

Doktori értekezés tézisei

**Mozgás-szimulációs programok használata és
eredményességének mérése a középiskolai
fizikaoktatásban**

Radnai Tamás Gábor

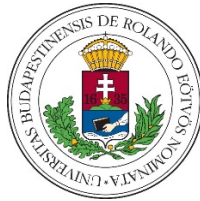
Témavezető: Dr. Jenei Péter, egyetemi adjunktus

Fizika Doktori Iskola

vezetője: Dr. Gubicza Jenő, egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

vezetője: Dr. Nguyen Quang Chinh, egyetemi tanár



Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

2022

Bevezető

A 21. században az oktatás is digitalizálódik, a tanórák egyre nagyobb része tartalmaz számítógépes tananyagot. Ezek egy része lényegében csak a régi módszerek modernizációja, egy része viszont teljesen új. Ilyenek a szimulációs szoftverek is, amik fizikaórán a tanórai kísérletek kiegészítésére szolgálnak. Nagy előnyük, hogy minimális eszközigény mellett olyan bonyolult kísérleteket támogatására képesek, amiket vagy nehéz pontosan elvégezni, vagy a tanár segítsége nélkül nem kivitelezhető. Önálló, otthoni mérési feladatok elvégzésére többnyire csak a legelhivatottabb diákok fogékonyak, vagy azok, akik sok szülői támogatást kapnak a feladat elvégzésében. Ez a folyamat viszont csak tovább tágitja a megértési szintbeli különbséget az erősebb és gyengébb tanulók között. Ezt a szakadékot tudja áthidalni a szimulációs szoftver használata, amivel sokkal könnyebben tudnak a kevésbé elhivatott diákok is összetett kísérleteket elvégezni. A szimulációs programokat a diákok intuitív módon tudják használni és a beállításokra odafigyelve nagy pontossággal tudják modellezni a fizikai valóságot, képesek kirajzolni az erőket és a mozgás időfüggését mutató grafikonokat, így elmélyítve a megértést.

Jelen munkámban ezeknek a programoknak a használata mellett arra helyeztem a hangsúlyt, hogy megvizsgáljam, hogy a fizikatanulás szempontjából mennyire hasznosak ezek a programok, vajon hatékonyabban sajátítják-e el azok a diákok a tananyagot, akik tanulás közben szimulációs programot használnak. Ennek a tanulmányozására egy nagymintás oktatási kísérletet hajtottam végre, amely kísérlet eredményeit a dolgozatban részletesen bemutatom.

Módszerek

A doktori kutatásom egy szakmódszertani kutatócsoport munkájához kapcsolódik, amely csoport már korábban is tervezett oktatási kísérleteket. Jelen tanulmány alapját képező oktatási kísérlet megtervezésekor a Design-Based Research (DBR, dizájn-alapú oktatás) módszertanát használtam. A DBR módszertan egyik alapvető tulajdonsága az iteratív dizájn, ezért már a kísérlet megtervezésekor az első lépés az előző kísérletek tapasztalatainak felhasználása volt, a felmerülő hibák kiküszöbölése, majd a kísérlet során a résztvevők visszajelzéseinek figyelembevétele a kiértékeléskor. Az adatok elemzéséhez az SPSS programot használtam, ami segítségével

végeztem el az alábbi vizsgálatokat: Cronbach-alfa, Shapiro-Wilk teszt, Mann-Whitney, korreláció analízis, tercilis vizsgálat, ANOVA és ANCOVA elemzés.

Tézisek

1. Egy gyorsuló jármű mozgása során a járműre ható erők nagysága és ezáltal a jármű indulásakor tapasztalható gyorsulás meghatározása könnyű középiskolai feladat, ha az autót pontszerűnek tekintjük és a talaj és a kerék közti súrlódási együttható kellően nagy. A valóság ennél bonyolultabb és tanórai keretek között kísérletileg nem is könnyen vizsgálható. A dolgozatban bemutattam, hogy a járművek gyorsulása, mint fizikaórai tananyag milyen módon dolgozható fel Algodoo-val. Kidolgoztam egy lépésekre bontott módszertani ajánlást, ami középiskolai szinten kezeli egy autó gyorsuló mozgásának részleteit, egy egyszerű autómódel segítségével. Szimuláció segítségével megmutattam, hogy milyen paraméterértékek mellett határozza meg az autó gyorsulását a motor nyomatéka, valamint a talaj és kerék közti súrlódási együttható, továbbá számolással igazoltam, hogy ezek az értékek a valósággal összhangban vannak. Bemutattam, hogy a program helyesen

kezel olyan részleteket is, mint a járműre ható eredő forgatónyomaték. Aminek köszönhetően a járművek gyorsulás közben nagyobb nyomóerőt fejtenek ki hátsó tengelyükre. Számítással igazoltam, hogy ennek az eltérésnek a mértéke megegyezik azzal, amit a valóságban várnánk. Szimulációval megmutattam, hogy mi a szerepe a kipörgésgátló rendszereknek. [1]

2. Jelen munkámban leírom egy a dinamika tananyag elsajátításának hatékonyságát mérő kísérlet részleteit. A kísérletben 700 diák vett részt fele-fele arányban kísérleti és referenciacsoportban. A kísérleti csoport diákjai mozgásszimulációs program segítségével tanulták a dinamikát, míg a referenciacsoport tagjai hagyományos módon. Az oktatási kísérlethez tanári szakanyagot fejlesztettem. Minkét csoport diákjai a dinamika előtt és utána is dolgozatot írtam (előteszt és utóteszt). Az eredmények kiértékelésekor kimutattam, hogy a kísérleti csoport diákjai összességében jobban megtanulták a tananyagot, mint a referenciacsoport tagjai. Az utóteszt eredményét kiértékelve, az előteszt eredményét, mint kovariánst használva azt találtam, hogy a kísérleti csoport eredménye az

utóteszten: $50,7 \pm 0,9$ %, míg a referenciacsoport eredménye: $44,9 \pm 0,9$ %. [2]

3. A dolgozatok részletesebb vizsgálata során megmutattam, hogy a két csoport közti különbség függ attól milyen iskolába járnak a diákok. Jóval nagyobb fejlődést mutattak a gyengébb iskolákba járó kísérleti csoportba tartozó diákok az ugyanabba az iskolába járó referenciacsoportos társaikhoz képest, míg erősebb iskolákban ez az különbség jelentősen kisebb volt. A különbség feltételezhető magyarázata lehet, hogy a gyengébb iskolák diákjainak motivációja kisebb a tanulásra, így az újszerű módszer, mely egyrészt jobban felkelti a tanuló figyelmét, másrészt több önálló kísérletezést tesz lehetővé azt eredményezte, hogy többet foglalkoztak a tantárggyal, mintha hagyományos módon tanultak volna. [2]

4. Az utóteszt eredményeit feladatonként is vizsgáltam. Kimutattam, hogy a kísérleti csoport diákjai minden egyes feladattípus esetén jobban teljesítettek, mint a referenciacsoport diákjai. A két csoport közti különbség viszont kérdéstípusonként eltért. A tisztán elméleti kérdések esetén a különbség összemérhető volt a SEM (az átlag standard hibája) értékével,

azonban azoknál a feladatoknál, amelyek valamilyen gyakori dinamikai tévképzethez kapcsolódtak (a mozgás fenntartásához eredő erő kell, illetve szabadon eső testekre nem hat erő) vagy grafikus problémamegoldást igényeltek a különbség jelentősen nagyobb volt (3-7-szer nagyobb, mint a SEM). [2]

5. A tananyag lezárulta után követéses vizsgálatot végeztünk el, a tananyag mély megértésének mérésére. A kísérletben résztvevő diákok kitöltötték a Hestenes-féle Force Concept Inventory-t (FCI). Az eredmények kiértékelésével kimutattam, hogy a hagyományos dolgozatoknál megjelenő különbség a kísérleti és referenciacsoport között, az iskolai feladatoktól eltérő, megértést vizsgáló feladatoknál nem kimutatható. Az FCI elemzés alapján megmutattam, hogy a grafikus feladatok esetén jobban teljesítettek a kísérleti csoport diákjai továbbá, hogy míg a hagyományos iskolai dolgozatoknál az erősebb iskolák diákjai rendre jobb eredményt értek el, a megértést vizsgáló kérdéseknél az alsó és közepes tercilis diákjai hibahatáron belül ugyanúgy teljesítettek.

6. A Force Concept Inventory kiértékelésekor kifejlesztettem egy módszert, amivel ezek a tesztek hatékonyan kiértékelhetők, ezt felhasználtam egy másik vizsgálatnál, ahol elsőéves egyetemisták teljesítményének változását vizsgáltam egy szintén Hestenes által összeállított Mechanics Baseline Test (MBT) segítségével. A vizsgálat során kimutattam, hogy mind a bevezető fizika kurzus tananyagcsökkentés, mind a kötelező házi feladatok bevezetése szignifikánsan javították a hallgatók fejlődésének mértékét és hogy ez a hatás kimagaslóan nagy volt a fizikatanár szakos hallgatók esetén. [3]

Következtetések

Doktori munkám során kimutattam, hogy mozgásszimulációs programokat középiskolai fizikaórákon lehet és érdemes is használni. A szimulációk segítenek megérteni olyan összetett jelenségeket, amiket valódi kísérlettel vizsgálni nehéz. A diákok összességében jobban megtanulják az anyagot a programok használatával, aminek egyik oka a program megjelenítési funkciói, ami segíthet kijavítani bizonyos tévképzeteket, másrészt a diákok önálló kísérletezési idejének növekedése, melynek eredményeképp többet foglalkoznak a tananyaggal és jobban el is

köteleződnek a fizika iránt. Ez a két hatás sokkal erősebben jelentkezik az általánosságban gyengébb teljesítményű tanulóknál, akik alapvetően kevésbé motiváltak tanulni. A követéses vizsgálat kimutatta, hogy az a mód, ahogy mi a program használatát beépítettük az oktatásba csak a klasszikus tanórai feladatok megértésében és megoldásában jelentett előnyt a diákoknak a hagyományos módszerekhez képest, a mélyebb megértést vizsgáló feladatoknál nem volt kimutatható különbség a két csoport között.

A tézisek alapjául szolgáló publikációk

- [1] T. Radnai, T. Tóthné Juhász, A. Juhász, és P. Jenei, „A simulation experiment using Algodoo: what force makes a car accelerate and what does the acceleration depend on?”, *The Physics Teacher*, köt. preprint.
- [2] T. Radnai, T. T. Juhász, A. Juhász, és P. Jenei, „Effect of motion simulation programs in teaching force concept”, in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, köt. 1929, sz. 1, o. 012042.
- [3] C. Wiener, T. Radnai, és P. Tasnádi, „Investigation of first-year university students’ performance”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, köt. 1929, sz. 1, o. 012089, máj. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1929/1/012089.

A tézisekhez közvetlenül nem kapcsolódó publikációk

- [4] T. Radnai, T. Tóthné Juhász, A. Juhász, és P. Jenei, „Educational experiments with motion simulation programs: can gamification be effective in teaching mechanics?”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, köt. 1223, sz. 1, o. 012006, máj. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1223/1/012006.