

Ples bez matematike i fizike?*

BLAŽENKA SLOVENEC¹, ALETEA ROGULJA MART², NIKOL RADOVIĆ³

Sažetak: U srednjoškolskom obrazovanju nastava matematika i fizike ima važnu ulogu. Stečena znanja, vještine i načini mišljenja temelj su za nastavak visokoškolskog obrazovanja (i to u različitim područjima – prirodnim, društvenim, tehničkim...). Cilj nastave matematike je stjecanje vještina i kompetencija, načina razmišljanja i zaključivanja primjenjivih u fizici, ali i drugim nastavnim predmetima. U tu svrhu potrebno je u sadržaje obaju predmeta integrirati situacije iz realnog života.

U radu će biti prikazani primjeri koji povezuju balet, fiziku i matematiku. Naime, baletne pozicije bit će objašnjene rječnikom matematike i zakonima fizike. Na taj će način klasične teme mehanike (*težište, centar mase, sila trenja, zakoni očuvanja energije, impulsa i angularnog momenta, rotacijsko gibanje*) biti prikazane na primjerima baletnih pozicija koje plesači uvježbavaju svakodnevno, kao i nekih kompliciranijih okreta i rotacija. Iste situacije (primjere iz plesa) sagledat ćemo u matematičkome svijetu te ih objasniti zakonima fizike.

Ključne riječi: ples, baletne pozicije, težište, centar mase/tijela, ravnoteža, sila trenja, vektori, rotacija, fizika, matematika.

Balet (tal. *balletto*) umjetnički je ples praćen glazbom koji simbolički prikazuje različite osjećaje. Kako bismo mogli proučavati povezanost baleta, matematike i fizikalnih zakona, potrebno je prisjetiti se nekih osnovnih matematičkih i fizikalnih pojmova, primjerice sile trenja, težišta tijela, centra mase.

Najčešće uživamo u plesu izvođača ne razmišljajući o čemu sve moraju voditi računa vrsni baletni plesači. Slično postupamo kada hodamo. Pri hodanju nesvjesno primjenjujemo treći Newtonov zakon, odnosno odgurujemo podlogu prema natrag, a podloga djeluje na nogu silom trenja prema naprijed. Problem nastaje pri kretanju po ledu. Kako ne bismo pali, moramo se *uravnotežiti*. Nesvjesno se približavamo podlozi po kojoj hodamo. Naime, težište tijela približavamo podlozi kako bismo smanjili proklizavanje. Pri pokušaju guranja nekog tijela po ravnini uočavamo da se sva tijela ne mogu lako pomicati. Na slici 1. prikazana su dva tijela, kugla i kocka.

*Predavanje održano na 6. kongresu nastavnika matematike RH 2014. u Zagrebu

¹Blaženka Slovenec, Gimnazija Sisak, Sisak

²Aletea Rogulja Mart, učenica I.r. Umjetničke škole F. Lučića, Velika Gorica, smjer scenski plesač

³Nikol Radović, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

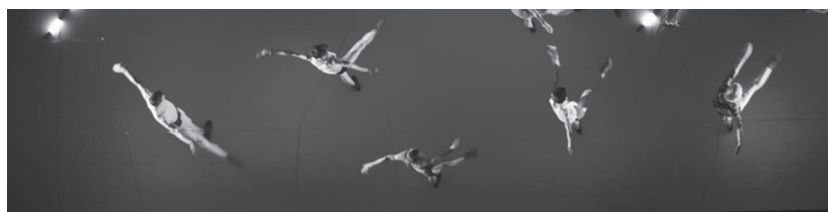


Slika 1.

Kocka je stabilno geometrijsko tijelo koje je teško gurati po ravnini ili kotrljati uz/niz kosinu. Kugla (lopta) je nestabilno geometrijsko tijelo koje je lako gurati po ravnini ili kotrljati niz kosinu. Pogledajmo što se događa sa složenim tijelima kao što su tijela plesača. Zaboravimo izvrsnost izvedbe neke koreografije (sastavljene od uzoraka povezanih u cjelinu, veza s matematikom) i zapitajmo se što svi plesači moraju znati pri izvođenju neke figure. Moraju brinuti **o ritmu** (glazba u nekom tempu povezana je s matematikom), **o prostoru u kojemu se kreću** kako ne bi zagradili susjedne plesače (vizualizacija prostora, opet matematika, slika 2.) i **o izvedbi figura** rotacijom ili translacijom (transformacija prostora, opet matematika, slika 3.). Nakon svega plesači trebaju ostati u ravnoteži i nastaviti s idućom figurom (moraju dobro poznavati fizikalne zakone).



Slika 2.



Slika 3.

Sila trenja najbolja je prijateljica svakog plesača, stoga sve ovo ne bi bilo moguće izvesti bez dobrog poznavanja sile trenja koja se javlja kad neko tijelo treba pokrenuti ili se već giba, a u dodiru je s drugim tijelom ili podlogom. Već smo spomenuli da je sila trenja sila koja nam omogućava kretanje.

Tijekom plesa plesač može stajati na mjestu i tada se nalazi u svojoj kinosferi. Iako stoji na mjestu, plesač se može gibati u krugu svoje kinosfere pa je i tada u dodiru s drugim tijelom. Pri tome mislimo na podlogu, a ne na tijelo drugoga plesača.

U plesu, podloga je jedno tijelo, a plesač koji se njome kreće – drugo. Plesači bez sile trenja ne bi mogli funkcionirati. Međutim, bitna je razlika pripreme plesača na ples s obzirom na vrstu plesa.

U klasičnom plesu plesač se kreće u baletnim papučicama koje u dodiru s podlogom proklizavaju. U svrhu smanjenja proklizavanja potrebno je brusiti podlogu papučica. Tako im podloga postaje hrapavija, a trenje veće.

Za razliku od plesača klasičnog plesa, plesači suvremenog plesa plešu bosu. Kako bi povećali klizanje u dodiru s podlogom, na stopala stavljaju puder te tako smanjuju trenje.

Trenje ne ovisi o veličini dodirnih ploha, ali ovisi o težini. Manja masa znači veće proklizavanje i manje trenje.

Statičko trenje klizanja veće je od dinamičkog trenja klizanja. Najbolji primjer je ples u paru, slika 4. Partneru je lakše podignuti drugo tijelo (plesaća) koje se kreće istom dinamikom jer je sila njegovog djelovanja mnogo manja, odnosno partner koji podiže s mjesta drugo tijelo (plesaća) treba uložiti puno veću silu da bi ga pomaknuo.



Slika 4.

Težište je hvatište sile teže homogenog krutog tijela. Važno je naglasiti da kruto tijelo ne mijenja oblik pri djelovanju vanjske sile, što s plesaćima nije uvijek slučaj.

Centar mase/tijela općenito se definira pomoću relacije sile uporišta. Najčešće nije u samom centru tijela, posebice ako plesač izvodi neku složenu statičku ili dinamičku figuru.

Za bilo koji sustav masa kažemo da je u ravnoteži kada je sila reakcije uporišta jednaka ukupnoj težini sustava. Za plesače je posebno važna statička ravnoteža. Plesač je u statičkoj ravnoteži ili, rečeno rječnikom plesača, plesač održava statičku ravnotežu kada se njegov centar mase i točka u kojoj prsti dodiruju podlogu/pod nalaze na istome pravcu. Važnost statičke ravnoteže posebno se može uočiti pri izvođenju osnovnih baletnih pozicija nogu. Tada je suma sila podloge i težine plesača jednaka nuli. U slučaju da nije tako, ravnoteža je narušena i pozicija nije dobro izvedena.

Plesač statičku ravnotežu postiže kad su uravnotežene gravitacijska sila (prema dolje) i sila reakcije podloge (prema gore). Prva sila odnosi se na težište plesača, a druga na njegov kontakt s podlogom koji može biti ostvaren dodiranjem prstiju s podlogom. Suma sila mora biti jednaka nuli.

Prije izvođenja složenih koreografija plesači moraju usvojiti baletnu abecedu koja uključuje osnovne pozicije nogu. U baletu postoji *pet osnovnih pozicija nogu*.

Prva pozicija, slika 5., pozicija je u kojoj se noge rotiraju iz kuka, koljena su spojena, pete se dodiruju, a prsti imaju ekstenziju što više prema van. Težište pada kroz središte tijela, a težina se raspoređuje od pete kroz vanjski svod šireći se na ja-stučice i prste stopala.



Slika 5.

Druga pozicija, slika 6., slična je prvoj, prsti nogu i dalje imaju ekstenziju prema van, ali su obje noge pasivno postavljene u odnosu raspona od dva i pol stopala. U svim otvorenim pozicijama noge se rotiraju iz kuka. Težište pada kroz središte tijela, a težina je jednako raspoređena na obje pasivne noge.



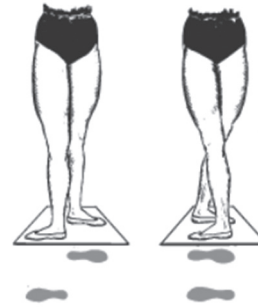
Slika 6.

Treća pozicija, slika 7., pozicija je u kojoj je prednja noga petom priljubljena uz svod zadnje noge, pozicija stopala je otvorena. Težište pada kroz središte tijela, a težina je jednako raspoređena na obje pasivne noge.



Slika 7.

Četvrta pozicija, slika 8., pozicija je koja se nadovezuje na treću poziciju. Prednja pasivna noga, koja je bila petom priljubljena uz svod zadnje pasivne noge, postavlja se u poziciju iskoraka. Ostvaruje se razmak od dva stopala između pasivnih nogu. Težište i dalje pada iz središta tijela, dok se težina raspoređuje u obje pasivne noge. Iako su stopala razdvojena, paralelna su; prsti prednje pasivne noge i peta zadnje pasivne noge ekstenziraju u istom smjeru.



Slika 8.

Peta pozicija, slika 9., najteža je pozicija. U ovoj poziciji zahtijeva se najveća otvorenost kukova, rotacija iz koljena i prirodna otvorenost stopala, i teži se sljublivanju koljena. Stopalo prednje pasivne noge prislanja su uz stopalo zadnje pasivne noge. U ovoj poziciji prsti prednje pasivne noge dodiruju petu zadnje pasivne noge, a peta prednje pasivne noge dodiruje prste zadnje pasivne noge. Prsti teže maksimalnoj ekstenziji u suprotnim smjerovima. Težište i težina su na obje noge. Plesač mora paziti da ne padne na unutarnji dio stopala.



Slika 9.

Prebacivanjem osnovnog plesnog stava u ležeći, a to znači da su nam noge i dalje u prvoj poziciji, a ruke u petoj poziciji, možemo započeti jedan od načina kotrljanja. Važno je naglasiti da je *trenje kotrljanja manje od trenja klizanja* i da oba zadana smjera udova teže svaki prema svome zadanom smjeru. Prilikom kotrljanja tijelo treba zadržati svoj volumen tako da niti jedan dio tijela ne vodi u prostor. U tu svrhu trebamo zategnuti sve mišiće od centra tijela. Ovim gibanjem stvara se manje trenje od eventualnog zadržavanja istog položaja.

Usvojivši osnovne pozicije nogu potrebno je svladati i ostale plesne pokrete. Jedan od najvažnijih plesnih pokreta je okret. U okretu tijelo plesača rotira oko svoje osi. Razlikujemo okrete koje izvodimo unutar naše kinosfere i okrete kojima koristimo prostor. Okreti u statici naglašeni su dijelovi koreografije, dok su okreti kroz prostor poveznica s drugim elementima. U svakoj rotaciji ljudskog tijela najvažnije je zadržati centar, težište, te osvijestiti koji dio tijela stremi u određenom smjeru i vodi nas u rotaciju.

Najpoznatiji okret klasičnog baleta je *fouetté* (čit. fuete), slika 10. Postoje mnogi načini njegove izvedbe.



Slika 10.

Osnovni položaj nogu kreće iz pete pozicije u malom čučnju (*demi – plié*), tijelo se podiže na prste (*relevé*), prednju aktivnu nogu povlačimo preko pasivne noge do točke iznad koljena (položaj *passé*). U tom trenutku slijedi promjena položaja pasivne noge koja se spušta u mali čučanj, a prednja aktivna noga istovremeno se razvija u prednji ispruženi položaj na 90 stupnjeva (*développé*). Nakon toga se pasivna noga ponovno podiže na prste, a prednja aktivna noga se rotira u smjeru kazaljke na satu; kada postigne bočni ispruženi položaj na 90 stupnjeva, to tijelo vodi u rotaciju, a aktivna se noga vraća u položaj *passé*. Ovaj slijed pokreta izvodi se ponavljanjem od 12 do 24 puta. Položaj ruku vrlo je važan jer one moraju pratiti kretanje aktivne noge. Osnovi položaj ruku kreće iz prve pozicije ruku, tj. obje su ruke oble i u ravnini centra. Kada aktivna noga kreće u rotaciju, ruke se otvaraju u drugu poziciju i imaju ekstenziju na van. Položaj ruku ponovno se mijenja u prvu poziciju kada se aktivna noga zatvara na *passé*. Pokreti ruku se ponavljaju. Glava zadnja kreće u rotaciju, a prva se vraća u početnu poziciju.

Kod ovog zahtjevnog okreta plesači primjenjuju znanja o statičkoj i dinamičkoj ravnoteži, trenju, rotaciji, očuvanju količine angularnog momenta.

U suvremenom plesu rotacije su zastupljenije nego u klasičnom baletu. Primjenjuju se pri rotaciji u prostoru, ali pri rotaciji po plesnoj plohi kojih nema u klasičnom baletu. Jedna od rotacija po plesnoj plohi je kolut unatrag s ekstenzijom noge u smjeru kretanja. Kolut započinjemo iz sjedećeg položaja, obje skvrčene noge istovremeno imaju ekstenziju na nazad koja tijelo povlači na pod. U položaju kada nam leđa dodirnu pod, jednu nogu ispravljamo u koljenu i prebacujemo je preko glave na pod. Pritom tom nogom dodirujemo pod ristom i prstima. Druga noga ostaje ispružena s ekstenzijom na gore. Preko noge koja je na podu klizimo i okrećemo trup preko ramena izvijajući tijelo na prednju stranu trupa. Suprotna noga ostaje s ekstenzijom na gore i direktno se zadnja vraća na pod. Tijelo ostaje u prednjem ležećem položaju.



Slika 11.

Iz svega do sada rečenog može se zaključiti da je izvođenje osnovnih pozicija nogu složeno, a kompliciranost raste dodavanjem koreografije u kojoj se izmjenjuju i okreti, osnovne pozicije po nekom uzorku, skokovi, dizanja i ostali plesni elementi. No, pokazuje se i da plesači mogu usvajati omražene predmete (matematiku i fiziku) na drugačiji način, kroz njihov svijet.

Literatura

1. J. D. Cutnell, K. W. Johnson. *Physics*, 9th Edition, John Wiley & Sons. Inc. 1998.
2. N. Antončić, E. Špalj, V. Volenec. *Matematika 3*, 2. dio – udžbenik i zbirka zadataka za 3. razred prirodoslovno-matematičke gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2007.
3. B. Dakić, N. Elezović. *Matematika 3*, 2. dio – udžbenik i zbirka zadataka za 3. razred gimnazije, Element, Zagreb, 2006.
4. S. Dodge. *Physics of Ballet Dancing*
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/4421> (27.5.2013.)
5. K. B. Krauskopf, A. Breise. *The Physical Universe*, Chapter 2, Mc Graw Hill, 2000.
6. C. D. Miller, V. E. Heeren, J. Hornsby, M. L. Morrow, J. Van Newenhizen. *Mathematical Ideas*, Pearson Addison Wesley, Boston, 2008.
7. J. Parsley, C. Soriano. *Understanding Geometry in the Dance Studio*, Journal of Mathematics and the Arts. <http://www.informaworld.com> (20.5.2013.)
8. B. Slovenec, N. Radović. *Let's dance with math and physics*. Zbornik radova 8. Stručno metodičkog skupa Metodika u nastavi matematike u osnovnoj i srednjoj školi_Korelacija u nastavi matematike s drugim nastavnim predmetima. Pula, 7. – 9.11.2013. 82–90.

Internetske adrese:

1. <http://bigthink.com/the-voice-of-big-think/the-similarities-between-ballet-andmath> (5.4.2014.)
2. <http://uncommonfitness.com/using-ballet-drills-to-build-leg-muscles> (5.4.2014.)
3. <http://www.znanje.org/i/i29/09iv01/09iv0108/galerija.htm> (5.4.2014.)
4. <http://www.shutterstock.com> (2.4.2014.)
5. <http://www.dreamrsinx.com> (2.4.2014.)
6. <http://www.ballet-de-marseille.com> (3.4.2014.)
7. <http://www.danceclass.com/ballet-positions.html> (2.4.2014.)