

HAGYOMÁNYOS VAGY DIGITÁLIS? MELYIK A NYERŐ?

Fizika házi feladatok papír alapon és digitális módban

Schnider Dorottya – Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
Hömöstrei Mihály – Budapesti Német Iskola, ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék

A fizikatanárok folyamatosan próbálnak lépést tartani az egyre fejlődő technológiákkal és lehetőségekkel a minél eredményesebb és érdekesebb fizikaórák kedvéért. Kérdés azonban, hogy minden esetben célszerű-e a jól bevált módszereket háttérbe szorítani a digitalizáció oltárán. Kutatásunk betedikes diákok digitális és kézzel írt házi feladatainak hosszútávú hatékonyságát vizsgálja, talán nem is annyira meglepő eredménnyel.

2020 tavaszán a COVID-19 koronavírus-járvány felírta a hagyományos elképzeléseket, életünk és oktatásunk is egyik pillanatról a másikra változott meg. 2020 tavasza nagy löketet adott a tanároknak innovatív módszereik kifejlesztéséhez, a digitális oktatási módszerek tökéletesítéséhez.

Az iskolák bezárása miatt a hagyományos tanítás nem valósulhatott meg, a tantermen kívüli digitális oktatásé lett a főszerep. Kollégákkal beszélgetve azt tapasztaltuk, hogy ez a fogalom sokak számára nem tisztázott. Van, aki a füzetbe készített jegyzet lefotózását kérte, van, aki videóra veszi magyarázatát, és azt

tölti fel a tanulóknak, egyesek online órákat tartanak videochaten, mások azon keresztül íratnak dolgozatot. Ez mind belefér a digitális oktatásba? A tantermen kívüli munkarendben megvalósuló oktatás fogalmába igen. A távoktatás így nem összekeverendő a digitális oktatással, tavasszal tantermen kívüli munkarendben dolgoztunk, amely lehetőséget adott hagyományos technikáink megtartására is. Bizonyos esetekben a digitális oktatás nem megvalósítható. Sok háztartásban problémát okoz a digitális eszközök beszerzése, előfordul, hogy a lakásban nincs internetkapcsolat sem, így nincs lehetőségünk a hagyományostól eltérő oktatási módszerek alkalmazására. Ugyanakkor sokszor indokolt élnünk a digitalizáció adta lehetőségekkel, tanóráinkat digitális eszközök használatával színesítenünk. A digitalizáció az új eszközök használata mellett új szemléletet is ad az új eredmények elérése érdekében. *Mit adhat a digitalizáció egy fizikatanárnak? Hagyományos módszerekkel vagy digitális módon szerezhető hosszútávú, biztos tudás?* Kutatásunkban a fenti kérdésekre kerestük a választ.

Hagyományosan a digitális világban

Vajon mennyi papír fogyott a tavaszi távoktatás alatt? Tanárként biztosan kevesebbet használtunk, ugyanakkor iskolás családtagjaink számára a laptop, mikrofon és kamera mellett szükség volt papírra, füzetre és íróeszközre is. Hiába a digitális platform, a kézírás szerepe, a jegyzetelés fontossága továbbra is érvényben maradt. *Írd le, fotózd le, küldd be!* – adtuk ki sokan az instrukciót. Ennek oka, hogy szeretnénk volna meggyőződni arról, vajon diákjaink a megfelelő tempóban haladnak, részt vesznek az „órai” munkában? Valamint biztosra akartunk menni, hiszen számos kutatás eredménye támasztja alá a kézírás kognitív folyamatokra gyakorolt fejlesztő hatását. A fejlesztő hatás neurobiológiai úton magyarázható. Kézírás során az agy Broca-területe jelentős mértékben aktiválódik, míg egyáltalán nem lép működésbe gépirás közben. A Broca-terület megfelelő működése a finommotorikával szoros kapcsolatot mutat, ugyanakkor a kommunikáció során is jól érvényesül, így a nyelvi készségek fejlődését is garantálja. Kézírás során nemcsak úgy írunk valamit, hanem gondolkodunk, alkotunk, ezáltal

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap KDP programjának támogatásával készült.



Schnider Dorottya 2020-ban végzett az ELTE-n angol nyelv és kultúra – fizika szakos tanárként. 2019 szeptembere óta a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium fizikatanára. A diploma megszerzését követően felvételt nyert az ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Programba, ahol a mechanika interdiszciplináris tanításának és a tanulói kísérletek fejlesztési lehetőségeit vizsgálja.



Hömöstrei Mihály 2006-ban végzett az ELTE fizikatanári szakán. 2014 óta a magyar IYPT csapat felkészítő csapatának tagja, 2016 óta az ELTE Anyagfizikai Tanszékén tanít szakdidaktikai tantárgyakat, 2018 óta a Budapesti Német Iskola fizikatanára. MOL Mester-M (2010) és Ericsson-díj (2020) birtokosa.

fejlődik kreativitásunk és személyiségünk is [1]. A magasabb agyi aktivitás az oka, hogy amit kézzel jegyzetelünk, azt könnyebben megjegyezzük, mint a géppel írt tananyagot. Kutatás támasztja alá, hogy az egyetemi vizsgákon eredményesebbnek bizonyulnak azon hallgatók, akik kézzel írt jegyzetet készítenek, mint a laptopon jegyzetelő társaik [2].

A hagyományos módszerek, ezáltal a kézírás fejlesztő szerepe jelentős. Mennyiben nyújt mást a digitális oktatás?

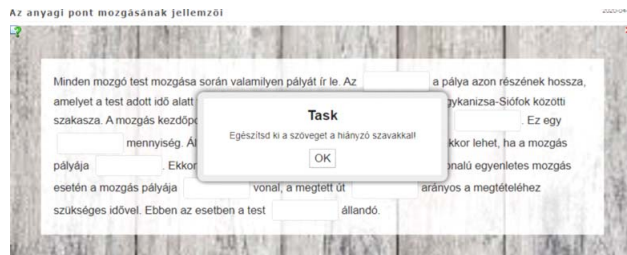
Digitális fizikaoktatás

Fizikaórán sokszor indokolt a digitális eszközök használata, nemcsak távmunkavégzés során. Egy mérés kiértékelése sokkal idő- és energiahatékonyabb lehet táblázatkezelőben végezve, szemmel nem látható folyamatokat animációk, illetve szimulációk segítségével tehetünk „láthatóvá”, továbbá lehetőségünk van nagyon lassan végbemenő jelenségeket vizsgálni, vagy egy gyorsabb mozgást lelassítani és kielemezni. Megfelelően alkalmazva az IKT (információs és kommunikációs technológiák) valóban hasznos lehet, a tanítás-tanulási folyamatot támogatja, és használata közben tudásépítés történik. Ez a digitális oktatás lényege. A digitális oktatás ugyanúgy magában foglalja a hagyományos technikákat is, kihasználva az innovatív lehetőségeket [3]. A hagyományos oktatást egészíti ki, nem pedig azt helyettesíti, főként nem a hagyományost digitalizálja.

Hogyan adhat pluszt egy számítógép a fizikaórához? A számítógép fizikaórán lehet oktatási eszköz, kísérleti és demonstrációs eszköz, valamint a gyakorlás eszköze [4]. Oktatási eszközként segít a tananyag eredményes feldolgozásában, az igényes felkészülést és a színvonalas tanári munkavégzést támogatja. Kísérleti eszközként használható számos mérés során, demonstrációs eszközként pedig olyan jelenségek szemléltetését teszi lehetővé, amelyek hagyományosan nem feltétlenül oldhatók meg.

A papír alapú gyakorlás, házi feladat-írás mellett a számítógép számos módot ad az órai és otthoni gyakorlásra is. Rengeteg oktatóvideót találunk video megosztó portálokon, több mint 100 szimulációt és animációt a PhET-en [5], ugyanakkor ahhoz, hogy megfelelő módon kerüljön feldolgozásra a bemutatott tananyag, egy jól felépített, feldolgozást segítő feladatlagra, kérdéssorra is szükség van. A digitalizáció lehetővé teszi, hogy a diákok önállóan, saját tapasztalataik útján építsék fel tudásukat, a tanulási folyamatokban való aktív részvételre ösztönöz. A kiadott kérdések segítségével tanárként irányíthatjuk ezen folyamatokat, és mint egy „tutor” mentorálhatjuk diákjainkat az önálló, mégis kontrollált munka során [6].

A feladatlapon megszerkeszthető online tesztfeladatként, így a diákok beküldés után azonnal értesülhetnek megoldásaik helyességéről. Használhatunk ugyanakkor egyéb lehetőségeket is, amelyek segítsé-



1. ábra. Lyukas szöveg (cloze test) a learningapps-en.

gével szívesebb, izgalmasabb lehet a tananyag feldolgozása. A <https://learningapps.org> számos olyan feladattípus, játék elkészítését teszi lehetővé, amelyek elvégzésével a diákok játékos módon, önállóan gyakorolhatnak. Az 1. ábra¹ egy lehetséges feladatötletet mutat be.

A cél lehetőséget biztosítani, hogy a diákok ne csak passzív befogadóként legyenek jelen, hanem aktívan vegyenek részt a munkában.

Hagyományos és digitális fizika házi feladatok – Melyik módszer a hatékonyabb?

A hagyományos, papír alapú és a digitális fizikaoktatási módszerek hosszútávú tudás megszerzésére gyakorolt hatását a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium 7.a osztályos tanulóinak körében mértük – még a vírushelyzet miatti távoktatás időszaka előtt. Vizsgálatunkban a kinematika témakörében kiadott házi feladatok különböző módon történő megoldására fókuszáltunk. A fizikaórán a diákok egyaránt találkoztak hagyományos és digitális feladatokkal, a diákoknak a legtöbb órára házi feladatot kellett készíteniük. A vizsgálathoz az osztályt két részre osztottuk, az egyik fél papír alapú feladatsort dolgozott ki, míg a másik fél a tanár által létrehozott online osztályteremben, a *Google Classroom*² oldotta meg a feltöltött feladatokat. Kutatásunk során mérhető eredményt szeretnénk volna kapni az egyes módszerek hatékonyságáról, a hosszútávú információraktározásban betöltött szerepéről. Kutatási eredményeinket a diákok témazáró és follow-up teszten elért eredményei szolgáltatták. A kapott adatok kiértékeléséhez statisztikai hipotézisvizsgálatot végeztünk. A *JASP*³ statisztikai elemző program segítségével normalitásvizsgálat után páros t-próbát használtunk, amely alapján következtettünk a módszerek eredményességére.

A feladatok

A házi feladatok megszerkesztése során ügyelnünk kellett arra, hogy azok papír alapon és digitálisan is megoldhatók legyenek. A fenti leírás alapján a számí-

¹<https://learningapps.org/display?v=pq1ev8f2a20>

²Google Classroom: <https://classroom.google.com>

³JASP statisztikai elemző szoftver: <https://jasp-stats.org>

1. A 4 m magasból leejtett labda 3 m magasra pattan vissza. Mennyi ekkor a megtett útja és az elmozdulása?
2. Mihez viszonyítva igaz a hajó kapitányának kijelentése: „Közeledik a kikötő”?
3. A „felkel a Nap” és a „lenyugszik a Nap” kijelentés milyen vonatkoztatási rendszerben érvényes?
4. Mit állíthatunk a víz és a part mozgásáról a folyóba dobott labdához viszonyítva?

2. ábra. A testek mozgása feladatlap papír alapon ([7] 27–31.).

tógép számos kreatív ötletet rejt magában, amelyekkel érdemes élnünk. Figyelnünk kellett arra, hogy a két csoport ugyanazt a feladatsort kapja, a feladatok szövege és mennyisége megegyezett. A feladatokat elsősorban a Mozaik kiadó tankönyvéből [7] választottuk. Házi feladatként főként a tankönyvi „Gondolkozz és válaszolj!” rész kérdéseinek megválaszolását kértük indoklással, de előfordultak egyszerűbb, rövidebb számolási feladatok is. A digitális feladatok megszerkesztésekor törekedtünk arra, hogy a hagyományos jellegű a minimálisra csökkentsük.

Az alábbiakban néhány házi feladatot szeretnénk részletesebben bemutatni.

A *testek mozgása* című leckéhez tartozó feladatok az anyagi pont mozgásának jellemzőit és a vonatkoztatási rendszerekről tanultakat kérik vissza megértés szintjén (2. és 3. ábra).

A kifejtést igénylő válaszok online megadásakor egy írásjelkülönbség miatt is helytelennek tekinti a megoldást a rendszer (3. ábra), viszont a dokumentum tulajdonosának lehetősége van egyéni visszajelzést küldeni minden válasz után, illetve manuálisan változtatni a pontszámokon. A tapasztalatok alapján ugyanazokat a feladatokat papír alapon és digitálisan nem célszerű ugyanolyan módon megoldani. Emiatt a következő online házi feladatok létrehozásakor figyeltünk arra is, hogy a korábbi automatikus javításból adódó problémákat kiküszöböljük, és digitálisan is értelmesen megválaszolható kérdéstípusokat állítsunk be.

Figyelnünk kellett arra is, hogy a számolási feladatok megoldása során a diákok lehetőleg ne használjanak papír alapú (4. ábra) technikákat. Ne oldják meg írásban a feladatot, mielőtt a megadott válaszlehetőségek közül kiválasztják a megfelelőt. Ezt úgy küszöböltük ki, hogy minden egyes számolást igénylő feladathoz különböző megoldási javaslatokat tettünk, begépeltek a műveletsort, így a helyes megoldást a diákok konkrétan készen kapták, egy kattintással kellett kiválasztaniuk azt (5. ábra). A hagyományosan dolgozó diákoknak nem volt ilyen könnyi-

4. ábra. Egyenes vonalú egyenletes mozgás. Papír alapú feladatsort ([7] 31–32.).

1. Egy fecske sebessége 20 m/s. Mekkora utat tesz meg 30 s alatt?
2. Egy metró szerelvénye egyenes vonalú egyenletes mozgással 10 másodperc alatt 50 m utat tesz meg. Mennyi ekkor a sebessége?
3. Mit mutat meg az egyenletesen mozgó test sebessége?
4. Hogyan magyaráznád? Az ugyanabban a vonatban ülő utasok egymáshoz viszonyított sebessége 0 m/s, míg a sínekhez képest 20 m/s.

2. Mihez viszonyítva igaz a hajó kapitányának kijelentése: „Közeledik a kikötő”? * / 0

A hajóhoz viszonyítva

Helyes válasz

A hajóhoz viszonyítva.

Egyéni visszajelzés hozzáadása

3. A „felkel a Nap” és a „lenyugszik a Nap” kijelentés milyen vonatkoztatási rendszerben érvényes? * / 0

Földhöz rögzített vonatkoztatási rendszerben ✓

Naphoz rögzített vonatkoztatási rendszerben

Egyéni visszajelzés hozzáadása

3. ábra. Részlet a *Testek mozgása* online feladatsort válaszlappjából.

tés, nekik az órán tanultak alapján kellett végiggondolniuk a megoldás módját, és a tanult összefüggés megfelelő alakjának használatával leírniuk azt a fizetbe. Ezzel az eljárással próbáltuk elérni, hogy a diákok „digitális” csoportjának jelentős része – később látjuk, hogy körülbelül 50% – tényleg csak digitálisan, másik része csak kézzel írta meg a feladatokat.

Számolási feladatok elsőként az *egyenes vonalú egyenletes mozgás* témakörében fordultak elő. A megfelelő összefüggés alkalmazása mellett a feladatok megoldásához mértékegység-átváltásra is szükség volt. Az online feladatlap megszerkesztésekor egyenlet, szimbólumok és törtjel beszúrására nem volt lehetőségünk (5. ábra), ami mindenképpen a program hátránya.

Tapasztalataink alapján, az online válaszok azonnali ellenőrzési lehetősége fokozza a kedvet a házi feladatok megoldásához, emellett a pontgyűjtés is motiváló szerepet tölthet be. Az online dokumentum tesztfeladatként szerkesztve lehetőségünk van pontszámokat rendelni a helyes megoldásokhoz. Megfigyeltük, hogy mivel a teszt folyamatosan elérhető volt, így lehetővé téve a többszöri válaszadást is, szinte mindegyik diák addig próbálkozott a kitöl-

5. ábra. Részlet az *Egyenes vonalú egyenletes mozgások* online feladatsorból.

1. Egy fecske sebessége 20 m/s. Mekkora utat tesz meg 30 másodperc alatt? * 5 pont

$s=v \cdot t=10 \cdot 30=300$ m

$s=v/t=10:30=0,33$ m

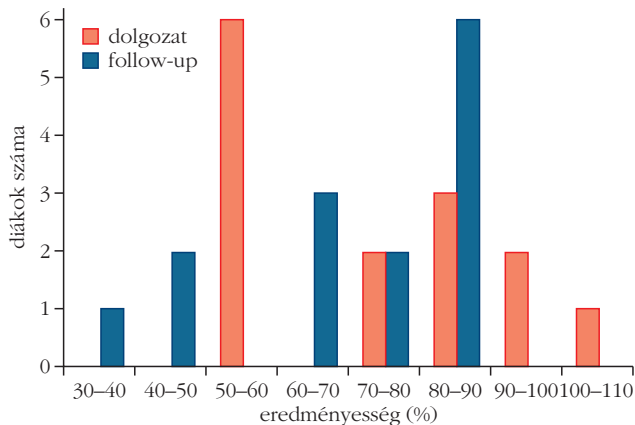
$s=t/v=30:10=3$ m

2. Egy metró állandó sebességgel mozog egyenes pályán. 10 másodperc alatt 50 m utat tesz meg. Add meg a jármű sebességét! 5 pont

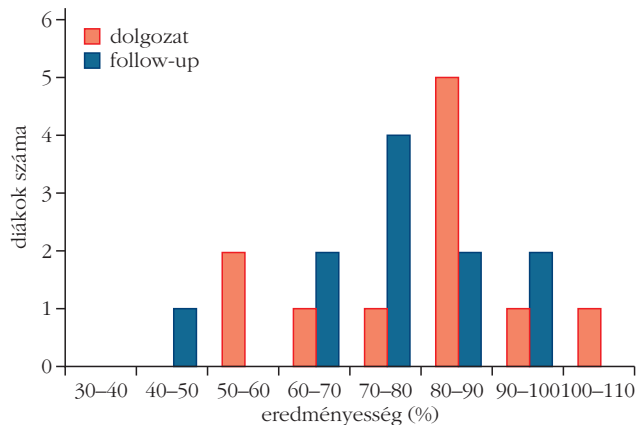
$v=s \cdot t=50 \cdot 10=500$ m/s

$v=t/s=10:50=0,2$ m/s

$v=s/t=50:10=5$ m/s



6. ábra. A „digitális” csapat (14 fő) dolgozat- és 2 hónappal későbbi follow-up teszt eredményeinek eloszlása.



7. ábra. A „hagyományos” csapat (11 fő) dolgozat- és 2 hónappal későbbi follow-up teszt eredményeinek eloszlása.

téssel, amíg tesztjük hibátlan nem lett. Tanárként lehetőségünk volt az összes tanuló munkáját ellenőrizni, és egyenként visszacsatolást adni. Ezek papír alapon nehezen kivitelezhetők. Hagyományosan nincs azonnali ellenőrzés, a diákok bizonytalanok megoldásuk helyességében, a visszajelzés hiányában nincs lehetőségük újra és újra visszatérni egy adott feladatra. Érdekes a helyes végeredményt a kiadott feladatsoron zárójelben közölnünk. A következő óra elején ugyan közösen ellenőriztük a házi feladatokat, viszont tanárként mindenképpen nehéz ily módon nyomon követni, hogy kinek miben van szüksége további segísre és magyarázatra. A kiadott feladatlapon nem megfelelő rendszerezése esetén azok eltűnhetnek, így hiába található meg a megoldás a füzetben, a diákok mégsem tudják a feladathoz kötni. Emiatt a tanulóknak érdekesebb a rendelkezésre álló tankönyv feladatait megoldani, vagy a digitális megoldáshoz folyamodni, hiszen ily módon a feladatlapon bármikor és bárhol elérhetők.

különbségekre a *Shapiro–Wilk-tesztet* [8] alkalmazva belátható, hogy azok normális eloszlást követnek [9]. (Digitális házi feladat esetén: $W = 0,988$ és $p = 0,999$, papír alapú házi feladat esetén: $W = 0,908$ és $p = 0,232$.)³

Mivel a vizsgált adatok normális eloszlásra illeszkednek, emiatt páros t-próbával [10] vizsgáltuk, hogy a különböző módon házi feladatot megoldók saját dolgozata és a 2 hónappal későbbi follow-up teszt eredményei között jelentkezik-e szignifikáns eltérés.

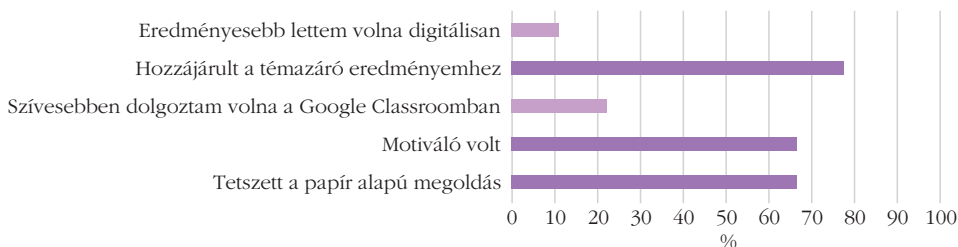
A follow-up teszt megírása után kapott adatokat kiértékelve azt tapasztaltuk, hogy a két csoport dolgozateredményei között ugyan nem jelentkezik szignifikáns különbség, még akkor sem, ha a hagyományos módon dolgozó diákok a follow-up teszten átlagosan jobban teljesítettek a „digitális” csapatnál. Viszont szignifikáns romlás figyelhető meg az online házi feladatot írók témazáró és follow-up teszten elért eredményei között ($t = -2,114$, $df = 13$, $t_p = 1,77$, $p = 0,054$). A hagyományosan dolgozó diákok körében

Eredmények

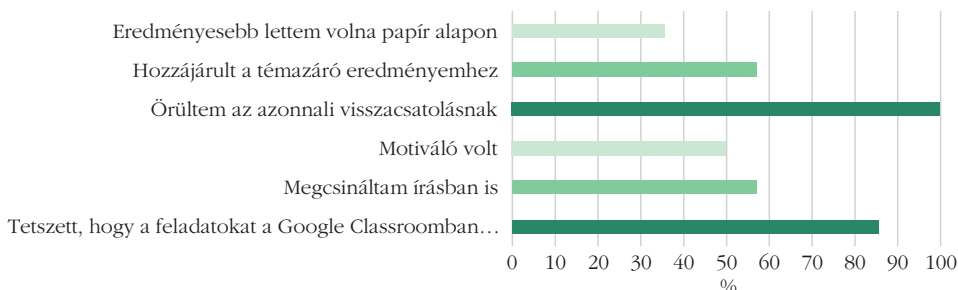
A vizsgálat során megnéztük, hogy az egyes módszerek milyen módon vesznek részt a hosszútávú tudás kialakításában. A témakör befejezését követően a hetedikesek témazáró dolgozatot írtak, amelyet körülbelül 2 hónappal újra megírtunk velük (follow-up teszt) annak érdekében, hogy megfigyeljük az egyes módszerek tudás elmélyítésében betöltött szerepét (6. és 7. ábra).

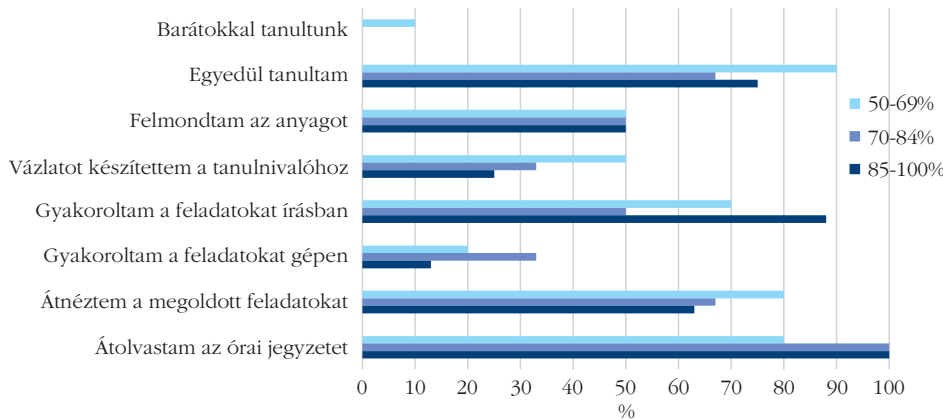
A témazáró és follow-up teszten elért eredmények között jelentkező

8. ábra. A hagyományos módon házi feladatot írók véleménye a hagyományos, papír alapú oktatási módszer hatékonyságáról.



9. ábra. A digitális módon házi feladatot megoldók véleménye a digitális oktatási módszer hatékonyságáról.





10. ábra. Az osztályra jellemző tanulási stratégiák. A grafikon bemutatja, hogy a kérdőívet kitöltő, a dolgozaton adott százalékokat elért diákok hány százaléka jelölte meg a tanulási szokásokra vonatkozó megadott állításokat.

hasonló eltérés nem mutatkozott ($t = -0,784$ $df = 10$, $t_p = 1,81$, $p = 0,045$).³

A hagyományos módon házi feladatot megoldók dolgozat- és follow-up eredményei nem mutattak szignifikáns eltérést, a módszer nem befolyásolja a diákok teljesítményét. Azonban hosszú távon a digitális módon megszerzett tudásban romlás mutatkozik. Hosszú távon egyértelmű különbség jelentkezik a két módszer hatékonysága között.

Fontos megjegyezni, hogy kutatásunkban azonos mennyiségű feladatot kaptak a két csoport tagjai. A digitális feladatmegoldáshoz jó eséllyel kevesebb időre van szükség, s az így felszabadult időben a diákok akár plusz feladatokat is kaphatnának. A hosszútávú eredmény romlása az ilyen plusz feladatokkal esetleg kiküszöbölhető, azonban ez a kérdés további vizsgálatokat igényelne.

Az egyes módszerek motiváló szerepét, illetve a diákok általi megítélését attitűdtesztel mértük. A kérdőív a válaszadók fizika tantárgyhoz való hozzáállását és tanulási szokásait mérte fel, emellett a diákok házi feladat-megoldással kapcsolatos véleményét is megismerhettük. A diákok 4-fokú Likert-skálán jelölhették véleményüket a házi feladatok megoldási módjaival kapcsolatban. Saját tanulási szokásaikról, a számukra ideális tanulói környezetről rövid kifejtős válasz formájában írhattak. Megnéztük, hogy a kérdőívben szereplő állításokat a diákok hány százaléka jelölte meg, az eredményeket diagramokon keresztül mutatjuk be (8. és 9. ábra).

Látható, hogy még a digitális házi feladat-írás sem motiváló. Azonban a digitális megoldás mellett szól, hogy azonnali visszajelzést ad a diáknak, valamint érdeklő a tanulókat. A 13 éves fazekasos diákok az írásbeli válaszaikban megfogalmazták, hogy eredményesen csak hagyományos módon tudnak tanulni. Ezt erősíti továbbá, hogy a digitális módon dolgozó diákok körülbelül fele a kiadott házi feladatokat papír alapon is megoldotta.

A 10. ábra a tanulókra jellemző tanulási stratégiákat mutatja be.

A diagramról leolvasható, hogy a dolgozaton 85% fölött teljesítő diákok nagy része önállóan tanult az

órai jegyzetből, valamint az órán megoldott feladatokat újra átgyakorolta. Fontos, hogy tanárként megfelelő vázlattal segítsük diákjainkat, érdemes kiemelni, hogy a feladatokat nem elég csak átnézni, igazán eredményesek csak megfelelő gyakorlással lehetünk.

Összegzés

A 2020 tavaszi távmunka-végzés lehetőséget adott arra, hogy a tanárok több-

sege belekóstoljon a digitális világba. Fizikatanárként az IKT eszközök megannyi lehetőséget adnak kezünkbe, amelyek módszertanilag megfelelő használata eredményre vezethet, pótolhatja a szertár hiányosságait, valamint biztosíthatja a diákok számára az aktív tanulást, illetve a felfedezés örömeit. Fontos kiemelni, hogy a hatékony digitális tanulás akkor tud megvalósulni, ha a digitális *kiegészíti* a hagyományost, nem pedig helyettesíti azt. A két módszer együtt alkot igazán eredményes párost. Kutatásunk eredménye alátámasztja, hogy diákjainknak ugyan van igényük a digitális eszközök tanórai használatára, viszont az ő meggyőződéseik alapján is a legeredményesebbek hagyományos úton lehetünk. Láthattuk továbbá, hogy a digitálisan szerzett tudás raktározása hosszú távon szignifikáns romlást mutat a hagyományos, papír alapú módszerekkel szerzett ismerethez képest. Mélyebb, alaposabb tudásra tehetünk szert hagyományos tanulói környezetben, hagyományos tanulási módszereket alkalmazva.

Irodalom

- Sallai É.: A kézírás személyiségfejlesztő hatása. Beszélgetés Hámmori József agykutató professzorral. *Új köznevelés* 72/2 (2016). <https://folyoiratok.oh.gov.hu/uj-kozneveles/lapszamok/2016-2>
- P. A. Mueller, D. M. Oppenheimer: The Pen Is Mightier Than the Keyboard: Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking. *Psychological Science* 25/6 (2014) 1159–1168. DOI: 10.1177/0956797614524581
- Papp-Danka A.: *Az online tanulási környezettel támogatott oktatási formák tanulásmódszertanának vizsgálata*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2014.
- Juhász A. et al.: *A fizika tanítása a középiskolában I*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015.
- <https://phet.colorado.edu>
- Polonyi T., Abari K., Horkai A., Tiszai K.: *Digitális tanulás és tanítás az iskolában*. (2018).
- Bonifert D-né et al.: *Fizika 7. Mechanika, hőtan*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2007.
- Pataki A.: *A többváltozós Shapiro–Wilk tesztek vizsgálata*. Ph.D. doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem Közgazdaságtani Doktori Iskola, Budapest, 2001.
- D. Graham: *Checking for Normality in JASP*. (2020). <https://www.youtube.com/watch?v=41eOkYHkRSQ&t=251s>
- Fidy J., Makara G.: *Biostatisztika. Két összetartozó minta összehasonlítása*. (2005). <https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-1/ch08s03.html>