

CORRELATION BETWEEN OSCILLATORY MOTION AND GRAVITY REGARDED AS EDUCATIONAL CONTENT

Ivana Krulj

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Serbia, ivana.krulj@akademijanis.edu.rs

Abstract: The author of the paper has been teaching physics at Academy of technical and educational vocational studies for the past seven years, of which two academic years took place during the Covid-19 pandemic. Internet resources have been applied beforehand throughout the entire period, but with fully online teaching, it gained particular importance. Educational approaches developed for online classes required students' activities that would further motivate them to study. In the academic year 2021/22, educational contents were enhanced with additional linking of certain educational contents, which resulted from the obvious need to make the material as interesting as possible, and to awaken curiosity about the contents. In this paper it is shown how a specific digital simulation can be used for a teaching topic for which it was not originally intended, and it was also shown that in this way a useful correlation of different teaching contents can be realized. The significance of the above-mentioned correlation is reflected in the fact that it requires a teaching approach that leads to more effective learning process in class as well as to greater motivation and greater activation of students in the class. A simulation related to the oscillation of a mathematical pendulum is described in this paper, i. e. its ability to choose different strengths of gravitational fields in which the pendulum oscillates, i. e. different gravitational accelerations. It was researched how students think when for the given phenomena a zero gravity is approximated. It was researched whether the students realized a change in their activities both in class and in their motivation for work. It is interesting that only after the implementation of weightlessness as an educational content in the existing educational content on oscillatory motion, the teacher saw certain alternative conceptions that some students built when they were studying about oscillations.

Keywords: Oscillations, Weightlessness, Active Learning

КОРЕЛАЦИЈА НАСТАВНИХ САДРЖАЈА ОСЦИЛАТОРНОГ КРЕТАЊА И ГРАВИТАЦИОНОГ ДЕЛОВАЊА

Ивана Круљ

Академија техничко-васпитачких струковних студија, Србија, ivana.krulj@akademijanis.edu.rs

Резиме: Аутор рада наставу физике реализује на Академији техничко васпитачких струковних студија седам протеклих година, од којих су две школске године биле у условима присутне епидемије ковид 19. Коришћење интернет ресурса било је примењивано у целокупном периоду, али је са искључивом онлајн наставом посебно добило на значају. Наставни приступи који су за онлајн часове развијани захтевали су активности студената којима ће они додатно бити мотивисани за рад. У школској 2021/22. години, наставни садржаји су обogaћивани додатним повезивањем наставних тема, што је проишло из евидентне потребе да се градиво учини што је могуће више занимљивим и да се пробуди радозналост за садржаје. У раду је показано како се одређена дигитална симулација може употребити и за наставну тему за коју првобитно није намењена, те да се на тај начин може остварити корисна корелација различитих наставних садржаја. Значај поменутих корелација огледа се у томе што она захтева наставни приступ који доводи до ефикаснијег учења на часу, веће мотивисаности и веће активности студената. Описана је симулација која се односи на осциловање математичког клатна, односно њене могућности избора различитих јачина гравитационих поља у којима клатно осцилује, односно различитих гравитационих убрзања. Истражено је како студенти размишљају када се за дате појаве апроксимира нулто гравитационо убрзање. Истражено је како да ли су студенти спознали промену у својим активностима на часу и у мотивацији за рад.

Студенти су, симулирањем локације на Земљи, Месецу, Јупитеру или избором произвољне јачине гравитационог поља испитивали период осциловања математичког клатна. Такође, студенти су моделирали гравитационо поље избором његове јачине на скали вредности уграђених у симулацију. Ипак најважнији део изучавања поменутих двеју тема односио се на искључивање гравитације и симулацију понашања клатна у новонасталом амбијенту. Испоставило се да су студенти, примењујући знања о гравитацији, у дигиталном експерименту са математичким клатном, продубили своја знања о осциловању, угаоној брзини променљивог кружног кретања. Интересантно је да је наставник тек након имплементације садржаја о бестежинском

стању у садржаје о осцилаторном кретању увидео одређене алтернативне концепције које су неки студенти изградили учећи осцилације.

Кључне речи: осцилаторно кретање, бестежинско стање, активно учење

1. УВОД

Проучавајући гравитационо деловање и кретање тела у гравитационом пољу Земље, студенти најчешће своја сазнања везују за искуства живота проистекла из подразумеваног живота на нашој планети. У областима и наставним темама које се искључиво односе на гравитацију, разматрају се и могућности другачије вредности гравитационог убрзања, односно јачине одговарајућег гравитационог поља. Најчешће узиман пример је гравитационо деловање Месеца али се разматрају и конкретне вредности јачине гравитационог поља у одређеним тачкама односно на одређеним удаљеностима од центра Земље. Са тим у вези проучава се и бестежинско стање. Бестежинско стање се углавном уводи као појам након анализе убрзаног кретања референтног система (најчешће лифта) у верикалном правцу, са смером наниже и смером навише. Тада се референтни систем посматра као неинерцијални систем и понашање тела у таквом систему тумачи се са становишта посматрача у лифту приложеном знања о инерцијалним силама. Тако се кретањем лифта убрзано навише догађа да тело које се налази у таквом лифту притиска подлогу јаче него што је то у случају када лифт мирује, док при кретању наниже сила којом тело притиска подлогу бива умањена за одређени износ. Даље се апроксимира слободан пад лифта, што за последицу има дејство инерцијалне силе на тело у њему, и то истог интензитета а супротног смера у односу на силу Земљине теже која на њега делује. При том се сила Земљине теже поистовећује са гравитационом силом која делује на то тело, јер се друге силе, које заједно са гравитационом дају резултанту познату под називом сила Земљине теже, занемарују. У тој ситуацији једнакости сила супротних смерова које делују на тело у лифту који слободно пада уводи се појам бестежинског стања, односно дефинише се да је бестежинско стање стање тела када оно не испољава тежину. Са друге стране бестежинско стање се подразумева у ситуацијама нулте гравитације, када све силе које су последица дејства гравитационе силе исчезavaju.

2. ПРИМЕНА ДИГИТАЛНИХ СИМУЛАЦИЈА У КОРЕЛАЦИЈИ ОСЦИЛАТОРНОГ КРЕТАЊА И ГРАВИТАЦИОНОГ ДЕЛОВАЊА

Онлајн садржаји који се односе на интерактивно учење били су доступни наставницима физике широм света као бесплатни ресурси и пре појаве ковид пандемије. Ипак у условима неминовног онлајн учења посебно су добили на значају, другим речима постали су незаменљиви. Онлајн часове током којих наставник не остварује директан увид у активност студента додатно је требало учинити занимљивим. Један од сигурних начина за то је непрекидно захтевати да студенти износе претпоставке и да их потом проверавају, али и да осмишљавају начине за њихову проверу. Најатрактивнијим су се показале такозване немогуће ситуације, односно ситуације које су могуће али не тако лако остварљиве у условима нашег живота. Проучавајући осцилаторно кретање преко интерактивне дигиталне симулације, чији се линк налази у референци phet.colorado.edu, студенти су имали прилике да проучавају осциловање клатна у гравитационим пољима Месеца, Земље, Јупитера, планете X, али да сами изаберу вредност гравитационог убрзања. На слици 1 дат је изглед детаља рада са симулацијом који се односи на промену гравитационог поља.

Слика 1. Изглед детаља рада са симулацијом-избор гравитационог поља



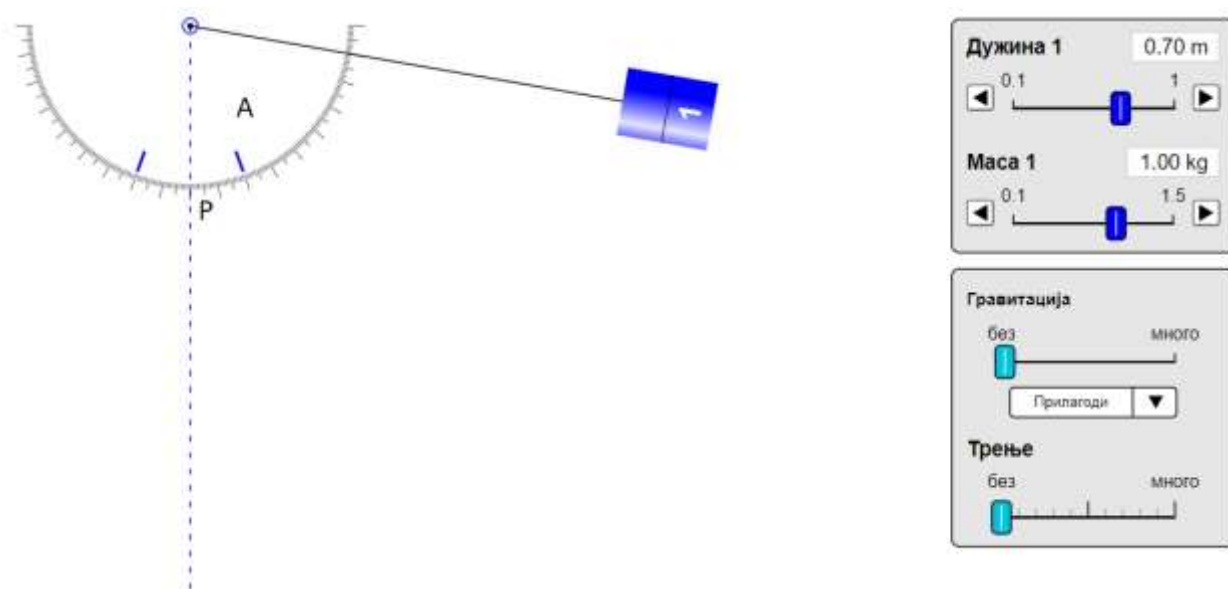
С обзиром на то да дати аплет симулира осциловање математичког клатна истовремено је проверавана математичка формула зависности периода осциловања клатна од гравитационог убрзања. Међутим, како аплет омогућава и „искључивање“ гравитације, истражено је какве ће претпоставке студенти изнети о понашању клатна у одсуству гравитације и шта ће провера симулирањем таквог стања показати.

Наиме, понашање клатна које осцилује у тренутку искључивања гравитације зависи од датог положаја. Клатно ће се различито понашати уколико се гравитација „искључи“ када је оно у амплитудном положају и када је у неком другом положају различитом од амплитудних. Такође, клатно ће се различито понашати и када се гравитација „искључује“ у тренуцима када је оно у равнотежном и било ком другом положају другачијем од равнотежног и амплитудних. На слици 2 приказан је положај клатна након што је гравитација искључена у тренутку када се оно налазило у амплитудном положају. Амплитудни положај је на слици означен словом А.

Слика 2. Положај клатна након што је гравитација „искључена“ у његовом амплитудном положају



Слика 3. Положај клатна након што је гравитација „искључена“ у његовом равнотежном положају



На слици 3 приказан је положај клатна након што је гравитација искључена у тренутку када се оно налазило у равнотежном положају. Равнотежни положај на слици 3 је означен словом Р. У тренутку када се клатно

налази у амплитудном положају брзина је једнака нули, тако да клатно остаје у том положају јер нема сила које би његово стање промениле. Међутим када се налази у било ком другом положају, искључивање свих сила доводи до кретања тела по инерцији, односно клатно наставља да се креће кружно, угаоном брзином коју има у тренутку искључивања гравитације. Кружно кретање се одиграва зато што је нит, на чијем је једном крају куглица, другим својим крајем, учвршћена. Коликом угаоном брзином ће клатно ротирати зависи од тога у ком се положају налазило у тренутку „искључивања“ гравитације. Брзина куглице клатна опада идући од равнотежног ка амплитудном положају што значи да ће „искључивање“ гравитације у сваком положају каснијем у односу на равнотежни резултирати, по „искључењу“ гравитације, кружним кретањем мање угаоне брзине.

Питања на која су студенти одговарали су: *Шта ће се дешавати са кретањем клатна мењањем гравитационог убрзања? Шта ће се дешавати са кретањем клатна са смањењем гравитационог убрзања? Шта ће се дешавати са кретањем клатна кад се гравитационо убрзање изједначи са нулом? Како ће се кретати клатно ако се гравитационо убрзање изједначи са нулом у тренутку када клатно долази у амплитудни положај? Како ће се кретати клатно ако се гравитационо убрзање изједначи са нулом у тренутку када клатно долази у равнотежни положај? Шта се још може испитати датом симулацијом у вези са бестежинским стањем?*

Питања су била отвореног типа и ниједно следеће питање није било постављено док се на претходно није дао одговор, тако да студенти нису могли да ревидирају своје претходне одговоре. Након датих одговора/претпоставки студенти су имали задатак да објасне зашто би се одређена појава коју су претпоставили дешавала. Након тога проверавали су своје одговоре у симулацији. На крају су поредили своје претпоставке са утврђеним појавама и исте објашњавали.

3. РЕЗУЛТАТИ И ЕФЕКТИ У РАДУ СТУДЕНАТА

Одговори на питања наведених у претходном одељку су били разноврсни што је указало на велику активност студената. Од 38 студената колико их је пратило предавање само један није дао одговоре у задато време због проблема у конекцији. Анализирајући одговоре наставник је могао да утврди да није било преписивања због непостојања идентичних одговора. Међу одговорима су се издвојили следећи:

- *Шта ће се дешавати са кретањем клатна мењањем гравитационог убрзања?* -клатно ће променити ритам осциловања; клатно ће осциловати брже; клатно ће осциловати спорије; клатно ће успоравати.

- *Шта ће се дешавати са кретањем клатна са смањењем гравитационог убрзања?* – клатно ће се кретати спорије; успоравати; достићи ће виши положај; дуже времена ће прелазити од једне тачке до друге; зауставиће се.

- *Шта ће се дешавати са кретањем клатна кад се гравитационо убрзање изједначи са нулом?*- клатно

ће наставити исто да осцилује; куглица ће отићи на горе; клатно ће одмах успорити; клатно ће се зауставити; вратиће се у равнотежни положај.

- *Како ће се кретати клатно ако се гравитационо убрзање изједначи са нулом у тренутку када клатно долази у амплитудни положај?*- вратиће се у равнотежни; куглица ће отићи на горе; изгледаће као да вечно пада; много ће успорити осциловање.

- *Како ће се кретати клатно ако се гравитационо убрзање изједначи са нулом у тренутку када клатно долази у равнотежни положај?*-остаће у равнотежном положају; куглица ће отићи на горе; конач ће се олабавити и тако ће остати куглица на једном месту; куглица ће ићи горе доле.

- *Шта се још може испитати датом симулацијом у вези са бестежинским стањем?*- да ли се другачија куглица другачије понаша; да ли је исто када је гравитационо убрзање нула и када је скоро нула; да ли има разлике у томе где је било клатно када се поставило да нема гравитационог убрзања.

Након провере у дигиталном експерименту сви студенти су донели правилне закључке и упоредили их са својим претпоставкама. У одговорима зашто се претпоставка разликује од потврде експеримента преовладавали су одговори да је тешко замислити бестежинско стање и да недостатак таквог искуства доводи до погрешних претпоставки.

Своју активност на часу студенти су оцењивали оценама од 4 до 1 у значењу: 4-веома активан, 3-активан; 2-неактиван, 1- веома неактиван. Мотивација за рад оцењивана је истом скалом у значењу: 4- веома мотивисан, 3- мотивисан, 2- немотивисан, 1- веома немотивисан. Да је веома мотивисан/а за рад одговорило је 26 студената од чега је 23 одговорило да је веома активан/а током коришћења симулације у раду. Да су

били мотивисани за учење одговорило је дванаесторо студента. Оценом 3 своју активност оценило је четрнаесторо студената.

4. ДИСКУСИЈА

Испоставило се да је у изабраном узорку, који је омогућило редовно извођење наставе, мотивисаност за учење била изразита као и активност током учења. Занимљивост теме односно примена раније стеченог знања у новонасталој ситуацији (новонасталој у смислу новог увођења кроз другу наставну тему) повећала је пажљивост и ангажовање студената и као таква довела до квалитетнијег, активног, учења. Значајно је да су студенти још једном прошли кроз циклус учења који подразумева постављање претпоставке, њену експерименталну проверу и успостављање коректног закључка. Истражујући понашање клатна при „искључивању“ гравитације студенти су на активан начин ревидирали своја знања о угаоној брзини и периферној брзини. Овај ефекат није био претпостављен. Фокус наставника, иако је био, на размишљању студената о бестежинском стању, задржан је и на коментарима студената да су разумели да је кретање клатна двоструко кружно кретање и то убрзано и успорено и да је угаона брзина променљива што је довело до открића да многи студенти кретање клатна ипак доживљавају као кретање са одређеном равномерношћу. У одговорима студената на постављена питања било је оних који указују на постојање одређених алтернативних концепција када је бестежинско стање у питању, али и врло креативних што потврђује да описани приступ изучавању поменутих тема подстиче креативно размишљање ученика.

5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад показује драгоценост постојања дигиталних лабораторија у којима је могуће изводити експерименте какви нису могући у реалним условима или уколико су могући не омогућавају довољно објективног посматрања и закључивања. Када је реч о бестежинском стању, конкретно, краткотрајност таквог стања у условима нашег живота и рада не пружа довољно елемената за рад у учионици или било ком образовном окружењу да би била честа и примењивана. Бестежинско стање се углавном разматра кроз мисаоне експерименте. Међутим, како студенти своја размишљања везују за своја свакодневна искуства, проучавање бестежинског стања кроз мисаоне експерименте не гарантује уверљивост какву настава физике захтева. Зато је рад у дигиталној лабораторији који чини доступним услове који не постоје у свакодневном окружењу користан, како због самог процеса учења, тако и због повећања активности и мотивације за учење.

РЕФЕРЕНЦЕ

- Anderson, J. L., & Barnett, M. (2013). Learning Physics with Digital Game Simulations in Middle School Science. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 914–926.
- Balukovic, J., & Sliško, J. (2018). Teaching and Learning the Concept of Weightlessness: An Additional Look at Physics Textbooks. *European J of Physics Education Volume 9 Issue 1* 1309-7202.
- Bartlett, A. A. (2010). “Apparent Weight”: A Concept that Is Confusing and Unnecessary. *The Physics Teacher*, 48(8), 522–524.
- Bozzo, G. (2020). “Free-Fall Demonstrations” in the High School Laboratory. *The Physics Teacher* 58, 23-27.
- Frank, B. W. (2020). Engagement and joy in the active learning classroom. *The Physics Teacher* 58, 76-76.
- Haney, R. E. (1963). Demonstrations of “Weight.” *American Journal of Physics*, 31(5), 391–392.
- Gumilar, D. A., & al (2021). Development of pendulum oscillation worksheets (POWs) to practice science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806, 012045, 1-5.
- Kuczmann, I. (2017). The structure of knowledge and students’ misconceptions in physics. *AIP Conf. Proc.* 1916, 050001-1–050001-6
- Stein, H., & Galili, I. (2015). The Impact of Operational Definition of the Weight Wconcept on Students’ Understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education* 13, 1487-1515.
- Taibu, R. (2017). Terms vs. Concepts – The Case of Weight. *The Physics Teacher* 55, 34-35.
- [Математичко клатно - Периодично кретање | Линеарно хармонијско кретање | Очување енергије – PhET интерактивне симулације \(colorado.edu\)](#)