

Értékelés

Minden feladatra maximálisan 5 pontot lehetett kapni. A maximális 50 pontból a Szenior kategóriások legjobbjának 37-et, a Juniorok legeredményesebbjének pedig 34 pontot sikerült szereznie.

A Szenioroknál a leggyengébben a 13. feladat sikerült; erre a maximálisan lehetséges pontszám (5) helyett az átlagosan elért eredmény mindössze 1,84 volt. Meglepő módon a Junioroknál az első és a harmadik feladat sikerült leggyengébben, az átlag mindkettőnél

1,10 volt. Az 5., 8., 10., és 11. feladatok kivételével valamennyi feladatra érkezett tökéletes (5 pontos) megoldás is. Az 5., 10. és 11. feladatra maximum 4 pontos megoldások érkeztek, míg a 8. feladatnál maximum 3 pontot értek el a Junior tanulók.

A legjobb átlagos pontszámot a második feladatra érték el a Szenior kategóriás versenyzők (4,11), a Junior tanulók legjobb átlagát (3,20) a kilencedik – kifejezetten Junior versenyzők számára készült – feladattal találtuk.

(Folytatjuk)

BIG BANG FIZIKAKURZUS ELEKTRONIKUS TANULÁSTÁMOGATÁSSAL – 1. rész

Keresztesi Miklós

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar

A huszonegyedik század elejére a természettudományos képzés háttérbe szorult,¹ a reáltantárgyak és -pályák kedveltsége visszaesett. *Csapó Benő* vizsgálata szerint a 11. osztályos tanulók a fizika kedveltségét az 1–5 skálán 2,5-re értékelték.² Ez a legalacsonyabb érték a reáltantárgyak között. Az alacsony kedveltség következménye, hogy kevesen jelentkeznek fizika-alapozó tárgyat tanító felsőoktatási intézménybe, kevesen akarnak fizikusok, fizikatanárok lenni.

A Big Bang,³ ingyenes fizikakurzussal célunk a fizika tantárgy iránti érdeklődés felkeltése. Célcsoport a középiskolák 11. osztályos tanulói. A fizikatanárokkal úgy szeretnénk együttműködni, hogy számottevően ne emelkedjen terhelésük. Ennek érdekében rendszerünket elektronikus tanulástámogatással fej-

lesztettük Moodle eLearning felületen, automatizált távoktatással. A PTE Informatikai és Innovációs Igazgatóság eLearninges számítógépe kész az ország bármely településéről jelentkező tanulók fogadására.⁴

Az oktatás tartalma

A kurzus tartalmi anyaga a fizika huszadik századi fejlődésének egy jelentős szelete, amely megismételhetetlenül szép és egyedülállóan csodálatos történet.⁵ Az *1. ábrán*⁶ huszonkilenc kutató látható az 1927-es Solvay-konferencián, közülük tizenhét Nobel-díjas volt vagy lett.

A huszadik század első évtizedeiben tudományos körökben elfogadott volt az Univerzum statikussága, amelyet kezdetben (1933-ig) *Einstein* is képviselt. Az ó- és középkortól örökölt statikus világszemléletet az állandóság és a fejlődést tagadó tulajdonság jellemezte. Az *1. ábrán* az első széksor közepén ül az őszülő Albert Einstein, aki 1915-ben hozta nyilvánosságra gravitációs egyenletét (*2. ábra*, felső egyenlet). Félt, hogy a gravitációt, az időt és a teret ötvöző modellje gravitációsan összeomlik, ezért 1917-ben beiktatta egyenletébe az antigravitációs tulajdonságú Λ kozmológiai állandót (*2. ábra*, alsó egyenlete).

1922-ben *Alexander Friedmann* orosz-szovjet elméleti fizikus megoldotta Einstein egyenletét és azt kapta, hogy a téridő görbülete időben változik. Észrevette, hogy az einsteini egyenlet az Univerzum egészét modellezi. Friedmann azt is megállapította, hogy

A kurzust a Pécsi Tudományegyetem és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat közösen üzemelteti.

¹Józsa Krisztián, Lencsés Gyula, Papp Katalin: Merre tovább iskolai természettudomány? Vizsgálatok a természettudomány iskolai helyzetéről, a középiskolások pályaválasztási szándékairól. *Fizikai Szemle* 46/5 (1996) 167–170.

²Csapó Benő: A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia* 100/3 343–366.

³Fred Hoyle angol matematikus, csillagász nem fogadta el az ősrobbanás-elméletet, az állandó állapotú Világegyetemben hitt. Gúnyból találta ki a Big Bang nevet. Az ősrobbanás-elmélet híveinek ez a név megtetszett és átvették.



Keresztesi Miklós fizika–matematika és a műszaki ismeretek tanár. 1964-től nyugdíjazásáig a tanárképzőn, majd a PTE TTK-n dolgozott; elektronikát, számítógépes és mikroprocesszoros irányítást tanított, számítógéppel támogatott távoktatási kurzusokat tartott. Tíz évig működött az általa fejlesztett informatika, kiegészítő szakos tanárképzés, offline számítógépes irányítás. A 2010-es években szaktárgyához eLearninges kérdésbankot fejlesztett és online vizsgáztatott.

⁴A kurzusra a következő címen lehet jelentkezni: Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Ujvári Sándor, ujvasa36@gmail.com

⁵*Ember az erőtérben*. Staar Gyula beszélgetése Nagy Károly akadémikussal; <http://forrasfolyoirat.hu/0410/staar.html>

⁶*Ritka történelmi fotók*. Solvay-konferencia, 1927. <https://rarehistoricalphotos.com>

Brussels Solvay Conference 1927



Álló sor: Auguste Piccard, Émile Henriot, Paul Ehrenfest, Édouard Herzen, Théophile de Donder, Erwin Schrödinger, Jules-Émile Verschaffelt, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg, Ralph Howard Fowler, Léon Brillouin. **Középső ülő sor:** Peter Debye, Martin Knudsen, William Lawrence Bragg, Hendrik Anthony Kramers, Paul Dirac, Arthur Compton, Louis de Broglie, Max Born, Niels Bohr. **Elöl ülnek:** Irving Langmuir, Max Planck, Marie Curie, Hendrik Lorentz, Albert Einstein, Paul Langevin, Charles Eugène Guye, Charles Thomson Rees Wilson, Owen Willans Richardson.

1. *ábra.* Ernest Solvay belga szódagyáros alapította az úgynevezett Solvay-konferenciákat. Az ötödik fizikai Solvay-konferenciát 1927-ben Brüsszelben tartották. Középen az ősz Albert Einstein ül, mellette jobbra Hendrik Lorentz, a konferencia elnöke. Az egyetem előtti csoportképen a 29 résztvevő látható, közülük 17-en már akkor vagy később lettek Nobel-díjasok. Ők 29-en a huszadik századi fizika legkiválóbb formálói (fotó: Benjamin Couprie, Brussels, Belgium).

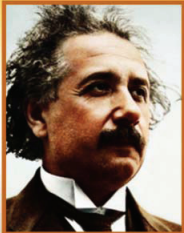
a felső egyenlet egyaránt tartalmazza a gravitációs-antigravitációs tulajdonságot, ezért az alsó egyenlet kozmológiai állandós tagja felesleges. Friedmann korai halála meggátolta abban, hogy a téma vizsgálatával tovább foglalkozzon.

1927-ben *Georges Lemaître* belga elméleti fizikus is – Friedmann munkásságát nem ismerve – megoldotta Einstein gravitációs egyenletét. Nála is időben változott a téridő görbülete, ezt egybevetette csillagászati adatokkal. Kimondta, hogy az Univerzum tágul. A jelenből a múlt felé haladva, az Univerzum mérete egyre kisebb lesz. Eljutunk egy ponthoz, ez az Univerzum kezdete. Elméleti úton levezette még a távolodó galaxisok távolság-távolodási sebesség egyenes arányosságát mutató egyenletet (mai neve Hubble–Lemaître-törvény). Lemaître az einsteini gravitációs egyenletekre támaszkodva 1927-ben nyilvánosságra hozta ősrobbanás-elméletét. Még ebben az évben az 1927-es Solvay-konferencián Lemaître és Einstein találkoztak. Einstein mondta: „Az ön számításai hibátlanok ugyan, de fizikája visszataszító.” 1929-ben *Edwin Hubble* amerikai csillagász mérte a tá-

voli galaxisok fényének vöröseltolódását és ezt összefüggésbe hozta az Univerzum tágulásával. Tehát az Univerzum nem lehet statikus. 1930-ban *Arthur Stanley Eddington* angol fizikus behatóan vizsgálta Einstein kozmológiai állandós egyenletét és arról megállapította, hogy instabil világot modellez.

1933-ban a kaliforniai Pasadena csillagvizsgálójában találkozott Einstein és Hubble. Ekkorra Einstein elfogadta a távoli galaxisok spektrumában mért vö-

2. *ábra.* Albert Einstein 1915-ben hozta nyilvánosságra gravitációs egyenletét (felül). Félt, hogy ez a matematikai modell gravitációsan összeomlik, ezért 1917-ben egyenletébe beiktatta az antigravitációs tulajdonságú, kozmológiai állandót (Λ) tartalmazó tagot (alsó egyenlet). 1922-ben Alexander Friedmann, 1927-ben Georges Lemaître, 1929-ben Edwin Hubble és 1930-ban Arthur Stanley Eddington kutatásai nyomán Einstein elvetette a kozmológiai állandót (1933) és visszatért eredeti, 1915-ös egyenletéhez.




Einstein eredeti egyenlete : $G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$


Kiegészített egyenlet: $G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

A téridő görbülete \uparrow \uparrow Kozmológiai állandó


\uparrow Tömeg, energia eloszlás




Friedmann



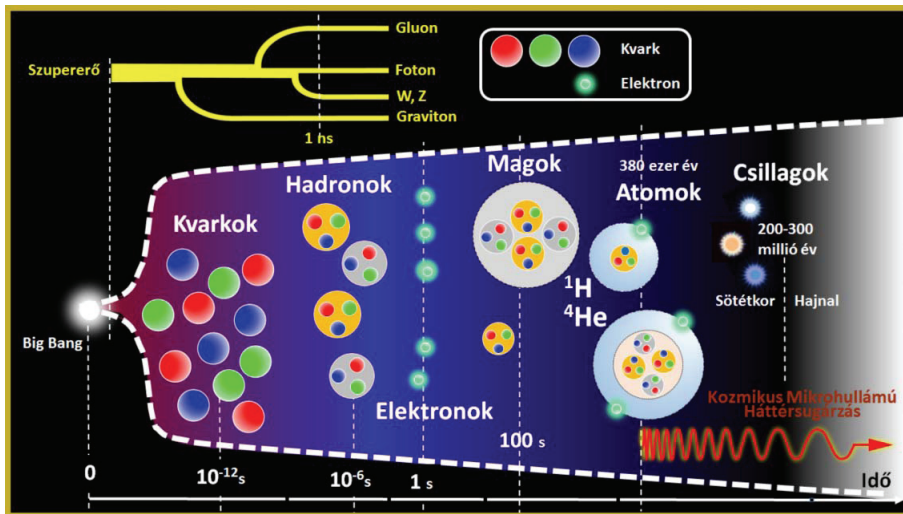
Lemaître



Hubble



Eddington



részecskefizikai folyamatokhoz időpontok, időtartamok rendelése az Univerzum fejlődésében (3. ábra).

Big Bang utáni 1 ps időpontban rendelkezésre álltak kölcsönhatások (az ábrán sárga) és kvarkok, gluonok. 1 μ s-nál a kvarkok hadronba (proton, neutron) záródtak. 1 s-nál megjelentek az elektronok. Protonokból, neutronokból az atommagképződés 100 s időpontban megtörtént. A Big Bang után 380 ezer évvel a hőmérséklet 2900 K alá csökkent, a pozitív atommagok elektronokat fogtak be és tartottak meg. Kialakultak a semleges atomok. Ekkor az Univerzum átlátszóvá vált, elindult a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás. A sugárzás közel 13,8 milliárd évig úton volt, közben az Univerzum tágult, hűlt. A sugárzás hullámhossza megnyúlt, eltolódott a rádióhullámok tartományába. 1965-ben ezt a – Gamow-csoport által előre jósolt – jelet észlelte Penzias és Wilson. A könnyű atomok (H, He, ...) az ősrobbanás folyamatában keletkeztek.

3. ábra. A kvark 10^{-12} s időpontban elemi részecskéként rendelkezésre állt az összetett rendszerek kialakulásához. A gluon, az erős kölcsönhatás közvetítő részecskéje a szupererőről vált le. 1 μ s időpontban a kvarkok tömegesen hadronokba záródtak. Az elektronok 1 s időpontban jelentek meg. Az ősrobbanás utáni 100. másodpercben keletkeztek a könnyű atommagok. A Big Bang után 380 ezer évvel elektronbefogással jöttek létre a könnyű, semleges atomok. Elindul a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás. A Big Bang után 200-300 millió évvel felragyogtak az első csillagok.

résletolódásból következően az Univerzum tágulását. Tehát az Univerzum nem statikus, hanem dinamikus. Einstein elvetette a kozmológiai állandós egyenletét. Elfogadta azt is, hogy a 2. ábra felső egyenlete gravitációt-antigravitációt egyaránt tartalmaz.

Ugyanebben az évben, ugyancsak a pasadenai csillagvizsgálóban Lemaître előadta ősrobbanás-elméletét. Einstein is jelen volt az előadáson és így gratulált: „Ez a teremtés leggyönyörűsebb és legkielégítőbb magyarázata, amit valaha is hallottam”.

1948-ban George Gamow, Ralph Alpher és Robert Hermann amerikai fizikusok frissítették az 1927-es ősrobbanás-elméletet. Kezdet a Big Bang esemény, majd az Univerzum tágul és hűl. Számítások alapján az egyes fizikai eseményekhez időpontot, hőmérsékletet, energiaértéket rendeltek. Például 380 ezer évvel az ősrobbanás után a hőmérséklet 2900 K, az energia $2,5 \cdot 10^{10}$ GeV. Megjósolták, hogy az ekkor keletkezett fotonok hírt hozhatnak az Univerzum korai állapotáról a jelennek. Arra nem is mertek gondolni, hogy ezt a jelet meg lehet találni. Arno Penzias és Robert Wilson amerikai kutatók erről az előrejelzésről nem tudtak. Hatalmas antennájukat az ég felé fordították és megtalálták ezt a sugárzást (1965). A sugárzás neve kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (CMB) lett.

Az ősrobbanás-elmélet ki-teljesedésében fontos mozzanat volt annak felismerése, hogy a proton és a neutron összetett részecskék. Elemi részecskék a kvarkok és elektronok. 1964-ben Murray Gell-Mann és George Zweig amerikai fizikusok részecskefizikai munkássága elvezetett az elemi részecskék standard modelljéig. Lehetővé vált a

zás közel 13,8 milliárd évig úton volt, közben az Univerzum tágult, hűlt. A sugárzás hullámhossza megnyúlt, eltolódott a rádióhullámok tartományába. 1965-ben ezt a – Gamow-csoport által előre jósolt – jelet észlelte Penzias és Wilson. A könnyű atomok (H, He, ...) az ősrobbanás folyamatában keletkeztek.

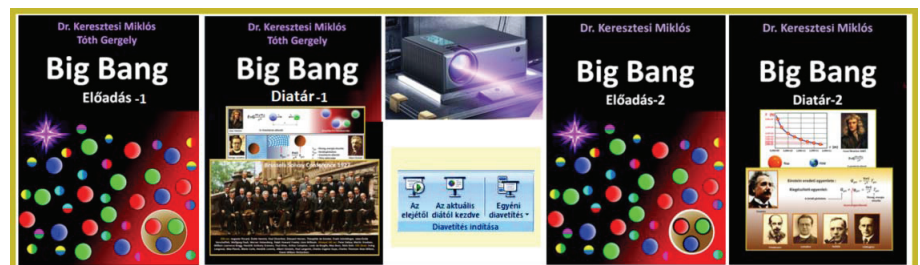
Az Univerzum ugyan átlátszóvá vált, de még hiányoztak a fényforrások. A sötét kort a Big Bang után 200-300 millió évvel váltotta fel a hajnal. A könnyű elemek alkotta molekuláris felhőkben az anyag a gravitáció hatására csomósodni kezdett, megfelelően nagy tömegek esetén kialakult a gömbforma, megindult az atommagfúzió, felragyogtak az első csillagok. A periódusos rendszer nehezebb elemei a csillagokban keletkeztek és a csillag halálával szóródtak szét. Majd milliárd évekkkel később például a mi Naprendszerünk ilyen területen jött létre.

Elektronikus tanulástámogatás

Célunk a 11. osztályos tanulókat megismertetni az Univerzum keletkezésével és fejlődésével.

Elsődlegesen a fizikatanár jelzi, hogy kész együttműködni ebben a programban, majd megtartja a kur-

4. ábra. A Big Bang előadás-1 és a Big Bang diatár-1 a fizikatanároknak nyújt segítséget a kurzusindító előadásuk megtartásához. Kisebbs terjedelmű anyag a Big Bang előadás-2 és a Big Bang diatár-2.





5. ábra. Az Univerzum néhány jellemzőjét ismertető szövegből szavak hiányoznak, egérmozgatással vigyük ezeket a megfelelő helyre! A tartalom mellett figyeljünk a geometriai alakzatokra és színekre is! Az ábrán a helyes megoldás és alul a megmaradt elhúzható elemek láthatók.

zusindító előadást a 10. osztályt már elvégzett tanulóinak. Ehhez készült egy terjedelmesebb *Big Bang előadás-1* és *Big Bang diatár-1 segédlet* (valamint a rövidebb *Big Bang előadás-2* és *Big Bang diatár-2*). Ezeket a tanulást irányító, központi számítógépről tölthetik le (4. ábra) a fizikatanárok.

A fizikatanár eltérhet az általunk összeállított előadás-tervezettől, bővítheti vagy szűkítheti azt. Az indító előadáson kerül sor a kurzus rögzített időpontjainak (időterv) ismertetésére is. Az előadás után az érdeklődő tanulók a fizikatanárnál jelentkezhetnek a féléves ingyenes kurzusra, amely internet felhasználásával, távoktatással működik. Az elektronikus tanulástámogatás a távoli eléréseken kívül a tesztek gépi ellenőrzését és értékelését is lehetővé teszi. A tesztekben, záróvizsgán az alábbi kérdéstípusok fordulnak elő:

- **Feleletválasztós.** A tanuló megadott listából egyet kiválaszt.
- **Számjegyes válasz.** Adatoknál, számításos feladatoknál, rögzített mértékegység mellett az eredmény numerikus értékét a tanuló egy megnyíló ablakba, Excel formátumban írja be. A rendszer megadott tűréshatáron belül vizsgálja és fogadja el a tanuló választát. Például, mennyi a Planck-idő másodpercben? Válasz: $5,4E-44$.
- **Elhúzás egérrel szövegbe.** A hiányzó szavakat szókészletből lehet pótolni, amit például az 5. ábrán lehet látni.
- **Elhúzás egérrel képre.** A háttérképen, táblázaton lévő célzónákba adatok, értelmező, magyarázó szövegek húzhatók. Erre mutat példát a 6. ábra.

• **Párosító tevékenységet igénylő feladatsor.** Az alkérdésekre legördülő felsorolásból jelölhetünk választ. Egy ilyen látható a 7. ábrán.

• Egy- vagy többszavas válasz beírása karakterenként. Például: Írja le a kereszt- és vezetéknevét annak a kutatónak, akinek gravitációs egyenlete Georges Lemaître ősrobbanás-elméletéhez kiindulási alapul szolgált. Megoldás: Albert Einstein.

A tanulási folyamat a 8. ábra szerinti, többnyire gépi szolgáltatásokkal valósul meg. A tanuló letölti az Einstein.pdf

állományt, olvassa, majd megoldja az Einstein-tesztet, amely feltárja a „van” teljesítményt (a helyesen megoldott feladatok számát). A „kell” szintet a tesztben lévő összes feladat száma adja. Amennyiben hiányosságok találhatók a felkészülésben („van” < „kell”), a tanuló igénybe veheti az irányító számítógépbe programozott segítséget: megerősítést kap arról, hogy mely válaszai voltak helyesek és melyek hibásak, mi volt a helyes megoldás. A 8. ábrán látható a „van” < „kell” visszacsatoló ág, ennek igénybevétele a tanuló saját tanulási tapasztalataira és döntésére van bízva: a tanuló visszatér az Einstein-tananyaghoz, vagy interneten rákeres a meg nem értett témára.

A tanulás szempontjából funkcionálisan hasonló a Hawking.pdf – Hawking-teszt, valamint a Big Bang ősrobbanáselmélet.pdf és a Big Bang-teszt feldolgozása is. A tanuló otthonában – tanári felügyelet nélkül, segédanyag használata engedélyezett – oldja meg a tesztek. Ennek idejére a tanuló online-kapcsolatba kerül a központi irányító számítógéppel, amely Einstein, Hawking, Big Bang kérdésbankokból állítja össze a tesztek. Minden tanuló 16 véletlenszerűen kiválasztott feladatot kap, a megoldási idő 1 óra. A teszt lezárása után a tanuló megkapja az elért teljesítményét. A tesztek szombatonként 8 és 20 óra között oldhatók meg, ekkor a tanuló előtt részlegesen, 1 órára megnyílnak a kérdésbankok. A tesztek eredményei elektronikus osztálynaplóba kerülnek, de az elért teljesítmény nem befolyásolja a Tanúsítványba kerülő tanuló minősítést, a Tanúsítvány szövege csak a záróvizsga eredményétől függ.

6. ábra. Az elemi részecskék standard modelljének táblázatából öt részecske hiányzik. Egérrel mozgassuk a hiányzó részecskét a megfelelő helyre!

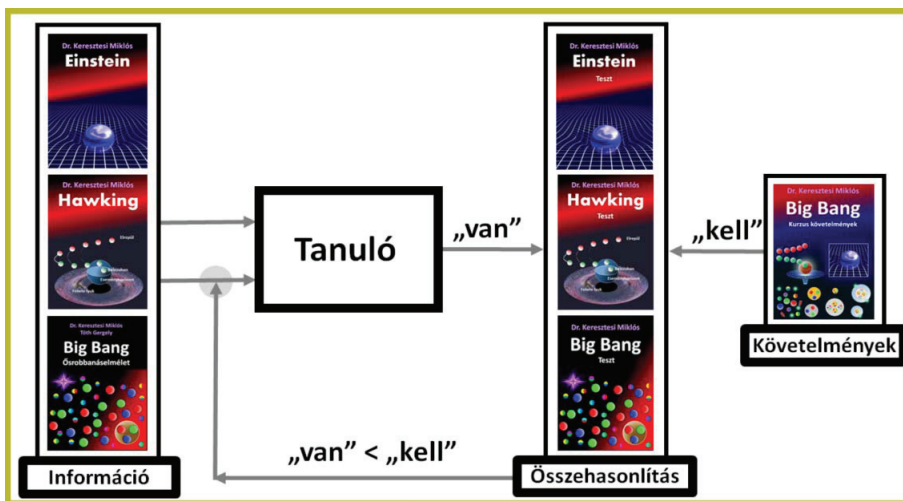
Standard Modell					
Fermionok				Bozonok	
Kvarkok	c	t	γ	H	e
	s	b	foton	Higgs-bozon	ν_e
Leptonok	μ	τ	W^+		u
	ν_μ	ν_τ	W-bozon		g
			Z^0		d
			Z-bozon		

Nevezük meg az alábbi részecskéket:	
anti-u-kvark + anti-d-kvark + anti-d-kvark:	Antineutron ▾ ✓
u-kvark + u-kvark + d-kvark:	Proton ▾ ✓
u-kvark + d-kvark + d-kvark:	Neutron ▾ ✓
anti-u-kvark + anti-u-kvark + anti-d-kvark:	Antiproton ▾ ✓

7. ábra. Négy összetett részecske kvarkszerkezetét párosítuk a megfelelő megnevezéssel! A megnevezések legördülőmenü-szerűen jelennek meg a képernyőn.

Az Einstein, Hawking, Big Bang ősrobbanás-elmélet témakörök tanulása, a tesztek megoldása szélesíti a tanuló tudását, amelyet a pedagógiában, elfogadottan tudás, képesség, attitűd, autonómia kategóriákkal írhatunk le. Ezen elvek alapján a kurzushoz készült egy Big Bang fizikakurzus kimeneti követelményei.xlsx tanulók által letölthető állomány. A kimeneti követelmények a kurzus végére elérendő célokat jelentik. Készült egy erre alapozott kérdésbank (D-jelű). Ebből válogatja a számítógép a 4. teszt feladatait, amelyet próbavizsgának tekinthetünk. A teszt következmény nélkül meg-

8. ábra. A számítógépes rendszer információkat nyújt letölthető állományok formájában. A tanuló online kapcsolatban megoldja a tesztet, amely feltárja a „van” szintet. Ezt összehasonlítva a „kell” szinttel, az eltérés mértéke mutatja, hogy továbbhaladhatunk-e a tananyagban, vagy pótolnunk kell a hiányosságokat.



oldható. A kérdésbank részlegesen megnyílik egy előre közölt szombati napon. A tanuló reggel 8 és este 8 óra között bármikor online kapcsolatba léphet a központi géppel, 25 véletlenszerűen kiválasztott kérdést kap, megoldási idő 90 perc.

A kurzus záróeseménye a záróvizsga, amelynek sikeressége a Tanúsítvány szövegét meghatározza. A záróvizsgára készít fel az *Ismétlés* című anyagunk, amely formálisan teszt, de új információkat is tartalmaz, a tanultakat új szöveggörnyezetben mutatja meg. Tehát kevés új ismeretet is nyújt, feladatokat is ad. A megoldások ellenőrzését azonnal kérhetjük, a válaszpórbálkozások száma korlátlan. Lineárisan haladhatunk benne az elejétől a végéig, de ha a tanuló egy 44 itemes tartalomjegyzéket készít hozzá, akkor bármelyik item egérkiválasztással képernyőre hozható.

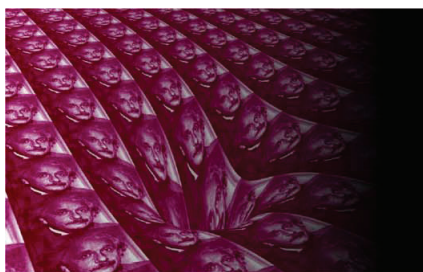
Az 5. teszt a záróvizsga, országosan egy időpontban zajlik, a tanulók saját iskolájukban, számítógépes teremben, a fizikatanárok felügyeletével. Az 5. tesztben 25 véletlen kiválasztású feladat található, minden tanulónak kicsit más; a megoldási idő 90 perc.

Ha a járvány miatt szükséges, a tanuló otthonában vizsgázik, személyazonosításra, felügyeletre a fizika-


tanár digitális technikát használ. Az eLearninges rendszer biztosítja, hogy a vizsgakérdések csak a vizsga időtartama alatt legyenek elérhetők. A kitűzött vizsganapon a számítógépes rendszer megjeleníti a feladatokat, fogadja a tanulói válaszokat, ellenőrzi, értékeli és minősíti azokat.

A 6. tesztet azok oldják meg, akik nem tudtak megjeleníteni a 5. teszten, vagy akiknek az 5. teszt eredménye „nem felelt meg” minősítést kapott. A 6. teszt főbb jellemzőiben megegyezik az 5. tesztel. Az 5. és 6. teszt feladatai azonos kérdésbankból származnak.

(Folytatjuk)



A szerkesztőbizottság fizika tanításáért felelős tagjai kéri mindazokat, akik a fizika vonzóbbá tétele, a tanítás eredményességének fokozása érdekében új módszerekkel, elképzelésekkel próbálkoznak, hogy ezeket osszák meg a Fizikai Szemle hasábjain az olvasókkal!



Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtítká, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszerűsített.

Megjelenik havonta (évente egyszer duplaszámmal), egyes szám ára: 1100.- Ft (duplaszámé 2200.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015-3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588-0540 (online)