

Kućni pokusi iz mehanike

Stipić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:160:767448>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of Physics in Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA FIZIKU



ANA STIPIĆ

KUĆNI POKUSI IZ MEHANIKE

Završni rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA FIZIKU



ANA STIPIĆ

KUĆNI POKUSI IZ MEHANIKE

Završni rad

Predložen Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
radi stjecanja zvanja prvostupnice fizike

Osijek, 2021.

Ovaj završni rad je izrađen u Osijeku pod vodstvom doc. dr. sc. Maje Varga Pajtler u sklopu preddiplomskog Sveučilišnog studija fizike na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TROMOST	2
3. TRENJE	4
3.1. TEORIJSKI DIO	4
3.2. POKUS 2.	4
3.3. POKUS 3.	8
4. DRUGI NEWTONOV ZAKON ZA ROTACIJU.....	10
4.1. TEORIJSKI DIO	10
4.2. POKUS 4	11
5. CENTRIPETALNA SILA.....	14
5.1. TEORIJSKI DIO	14
5.2. POKUS 5	14
5.3. POKUS 6	16
6. CENTRIFUGALNA SILA.....	18
6.1. TEORIJSKI DIO	18
6.2. POKUS 7	19
7. ZAKLJUČAK	22
8. LITERATURA	23
ŽIVOTOPIS.....	24

KUĆNI POKUSI IZ MEHANIKE

ANA STIPIĆ

Sažetak

U ovom završnom radu opisani su praktični kućni pokusi iz mehanike koji se mogu izvesti uz jednostavan i lako dostupan pribor. Kroz ukupno sedam pokusa demonstrirat ćemo fizikalne zakone i pojave i, koristeći se teorijskom podlogom, zaključno doći do njihovih fizikalnih objašnjenja. Također, u sklopu ovog rada, za svaki od opisanih pokusa, osim teorijskog uvoda i fizikalnog objašnjenja, slijedi i videozapis u kojemu je pokus detaljno izveden. Popis za reprodukciju videozapisa nalazi se na YouTube stranici Odjela za fiziku u Osijeku.

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za fiziku

Ključne riječi: centrifugalna sila/centripetalna sila/drugi Newtonov zakon za rotaciju/trenje/tromost

Mentorica: doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler

Ocjenjivači:

Rad prihvaćen: odlukom Odbora za završne radove

AT HOME EXPERIMENTS IN MECHANICS

ANA STIPIĆ

Abstract

This Bachelor thesis describes practical home experiments in mechanics that can be performed with simple and easily accessible accessories. Through seven experiments, we will demonstrate physical laws and phenomena and, using a theoretical background, finally come to their physical explanations. Also, as part of this thesis, for each of the described experiments, in addition to the theoretical introduction and physical explanation, there is a following video in which the experiment was performed in detail. The video playlist is published on the YouTube account of the Department of Physics in Osijek.

Thesis deposited in Department of Physics library

Keywords: Newton's second law of rotation/centrifugal force/centripetal force/friction/inertia

Supervisor: doc. dr. sc. Maja Varga Pajtler

Reviewers:

Thesis accepted: by decision of the Committee for Bachelor thesis

1. Uvod

Fizika je prirodna znanost koja proučavanjem pojava u prirodi nastoji pronaći njezine zakone i matematičke opise. Fizikalni zakon je tvrdnja kojom se objašnjava prirodna pojava do koje se došlo promatranjem ili pokusom i teorijom koja predviđa njihov rezultat. Fizikalnim pokusom, odnosno izazivanjem pojave u kontroliranim uvjetima, dolazi se do mjerenja koja dobivaju smisao kada se usporede s teorijskim predviđanjima i konačno objašnjenjima. Fizika je podijeljena na područja poput klasične fizike, teorije relativnosti, kvantne fizike, nuklearne fizike, itd. Preciznije, klasičnom fizikom nazivamo grane fizike koje su do početka 20. stoljeća uspješno objašnjene Newtonovim zakonima mehanike i Maxwellovim jednadžbama za elektromagnetizam. Te grane su mehanika, termodinamika, elektromagnetizam, optika i akustika. Ovisno o prirodi promatranog sustava, mehanika se bavi česticama, krutim tijelima i fluidima. Mehanika je najstarija grana fizike koja se bavi silama i tijelima u terminima sile, mase, vremena i prostora, kojima je Newton iskazao tri temeljna zakona gibanja.

Cilj ovog rada je teorijski objasniti neke teme iz mehanike poput centripetalne i centrifugalne sile, drugog Newtonovog zakona za rotaciju, trenja i tromosti. Navedene teme bit će teorijski i matematički opisane te obuhvaćene kroz sedam pokusa koji će biti detaljno opisani, a potom i fizikalno objašnjeni.

2. Tromost

2.1. Teorijski dio

Tromost ili inercija je svojstvo tijela da se opire promjeni gibanja. Masa je mjera tromosti tijela. Prvi Newtonov zakon (zakon tromosti ili inercije), koji opisuje tromost, glasi: „Svako tijelo nastoji ostati u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu sve dok je vanjska rezultatna sila na njega jednaka nuli“. Ako postoji rezultatna sila na tijelo, njegova vremenska promjena brzine a bit će obrnuto razmjerna njegovoj masi m , a razmjerna rezultatnoj sili F koja na njega djeluje.

$$a \sim \frac{F}{m}$$

U nastavku će biti opisan pokus u kojemu će se uočiti svojstvo tromosti na tijelima u gibanju kada vanjska sila djeluje na njih i mijenja im stanje gibanja.

2.2. Pokus 1.

Pribor

- 1 kuhano jaje
- 1 sirovo jaje

Tijek pokusa

- Stavimo oba jaja na ravnu površinu i zavrtimo ih.
- Pokušamo oba zaustaviti pritiskom prsta i potom maknemo prst.



Slika 1. Jaje prilikom rotacije

Zapažanja

- Maknuvši prst s kuhanog jajeta, jaje je ostalo mirovati.
- Maknuvši prst sa sirovog jajeta, ono se nastavilo vrtjeti.

Fizikalno objašnjenje

Jaja su mirovala sve dok ih nismo zavrtjeli kao što je prikazano na *Slici 1*. Dok su se vrtjela, zaustavili smo ih djelovanjem sile i na taj način promijenili njihovo gibanje. Budući da tijela nastoje ostati u istom stanju gibanja, tekući dio jajeta se nastavio gibati zbog tromosti jer na njega nije djelovala nikakva sila koja bi ga zaustavila, kao što je to bio slučaj za ljusku ili kompaktno skuhanu jaje.

3. Trenje

3.1. Teorijski dio

Sila trenja javlja se kao međudjelovanje tijela i površine na kojoj se tijelo nalazi. Ona djeluje suprotno od smjera gibanja tijela i iznos joj je razmjeran iznosu sile normale na podlogu N i faktoru trenja između tijela i podloge μ , a označavamo ju s F_{tr} .

$$F_{tr} = N \cdot \mu$$

Faktor trenja μ veći je kada tijelo pokrećemo iz stanja mirovanja i nazivamo ga statički faktor trenja μ_{stat} . Dinamički faktor trenja μ_{din} manji je od statičkog i javlja se između tijela i površine tijekom gibanja tijela.

$$\mu_{stat} > \mu_{din}$$

3.2. Pokus 2.

Pribor

- riža
- dva drvena štapića
- dvije boce
- lijevak



Slika 2. Pribor za izvođenje prvog pokusa s trenjem: riža, dva drvena štapića, dvije plastične boce i lijevak

Tijek pokusa

- Obje boce punimo rižom, s tim da jednu napunimo skroz do vrha, a u drugoj nekoliko centimetara od vrha ostavimo prazno.
- U boce s rižom zabodemo drvene štapiće, *Slika 3*.
- Štapiće povlačimo prema gore.



Slika 3. Štapići zabodeni u rižu unutar boca



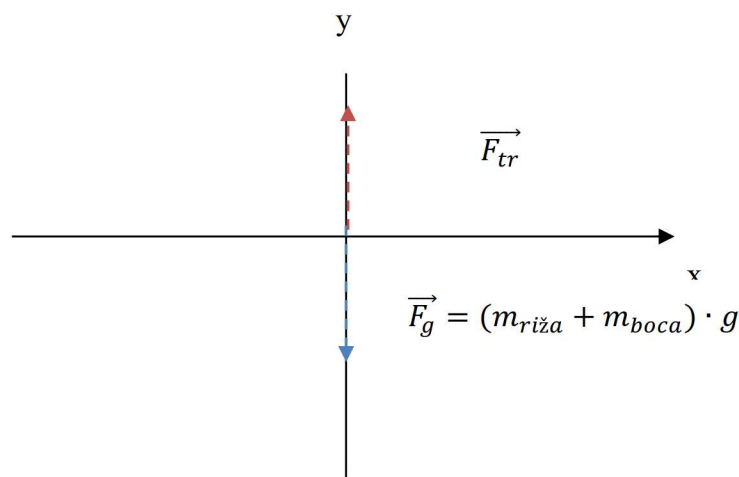
Slika 4. Povlačenje štapića prema gore

Zapažanja

- Štapić se izvukao iz boce koja nije do vrha napunjena rižom.
- Bocu koja je bila do vrha napunjena uspjeli smo podići povlačeći štapić prema gore.

Fizikalno objašnjenje

U boci koja je rižom napunjena do vrha javlja se veća sila trenja između štapića i zrna riže koja su s njime u kontaktu. Spomenuta sila trenja nije dozvolila štapiću da se izvuče iz riže pri njegovom povlačenju prema gore. U boci s manje riže javlja se manja sila trenja na štapić, koja je po iznosu veća od sile povlačenja štapića prema gore, što je rezultiralo izvlačenjem štapića iz riže.



Slika 5. Dijagram sila na bocu s rižom

Na *Slici 5*, oznakom \vec{F}_{tr} označena je sila trenja na rižu. Ona se javlja između štapića i zrna riže koja su s njim u kontaktu, a oznakom \vec{F}_g težina riže i boce.

U slučaju pune boce, iznos sile trenja između riže i štapića F_{tr} veći je od iznosa težine riže i boce F_g .

$$F_{tr} > F_g$$

Dakle, između štapića i zrna riže javlja se dovoljna rezultantna sila koja će prema 2. Newtonovom zakonu uzrokovati promjenu brzine cijelog sustava boce i riže i to u smjeru djelovanja rezultantne sile koja će biti usmjerena kao i sila F_{tr} . Zbog toga ćemo punu bocu, zajedno sa štapićem, uspjeti odići od podloge kao što je prikazano na *Slici 4*.

U slučaju nepune boce, iznos sile trenja između štapića i riže F_{tr} manji je od iznosa težine riže i boce F_g .

$$F_{tr} < F_g$$

To znači da će se štapić zbog nedovoljne sile trenja izvući iz riže. Riža i boca će zbog tromosti, odnosno nedovoljne rezultantne sile u vertikalnom smjeru prema gore, ostati mirovati na podlozi.

3.3. Pokus 3.

Pribor

- CD
- balon
- selotejp
- ljepilo
- čep koji se može otvarati i zatvarati
- igla



Slika 6. Pribor za izvođenje drugog pokusa s trenjem: CD, balon, selotejp, čep, ljepilo, igla

Tijek pokusa

- Selotejpom oblijepiti središnju rupu na CD-u. Na selotejpu iglom probušiti rupice za zrak.
- Ljepilom zalijepiti čep na mjesto gdje je prethodno zalijepljen selotejp, *Slika 7*.
- Napuhani balon postaviti na zatvoreni čep
- Otvoriti čep.



Slika 7. Čep zalijepljen na otvor CD-a



Slika 8. Balon postavljen na čep

Zapažanja

- Nakon otvaranja čepa, CD počinje klizati po podlozi na kojoj se nalazi.
- Nakon što je izašao sav zrak iz balona, CD prestaje s klizanjem po podlozi i vraća se u stanje mirovanja.

Fizikalno objašnjenje

U početnom trenutku, dok je zatvoreni čep predstavljao barijeru između napuhanog balona i selotejpa s rupicama, *Slika 8*, CD je mirovao na podlozi. Dakle, tada je rezultantna sila na sustav u svim smjerovima bila jednaka nuli. Nakon otvaranja čepa dolazi do istjecanja zraka kroz propustan selotejp u maleni prostor između samog CD-a i podloge, kojeg nazivamo zračni „džep“. Zbog činjenice da se sada CD više ne dodiruje s podlogom u istoj mjeri kao u početnom trenutku, sila reakcije podloge \vec{N} sada je po iznosu manja pa je samim time i sila trenja na sustav \vec{F}_{tr} manja, što je onda u konačnici uzrokovalo klizanje CD-a. Nakon što je sav zrak iz balona napustio sustav, CD se vraća u prvobitno stanje mirovanja.

4. Drugi Newtonov zakon za rotaciju

4.1. Teorijski dio

Drugi Newtonov zakon za rotaciju primjenjuje se na kruta tijela koja se rotiraju oko nepomične osi (sve točke tijela gibaju se po kružnicama koje imaju zajedničko središte). On tvrdi da je vremenska promjena kutne brzine α razmjerna momentu sile M , a obrnuto razmjerna momentu inercije I .

$$\alpha \sim \frac{M}{I}$$

Moment inercije za skup od N točkastih tijela računa se kao:

$$I = \sum_{n=1}^N \Delta m_n r_n^2,$$

gdje je s Δm_n označena masa pojedinog tijela, a s r_n udaljenost svakog točkastog tijela od osi vrtnje.

Ili, za tijelo kontinuirane raspodjele mase:

$$I = \int r^2 dm ,$$

gdje je s dm označen infinitezimalni komadić mase, a s r označena udaljenost infinitezimalne mase dm od osi rotacije.

Ako na tijelo djeluju dvije vanjske sile, kao što je slučaj u *Pokusu 4*, koje su paralelne, suprotno orijentirane, jednakog iznosa i čija su hvatišta jednako udaljena od osi rotacije, takve sile nazivamo parom sila. Njihova je rezultantna sila po 3. Newtonovom zakonu jednaka nuli. Također, par sila uzrokuje moment sile čiji je iznos jednak

$$M = F \cdot d$$

gdje je s F označen iznos vanjske sile, a s d udaljenost između pravaca djelovanja sila koji se još naziva i krak sile. Moment sile na tijelo uzrokuje rotaciju tijela.

4.2. Pokus 4

Pribor

- posuda
- voda
- 2 slamke
- plastična čaša
- igla i konac
- škare
- ljepilo



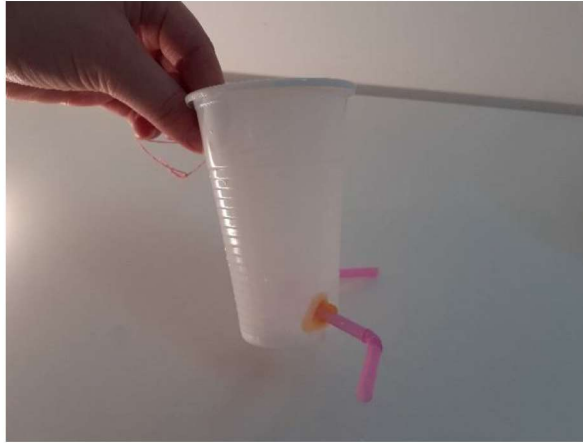
Slika 9. Pribor za izvođenje pokusa s rotacijom: ljepilo, škare, dvije slamke, igla i konac, plastična čaša, posuda s vodom

Tijek pokusa

- Iglom kroz dvije rupice provući konac u gornjem dijelu čaše, *Slika 10*.
- Škarama u donjem dijelu čaše probušiti dvije rupice kako bi slamke mogle proći kroz njih, *Slika 11*.
- Skraćene slamke postavljamo u otvore na čaši i lijepimo na način da su savinuti dijelovi slamki suprotno orijentirani u horizontalnoj ravnini.
- Iznad posude postavimo čašu i u čašu usipamo vodu.



Slika 10. i 11. Priprema čaše



Slika 12. Konačan izgled čaše

Zapažanja

- Kroz slamke je počela izlaziti voda, nakon čega se čaša se počela rotirati.

Fizikalno objašnjenje

Pod djelovanjem sile teže voda počinje istjecati iz čaše kroz dvije slamke. Slamke su postavljene tako da voda iz njih izlazi u suprotnim smjerovima, *Slika 12*, zbog čega se javljaju dvije međusobno paralelne i suprotno orijentirane sile. Dakle, stvara se par sila koji uzrokuje rotaciju sustava.

5. Centripetalna sila

5.1. Teorijski dio

Općenito, svaka sila usmjerena prema središtu zakrivljenosti putanje i koja je okomita na trenutni vektor brzine tijela ima ulogu centripetalne sile. Svaka takva sila mijenjat će smjer vektora brzine tijelu i na taj način mu zakrivljavati putanju. Iznos centripetalne sile F_{cp} razmjeran je masi tijela m i tangencijalnoj brzini tijela v , a obrnuto razmjerna kvadratu polumjera zakrivljenosti putanje r^2 . Također, razmjerna je kvadratu kutne brzine tijela ω^2 .

$$F_{cp} = m \cdot \frac{v}{r^2} = m \cdot \omega^2$$

5.2. Pokus 5

Pribor

- balon
- kovanica



Slika 13. Pribor za izvođenje prvog pokusa s centripetalnom silom: balon i kovanica

Tijek pokusa

- Stavimo kovanicu u balon i napušemo ga, *Slika 14*.
- Zavrtimo balon i kovanicu unutar njega.



Slika 14. Kovanica unutar napuhanog balona

Zapažanja

- Nakon što zaustavimo balon, kovanica će se nastaviti vrtjeti unutar balona.
- Nakon nekog vremena kovanica će usporiti i pasti na dno balona.

Fizikalno objašnjenje

Nakon što kovanici damo kinetičku energiju tako da ju zavrtimo udarcima o stijenu balona, kovanica se počinje gibati po unutarnjoj zakrivljenoj stijenci balona. To gibanje omogućava joj sila normale balona koja ima ulogu centripetalne sile. Ona djeluje prema središtu zakrivljenosti putanje vrtnje kovanice i omogućava kovanici promjenu smjera gibanja, odnosno vrtnju kovanice unutar balona.

5.3. Pokus 6

Pribor

- loptica
- čaša



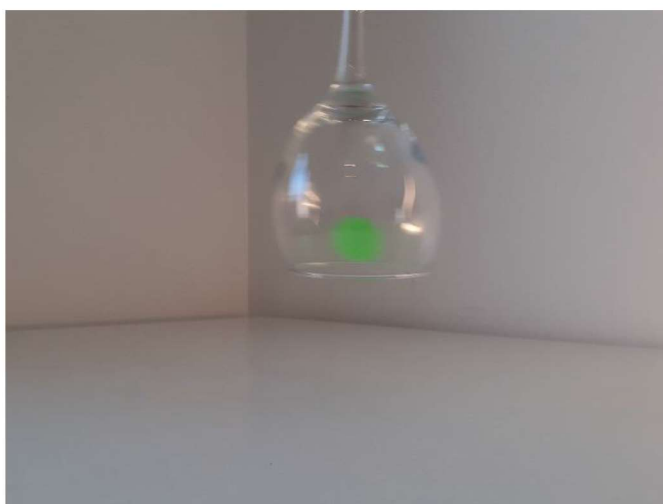
*Slika 15. Pribor za izvođenje drugog pokusa
s centripetalnom silom: čaša i loptica*

Tijek pokusa

- Lopticu poklopiti čašom i vrtjeti čašu dok se loptica ne podigne, *Slika 16.*



*Slika 16. Loptica dobiva kinetičku energiju udaranjem
o stijenku čaše*



*Slika 17. Nakon što je loptica postigla dovoljnu brzinu
vrtnje, moguće ju je odići od podloge zajedno s čašom*

Zapažanja

- Nakon što se loptica zavrti, potrebno je održavati određenu brzinu vrtnje kako loptica ne bi prestala vrtjeti i potom ispala iz čaše.

Fizikalno objašnjenje

Loptica se nalazi u neinercijskom sustavu rotirajuće čaše čija brzina ima promjenjiv smjer, *Slika 17*. Na lopticu u rotirajućem sustavu djeluje sila reakcije podloge, odnosno stijenke čaše, koja ima ulogu centripetalne sile od središta loptice prema središtu zakrivljenosti putanje. Ta sila omogućuje loptici kružno gibanje po stijenci čaše mijenjajući smjer njenog vektora trenutne brzine.

6. Centrifugalna sila

6.1. Teorijski dio

Inercijski sustav je sustav koji se giba konstantnom brzinom u odnosu na neki drugi inercijski sustav. U takvim sustavima vrijede Newtonovi zakoni gibanja i zakoni očuvanja količine gibanja i energije.

Neinercijski sustav giba se promjenjivom brzinom u odnosu na inercijski sustav. U neinercijskom sustavu opaža se djelovanje prividne inercijske sile koja nije posljedica međudjelovanja već svojstva tromosti (inercije) tijela. Inercijska sila djeluje suprotno od smjera promjene brzine neinercijskog sustava.

Centrifugalna sila inercijska je sila koja djeluje na tijelo koje se giba u rotirajućim neinercijskim sustavima, istog je iznosa kao centripetalna sila ali suprotnog smjera, odnosno djeluje od središta zakrivljenosti putanje.

Iznos centrifugalne sile F_{cf} proporcionalan je masi tijela m na koje djeluje i iznosu brzine v , a obrnuto proporcionalan kvadratu polumjera zakrivljenosti putanje r^2 . Također, proporcionalan je kvadratu kutne brzine ω^2 .

$$F_{cf} = m \cdot \frac{v}{r^2} = m \cdot \omega^2$$

6.2. Pokus 7

Pribor

- posuda s vodom
- špicasti drveni štapić
- slamka
- škare

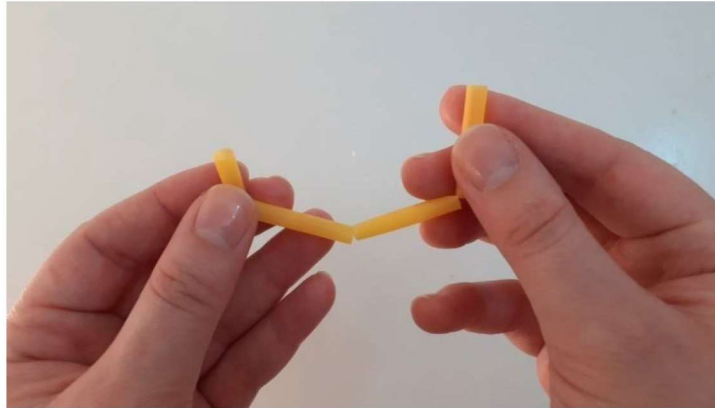


Slika 18. Pribor za izvođenje pokusa s centrifugalnom silom: slamka, škare, špicasti drveni štapić, posuda s vodom

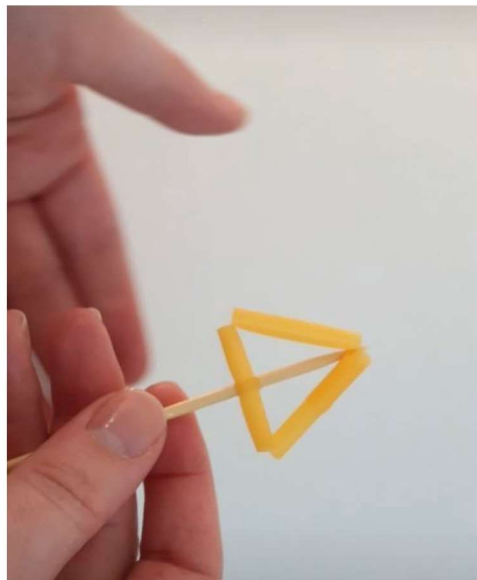
Tijek pokusa

- Škarama zarežemo slamku nekoliko centimetara od njezinog ruba ali ne potpuno.
- Slamku potom zarežemo još jednom. Zarezane dijelove presavijemo i od njih oblikujemo trokut kao što je prikazano na *Slikama 19 i 20*.
- Ostatak slamke odrežemo na način da posljednju stranicu trokuta ostavimo centimetar duljom od ostalih i to produljenje također zarežemo.

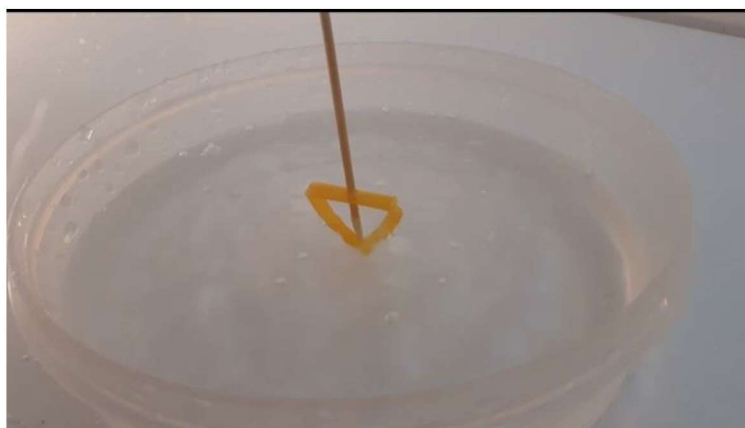
- Posljednji dulji dio slamke zarežemo dva puta po duljini, presavijemo i spojimo s prvom stranicom. Zarezani dijelovi trebaju činiti vrhove trokuta.
- Zašiljenim dijelom štapića probodemo kroz jednu stranicu dobivenog trokuta i njoj nasuprotan vrh trokuta.
- Vrh i polovicu načinjenog trokuta uronimo u vodu i počinjemo rotirati štapić.



Slika 19. Zarezana slamka



Slika 20. Mobilni se dijelovi presavijanjem povezuju u trokut i kroz njih se ubada drveni štapić



Slika 21. Uranjanjem u vodu i rotiranjem štapića, kroz prerezane dijelove slamke izlazi voda

Zapažanja

- Dok rotiramo štapić i dio slamke u vodi, kroz ostale zarezane dijelove slamke izlazi voda.
- Kako štapić rotiramo brže, voda brže izlazi iz slamke.

Fizikalno objašnjenje

Voda se nalazi unutar neinercijskog sustava (slamke) koji rotira oko vertikalne osi, *Slika 21*. Na vodu djeluje inercijska, odnosno centrifugalna sila. Centrifugalna sila na vodu usmjerena je od osi rotacije horizontalno prema van. Razina vode se u slamkama podiže zbog kapilarnosti i konačno voda izlazi van u smjeru djelovanja centrifugalne sile.

Ubrzavajući rotaciju sustava, povećavamo iznos centrifugalne sile, a time i tangencijalnu brzinu vode.

7. Zaključak

Svaki pokus, složeniji ili jednostavniji, za cilj ima demonstrirati neku pojavu. Za demonstratora pokusa zadatak je, uz prethodno predviđanje rezultata pokusa, relevantno ga teorijski potkrijepiti i fizikalno objasniti. Upravo se na ovakvim kratkim i jednostavno izvedivim pokusima prirodno pitati zašto se nešto ponaša na svima poznat i prirodan način. Iz tih razloga je ovako kratke pokuse, budući da su zabilježeni i u obliku videozapisa, lako uvrstiti u nastavu kao vrlo precizan i sažet prikaz nastavne teme. Također, takva bi nastava fizike poticala na kreativnost, izražavanje ali i najvažnije, znatiželju.

Popis za reprodukciju spomenutih videozapisa nalazi se na YouTube stranici Odjela za fiziku u Osijeku.

Popisu se može pristupiti poveznicom:

https://www.youtube.com/playlist?list=PLsxx8LS6a0ZJgf1R20Ru7Zc67YL_ttfq2

8. Literatura

[1] Young, H. D., Freedman, R. A., Ford, A. L., Sears and Zemansky's University physics: with modern physics. San Francisco: Pearson Addison Wesley, 2004.

[2] <http://struna.ihjj.hr/naziv/drugi-newtonov-zakon-za-rotaciju/7702/> (27.8.2021.)

[3] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=57529> (25.8.2021.)

[4] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=70111> (25.8.2021.)

Životopis

Ana Stipić rođena je 12. veljače 2000. godine u Našicama, u Republici Hrvatskoj. Pohađala je Osnovnu školu Josipa Antuna Čolnića u Gašincima. Opći smjer Gimnazije A. G. Matoša u Đakovu završava 2018. godine. Iste godine upisuje Preddiplomski sveučilišni studij fizike na Odjelu za fiziku u Osijeku.