koje sam provela s učenicima u kojima smo koristili moderne telefone i računalo, a navedene su aplikacije i programi koje smo koristili pri prikupljanju i analiziranju podataka.

**Ključne riječi:** moderni telefon, eksperiment

## UVOD

Moderni telefoni (u daljnjem tekstu mobiteli) opremljeni su raznim sensorima (senzor udaljenosti, osvjetljenosti, akcelerometar, GPS, ...), kamerama, zvučnicima, mikrofonima, a uz pomoć besplatnih aplikacija moguće je očitati veličine koje senzori detektiraju.

Kako većina učenika sada na dohvat ruke ima dostupne mjerne uređaje kroz svoje mobitele, moguće ih je uključiti u izvođenje fizičkih eksperimenata koje nismo mogli izvoditi zbog neopremljenosti kabineta.

Prije nego uključimo ovaj način rada u nastavu fizike, potrebno je učenike upoznati s sensorima koje želimo koristiti za mjerenje i provjeriti postoje li upravo ti senzori u njihovim mobitelima. Također je potrebno da se upoznaju s radom aplikacije koju će koristiti za očitavanje podataka i njihovu analizu.

Physics Toolbox Suite i Phyphox su aplikacije koje smo koristili pri izvođenju eksperimenata. Te aplikacije sam izabrala ne samo zbog toga što očitavaju vrijednosti mnogih senzora već i stoga što na svojim web stranicama imaju ponuđene ideje i upute za eksperimente koji se mogu provesti mobitelima. Obje aplikacije omogućuju izvoz podataka u MS Excel koji smo koristili za tablični i grafički prikaz podataka.

Eksperimenti koji su predstavljani u radu izvedeni su u okviru izvannastavnih aktivnosti iz fizike.

## 1. EKSPERIMENT: ODREĐIVANJE POLOŽAJA AKCELEROMETRA U MOBITELU

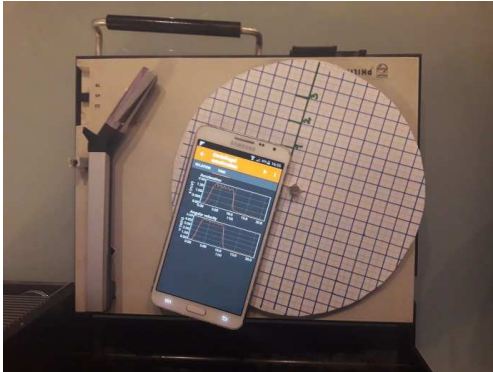
Učenici su određivali položaj akcelerometra u mobitelu tako što su postavili mobitel na rotirajući disk gramofona [1,4]. Koristeći aplikaciju Centrifugal acceleration -Phyphox prikupljali su podatke o vrijednosti centripetalne akceleracije.

Na gramofonu su mogli odabrati kutnu brzinu  $\omega$  diska. Disk se mogao rotirati 33, 45 ili 78 okreta u minuti. Kutnu brzinu su odredili preko formule:

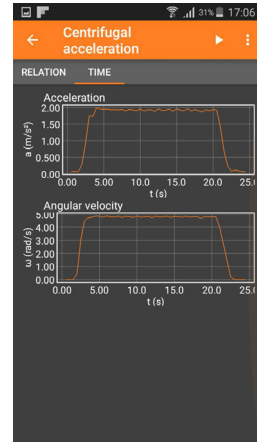
$$\omega = 2\pi f. \quad (1)$$

Iz prikupljenih podataka centripetalne akceleracije  $a$  i kutne brzine  $\omega$  izračunali su polumjer  $r$ , odnosno udaljenost akcelerometra od središta rotacije po formuli:

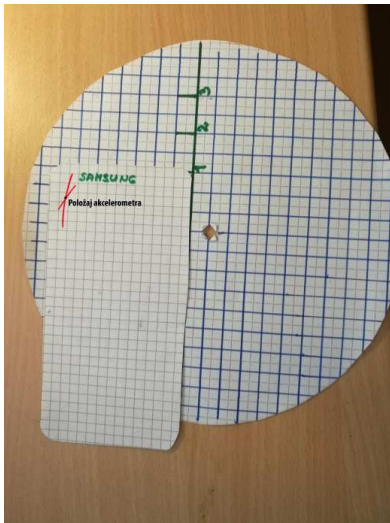
$$r = \frac{a}{\omega^2}, \quad (2)$$



SLIKA 1. Mobilni telefon postavljen na disk gramofona



SLIKA 2. Snimka zaslona - očitane vrijednosti



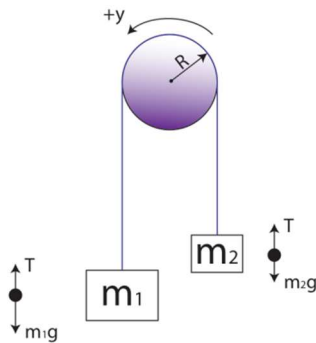
SLIKA 3. Položaj akcelerometra na modelu mobitela

Za što preciznije određivanje položaja mobitela na rotirajućem disku na papiru su nacrtali koordinatnu mrežu. Postavili su je zajedno s mobitelom na rotirajući disk tako da se njegovo Nakon postavljanja mobitela na disk pokrenuli su aplikaciju Centrifugal acceleration -Phyphox te prikupili i snimili podatke centripetalne akceleracije (vidi sliku 2.). Postupak su ponovili postavljajući mobitel na drugi položaj na disku. Nakon analize prikupljenih podataka, izračunali su udaljenost od središta rotacije za oba položaja.

Model mobitela od papira postavili su na prvi položaj u koordinatnoj mreži te uz pomoć šestara iscrtali luk kružnice polumjera prve izračunate udaljenosti. Isto su ponovili i za drugi položaj. U presjeku lukova nalazi se položaj akcelerometra (vidi sliku 3.).

## 2. EKSPERIMENT: PROVJERA DRUGOG NEWTONOVOG ZAKONA

Atwoodov uređaj je uređaj s kolotutom preko kojega je prebačena nerastezljiva nit na čijim su krajevima obješena dva utega (vidi sliku 4.). Svrha mu je promatranje i mjerenje jednoliko ubrzanoga gibanja s ubrzanjem manjim od ubrzanja slobodnoga pada.



SLIKA 4. Shema Atwoodovog uređaja.

Preuzeto sa

<http://www.aplusphysics.com/courses/honors/dynamics/Atwood.html>

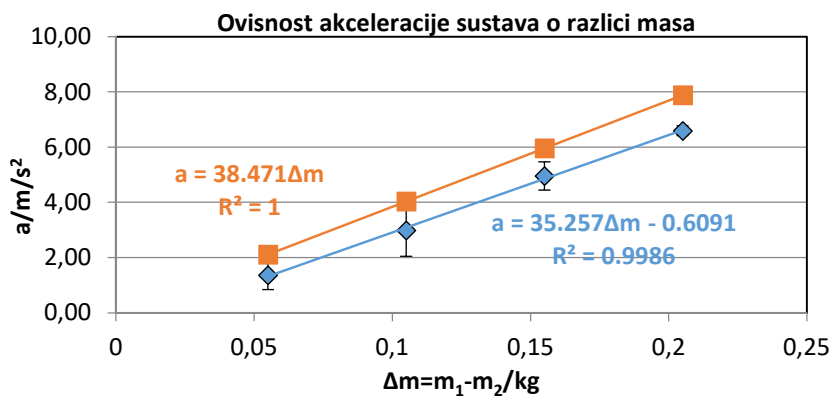
U idealnom slučaju pri kojem se zanemaruje trenje i masa koloture te u kojem je sila napetosti jednaka na obje strane niti, veza između akceleracije sustava i masa utega obješenih na krajevima je:

$$a = \frac{(m_1 - m_2) \cdot g}{(m_1 + m_2)}, \quad (3)$$

Eksperiment se može postaviti tako da na jedan kraj niti objesimo mobitel [3]. Koristeći senzore ugrađene u mobitel mjeri se akceleracija sustava. Na drugi kraj objesimo onoliko utega koliko je potrebno da sustav bude u ravnoteži. Prebacujući jedan po jedan uteg na stranu gdje je mobitel, ukupna masa sustava  $m_1 + m_2$  ostaje stalna. Sila koja uzrokuje akceleraciju posljedica je razlike u masama.

Učenci su u eksperimentu koristili mobitel koji je imao masu 130 g. S druge strane su postavili 5 utega. Svaki uteg imao je masu 25 g. Dakle, sustav je imao ukupnu masu  $m_1 + m_2 = 255$  g. Pri svakom mjerenju prebacili su jedan uteg od 25g na stranu gdje je mobitel i pustili da se sustav giba. Na mobitelu je aplikacijom Linear Accelerometer – Physics Toolbox Suite mjerena akceleracija sustava.

Iz rezultata eksperimenta se jasno vidi da akceleracija ovisi o sili (Tablica 1. i Slika 5.) Porastom sile raste i akceleracija, međutim eksperimentalno izmjerene vrijednosti akceleracije (šesti stupac tablice) razlikuju se od teoretski izračunatih vrijednosti (peti stupac tablice). Razloge možemo pronaći u činjenici da trenje između niti i koloture te masa niti ne mogu biti zanemareni. Također, vrlo je teško iz izmjerenih vrijednosti akceleracije izdvojiti one vrijednosti koje se odnose na akceleraciju sustava pri gibanju prema dolje.



SLIKA 5. Grafički prikaz ovisnosti akceleracije o razlici masa. Plavi graf je dobiven eksperimentalno. Crveni graf je dobiven primjenom formule (3).

**TABLICA 1.** Podaci o masama i akceleraciji sustava masa u eksperimentu provjera Newtonovog zakona

$m_1/g$	$m_2/g$	$M=m_1+m_2/kg$	$\Delta m=m_1-m_2/kg$	$a_{teorija}/m/s^2$	$a_{eksperiment}/m/s^2$	$\Delta a/m/s^2$
155	100	0.255	0.055	2.12	1.37	0.53
180	75	0.255	0.105	4.04	2.99	0.94
205	50	0.255	0.155	5.96	4.95	0.51
230	25	0.255	0.205	7.89	6.59	0.18

### 3. EKSPERIMENT: OVISNOST RAZINE INTEZITETA ZVUKA O UDALJENOSTI IZVORA ZVUKA

Učenici su dobili zadatak eksperimentalno ispitati vezu između razine intenziteta zvuka ( $L$ ) i udaljenosti od izvora zvuka ( $r$ ) [1]. Prije provođenja eksperimenta kroz teoretski uvod upoznati su s vezom između razine intenziteta zvuka i udaljenosti od izvora zvuka. Intenzitet zvuka  $I$  je energija koju prenose zvučni valovi kroz okomitu površinu  $A$  na smjer širenja u nekom vremenu  $t$ . Intenzitet zvuka može se iskazati formulom preko snage zvuka i udaljenosti od izvora:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}. \quad (4)$$

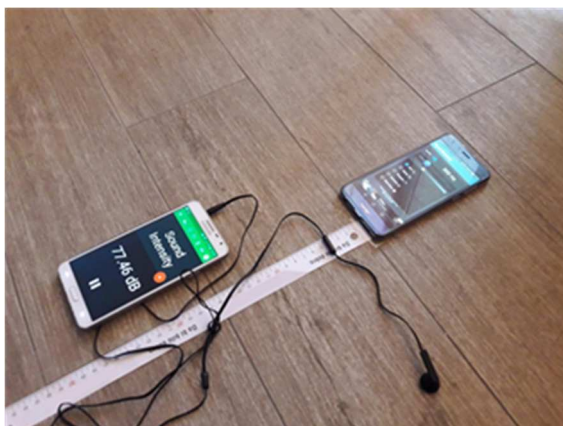
Razina jakosti zvuka  $L$  je mjerna veličina prilagođena osjetljivosti ljudskoga uha, deseterostruki logaritam omjera jakosti nekoga zvuka i praga čujnosti.

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad (5)$$

gdje je prag čujnosti  $I_0 = 10^{-12} W/m^2$  najmanji intenzitet zvuka koji čujemo. Uvrštavanjem (4) u (5), i nakon sređivanja izraza dobije se:

$$L = -20 \log r + 10 \log \frac{P}{4\pi I_0}. \quad (6)$$

Iz ovog oblika jednadžbe vidi se linearna ovisnost razine intenziteta zvuka o udaljenosti.

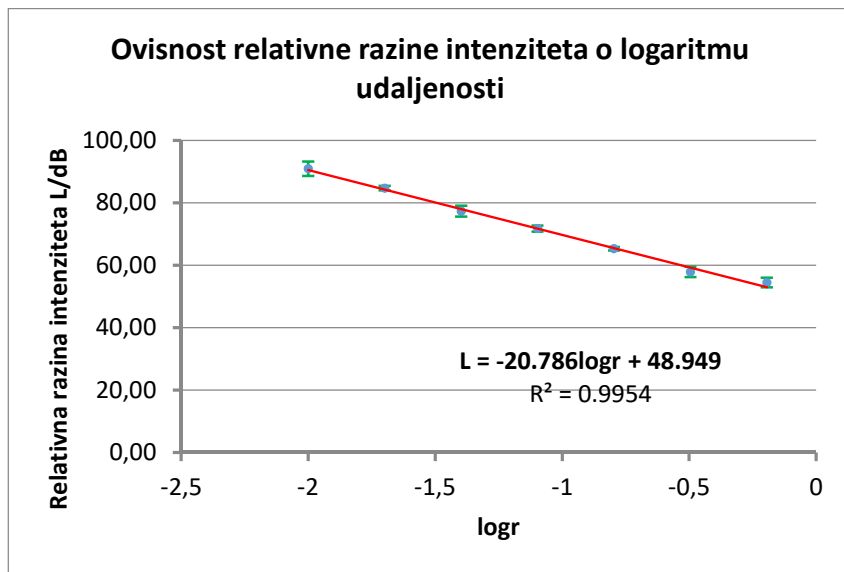
**SLIKA 6.** Pribor korišten u eksperimentu

U eksperimentu su korištena dva mobitela (vidi sliku 6.). Prvi mobitel je bio postavljen na početni položaj mjerne vrpce. On se koristio kao izvor zvuka određene frekvencije. Zvuk se generirao uz pomoć aplikacije Tone generator iz Physics Toolbox Suite. Na drugom mobitelu je bio priključen mikrofoni te mu se mijenjao položaj duž mjerne vrpce. Ovim mobitelom se uz

pomoć aplikacije Sound Meter iz Physics Toolbox Suite mjerila razina intenziteta zvuka na određenom položaju. Udaljenost između mobitela mjerila se mjernom vrpcom. Prikupljeni podaci su se obradili i grafički prikazali u MS Excel-u (vidi tablicu 2.). Iz grafičkog prikaza ovisnosti razine intenziteta zvuka o udaljenosti vidi se da se eksperimentalno dobivena veza dobro poklapa sa teoretskim modelom (vidi sliku 7.)

**TABLICA 2.** Podaci koji su prikupljeni i obrađeni u MS Excel za generirani zvuk od 300Hz

r/m	logr	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>	L/dB	$\Delta L/d$ B
0.01	-2	88.6 4	89.44	90.4	91.04	91.28	91.52	91.75	91.86	91.84	91.68	90.95	2.31
0.02	-	83.9 7	84.32	84.41	84.62	84.71	84.76	85.33	84.97	84.97	84.9	84.70	0.73
0.04	-	75.5 4	76.08	76.86	77.06	77.84	77.53	77.84	77.88	78.13	78.06	77.28	1.74
0.08	-	70.8 5	71.48	72.74	71.62	72.15	71.47	71.62	71.42	72.1	72.11	71.76	0.98
0.16	-	64.9 4	64.71	65.02	65.15	65.22	65.5	65.74	65.4	65.45	65.68	65.28	0.57
0.32	-	56.2 5	56.79	57.16	57.84	57.51	58.2	59.07	58.73	58.4	58.49	57.84	1.64
0.64	-	53.0 2	54.12	53.91	54.13	54.68	54.11	54.66	55.98	55.34	54.53	54.45	1.53



**SLIKA 7.** Grafički prikaz ovisnosti relativne razine intenziteta o logaritmu udaljenosti

## LITERATURA

1. Vieyra Software URL: <https://www.vieyrasoftware.net/browse-lessons> (2015/2016.),
2. Phyphox, physical phone experiment <http://phyphox.org/experiments/> (2016/2017.),
3. Martín Monteiro, Cecilia Stari, Cecilia Cabeza, Arturo C. Marti, The Atwood machine revisited using smartphones <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1506/1506.04119.pdf>
4. December 2015: Turn Your Smartphone into a Science Laboratory URL: <https://www.youtube.com/watch?v=h9jJrPFftIg> (2015/2016.),
5. STRUNA, hrvatsko strukovno nazivlje, URL: <http://struna.ihij.hr/> (1. 3. 2017.),
6. A plus Physics.com URL: <http://www.aplusphysics.com/courses/honors/dynamics/Atwood.html> (1. 3. 2017.).