

Szemle

(18) KECSKÉS A.-NÉ–ROZGONYI J.-NÉ: *Kémia 7. (Általános iskola)* Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp., 1997. 71. old. ZSUGA J.-NÉ: *Kémia 12–13 éveseknek.* Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1997. 77. old. SIPOSNÉ KEDVES É.–PÉNTÉK L.-NÉ–HORVÁTH B.: *Kémia 7. (Kémiai alapismeretek)* Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1997. 110. old.

(19) KECSKÉS A.-NÉ–ROZGONYI J.-NÉ: *Kémia 7. (Általános iskola)* Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp., 1997. 76. old.

(20) ZSUGA J.-NÉ: *Kémia 12–13 éveseknek.* Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1997. 29. old.

(21) KOULALIDIS, V.–HATZINIKITA, V.–KOKKOTAS, P.–VLACHOS, I.: *The particulate model of matter: a pedagogical analysis of science textbooks.* Üök: *The role of the pictorial representations of the particulate nature of matter in understanding the relevant concepts included in science textbooks.* In: *Book of Abstracts.* 4th European Conference on Tesearch in Chemical Education, York, 1997. 37. old.

(22) BALÁZS L.-NÉ: *Természetismeret. Kémia 11–12 éveseknek.* ELTE Radnóti M. Gyakorlóiskola–Kékes Kiadó, Bp., 1993. 35. old.

(23) DEÁK GY.: *Kémia a 13 éves korosztály számára (7. osztály).* Apáczai Kiadó, Celldömölk, 1997. 8. old.

(24) VILLÁNYI A.: *Ötösöm lesz kémiából (Példatár).* Calibra Kiadó, Bp., 138. old.

(25) KOVÁCS F.: *Számoljunk egyszerűbben, könnyebben: alkalmazzuk gyakrabban a tömegtörtet!* A kémia tanítása, 1999. 1–2. 23. old.

(26) TÓTH Z.: *Egy kémiai tévképzet nyomában (Az egyensúlyi állandó bevezetésének lehetőségei és problémái).* Iskolakultúra, 1999. 2. 108. old.

(27) NAHALKA I.: *Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében.* Új Pedagógiai Szemle, 1993. 1. 3. old. Uő.: *Válságban a magyar természettudományos nevelés.* Új Pedagógiai Szemle, 1999. 5. 3. old.

Tóth Zoltán

Releváns fizikát mindenkinek! Társadalmi témák a fizikában

Fejlett ipari társadalmak csakis akkor lehetnek sikeresek, ha polgárai rendelkeznek természettudományos műveltséggel. Így minden állampolgár nevelésének tartalmaznia kellene „releváns természettudományt”. Egy ilyen releváns természettudományt tanító kurzusnak komplexnek kellene lennie szakmai helyett, s magába kéne foglalnia a természettudomány kulturális és társadalmi hatásainak összefüggéseit. Én 1976 óta tartok ilyen típusú előadásokat. Ez az „aktív tanulás” olyan társadalmi témákat tárgyal, melyeket egy-egy ilyen kurzus érinthet. A példák között van az általános felmelegedés, a szállítás, az exponenciális növekedés, az áltudomány, a kockázati tényezők, a nukleáris fegyverek, a nukleáris energia, a technika értékelésének és az energia jövőjének kérdése. (Könyvalakban: Art Hobson: „Fizika: fogalmak és kapcsolatok”; Prentice Hall Publishing Company, második kiadás 1999.)

Az általános természettudományos műveltség

A széles körű és aggasztó természettudományos műveletlenség ténye mindenki számára ismert. David Goodstein fizikus és pedagógus szerint „az amerikai lakosság körülbelül 95 százaléka járatlan a természettudományokban, a természettudományos műveltségnek nevezett fogalom bármely racionális definíciója alapján.”

Számos pedagógus gondolja úgy, hogy minden állampolgárnak természet-tudományosan tanultnak kell lennie. A Természettudományt minden amerikai-
nak című tanulmány szerint, melyet a Tudományos Haladásért Amerikai Egyesülete (American Association for the Advancement of Science, AAAS) támogat, az egyetemes természettudományos műveltségre kényszerítő indokok egyike a következő:

„Az, hogy a jövő mit tartogat az egyén, a nemzet és a világ számára, nagyban függ attól a bölcsességtől, amellyel az emberek a természettudományt és a technikát használják...”

A természettudomány és a technika életgazdagító lehetősége addig nem érzékelhető, amíg a társadalom egésze nem érti a természettudományokat, a matematikát és a technikát, és nem tudja elsajátítani a természettudományos gondolkodást; természettudományosan művelt népesség hiányában jobb világra aligha van kilátás.

A Union of Concerned Scientists (az Elkötelezett Tudósok Egyesülete), az Egyesült Államokbeli természettudósok egyik társadalmi szervezete, amely az emberiség előtt álló környezeti és biztonsági fenyegetések elhárításán dolgozik, a közelmúltban figyelmet keltő nyilatkozatot fogalmazott meg, amely a természettudomány fontosságát hangsúlyozza. A nyilatkozatot több ezer kiemelkedő természettudós írta alá, köztük a világ természettudományi Nobel-díjasainak többsége. A „Világ Tudósainak Figyelmeztetése az Emberiségnek” többek között a következőket mondja:

„Az emberiség és a természeti világ az összeomlás felé közeledik... Ellenőrzés hiányában számos jelenlegi szokásunk... annyira megváltoztathatja az élővilágunkat, hogy az képtelen lesz fenntartani életünket. Alapvető és sürgős változások sürgősen szükségesek, ha el akarjuk kerülni az összeomlást, amely felé jelenleg haladunk.

Mi alulírottak, a világ természettudományos közösségének vezetői, ezennel az egész emberiséget figyelmeztetjük az előttünk álló jövőre. Nagy változásra van szükség földünk gondozásában, ha el akarjuk kerülni, hogy emberek tömegesen szenvedjenek és ha ezen bolygónkat mint otthonunkat nem akarjuk helyrehozhatatlanul megcsonkítani.”

Meglepően könnyű, mulatságos és hasznos egy társadalmilag és kulturálisan hasznosíthatatlan természettudományos előadást hasznosíthatóvá alakítani. E dolgozat egy egyetemi szintű, nem természettudományi hallgatónak szánt bevezető fizika-előadás tanítási elveit vázolja, és speciális példaként a tárgyalható társadalmi témák egyikét mutatja be: a szállítást és energia-felhasználást.

Általános alapelvek bevezető kurzusokhoz

Fontos alapelv minden bevezető fizika előadáshoz természettudományi és nem természettudományi hallgatónak egyaránt, hogy a fogalmak előbbre valók, mint a számítások. Számos tanulmány megmutatta, hogy a hallgatók a hagyományos fizika kurzusokon csak azt tanulják meg, hogy bizonyos alapvető típusfeladatokat hogyan kell megoldani, anélkül, hogy ténylegesen elsajátítanák azokat a fizikai fogalmakat, amelyek az előadás lényegét képezik. A képletek megjegyzésének és rutin számítások elvégzésének pusztá képessége helyett a fogalmi megértésnek kellene a központban lennie. Egy gondos oktató még a legelvontabb modern természettudományos témát is képes nem szakmai, fogalmi, de szabatos nyelven kifejezni úgy, hogy a nem természettudományos felkészültségű emberek is megérthessék.

Akad azonban jó néhány olyan képesség, amely mindenki számára nélkülözhetetlen és elérhető: grafikonok értelmezése, valószínűségi következtetés, becslés, a tíz hatványai és az arányosságok például. Tapasztalatom szerint minden hallgató kifejlesztheti és alkalmazhatja e képességeket egy természettudományos előadáson anélkül, hogy a központi fogalmaktól elválasztaná azokat.

Az interaktív foglalkoztatást mostanában a bevezető kurzusok fontos technikájaként ismerik el. Neveléssel kapcsolatos vizsgálatok szerint a hagyományos oktatás, amelynek keretében a hallgatók passzívan figyelnek, meglepően csekély valódi tanulást eredményez. Ezzel szemben azok a tanítási stílusok, amelyek révén a hallgatók aktívan vitatják meg egymással a kérdéseket, aktívan dolgozzák ki a válaszokat, és interaktív kapcsolatban vannak az oktatóval, jóval hatékonyabbak a valódi megértésben.

A legtöbb természettudományos bevezető előadás túl sok anyagot próbál felölelni. Így nagyon fontos a tartalom csökkentése. Mit hagyjunk ki? A megoldás abban rejlik, hogy tegyük fel a kérdést fordítva, „Mit tartalmazzon?” és

csak az előadás speciális céljainak megfelelő témákat ölelje föl, még számos „hagyományos” kérdés kihagyásával is.

Modern és filozófiai témák

Habár a legtöbb bevezető előadás elsődlegesen a klasszikus elméletekhez kapcsolódik, speciálisan a newtoni mechanikához, az embereknek érteniük kell a jelenkori természettudományos nézeteket is. Habár a kvantum és relativisztikus fizika képezi az alapot az univerzum megértéséhez közel egy évszázada, számos bevezető előadás még napjainkban sem igen említi. Így jó néhány hallgató befejezi a főiskolát anélkül, hogy rájönne, van néhány tétongó rés az $F=ma$ képletben, nem említve az idő, a távolság, a tömeg, a sugárzás, az anyag, az energia, a folytonosság, az észlelés, az ok-ság, a hely és maga a fizikai valóság klasszikus nézetével kapcsolatos helytelen elképzeléseket. A hallgatóknak ritkán van elképzelésük korunk vitathatóan központi természettudományos elméleteinek, a kvantumelméletnek a lényegéről.

A fizika előadások és könyvek tele vannak a huszadik század előtti fizikával, így nehéz eljutni a modern fizikához. A megoldás egyszerűen csak annyi, hogy hagyjuk ki a klasszikus témák nagy részét. Például az előadásomból kihagyom a következőket: lendület, impulzus, impulzusnyomaték, forgatónyomaték, merev testek forgása, tömegközéppont, nyomás és deformáció, folyadékok, gáztörvények, fajhő, hang, elektromos potenciál, elektromos ellenállás, Ohm törvénye, körfolyamatok, Faraday törvénye, váltakozó áram, geometriai optika, visszaverődés, törés, tükrök, lencsék, színek.

Évszázadokon át a természettudomány filozófiai feltételezései nagy hatással voltak kultúránkra. Például az a newtoni elgondolás, hogy minket egyetemes természeti törvények irányítanak inkább, mint a királyok, jelentős mértékben formálta az amerikai függetlenségi harc intellektuális alapjait. Így tehát nyomós érvek állnak rendelkezésre a természettudományos műveltséget adó előadásokon, amellett, hogy hangsúlyozzuk a filozófiai vonatkozásokat.

Nyissunk az osztályon belül vitát olyan kérdésekről, mint a természettudományos tudás lényege, a materializmus, az élet eredete, a technika és az etika kapcsolata, természettudomány és vallás, és a kvantummechanika lényege. A természettudományos módszertan a legjelentősebb természettudományhoz kapcsolódó filozófiai téma. Számos természettudományi szakos pedagógus hangsúlyozza, hogy ennek kellene a természettudományos műveltség középpontjában lennie, mert a ma emberének a közérdekű döntéseket megfigyelésre és racionális gondolkodásra kell alapoznia – a természettudomány módszereire –, nem pedig hagyományra, a hatalomra vagy babonás hiedelmekre.

Társadalmi témák

Az embereknek képeseknek kell lenniük arra, hogy intelligensen véleményt alkossanak a természettudományokhoz kapcsolódó társadalmi kérdésekről, másképpen az ipari demokrácia nem lehet sikeres. Ahhoz, hogy ezt a társadalmi célt elérjük, elegendő a társadalmi témák egy jellegzetes csoportját beépíteni egy teljesen hagyományos fizika-kurzusba. Ezt egyszerű megtenni túl sok idő felhasználása nélkül úgy, ha néhány olyan társadalmi témát használunk példaként, amelyek jól magyarázzák az általános fizikát. Így a társadalmi témák nagyban helyettesíthetik azokat a hagyományos kérdésköröket, melyek oly sok időt vesznek igénybe az inkább szakmai kurzusokon. Alkalomadtán egy órarészlet az általános felmelegedésről, tíz perc a szállításról, vagy egy cikk egy friss újságból, csodákat tehet.

A társadalmi témák igen motiváló tanítási eszközök, és különös jelentőségüket az adja, hogy a hallgatókra még jóval a vizsgák után is hatással vannak. Ezek a témák nagy részben természettudományt rejtjenek, olyan természettudományt, melyet a hallgatók nagy valószínűséggel meg akarnak tanulni, mert látják ezek kapcsolatát saját életükkel.

Az 1. táblázat olyan fizikával kapcsolatos társadalmi témaköröket tartalmaz, melyek egy bevezető fizika-kurzus részét képezhetik, annak a leírásával együtt, hogy

Témakörök	Hova illeszthető be	Mennyi időt száno rá az előadásomon
Energiafogyasztás az USA-ban	Energia, termodinamika	10 perc
Szállítás és energia-felhasználás	Energia, termodinamika	20 perc
Fosszilis üzemanyagok	Energia, termodinamika	10 perc
Gőz-elektromos erőművek	Energia, termodinamika	20 perc
Az ózon általános méretű csökkenése	Elektromágneses spektrum (ultraibolya)	50 perc
Általános felmelegedés	Elektromágneses spektrum (infravörös)	50 perc
Földön kívüli élet („SETI”)	Speciális relativitás	90 perc
Áltudomány, a külön teremtés elmélete	Radioaktív kormeghatározás (földtani korok), vagy SETI	10 perc
A radioaktivitás biológiai hatásai	Atomfizika	30 perc
Kvantitatív kockázati tényező	Atomfizika (a sugárzás biológiai hatásai)	10 perc
Atomfegyverek	Maghasadás, fúzió	30 perc
Atomenergia	Maghasadás	50 perc
Az újrahajtható energiaforrások	Energia, termodinamika	30 perc
Energia hatékonysága / megőrzése	Energia, termodinamika	20 perc

1. táblázat

Társadalommal kapcsolatos témakörök, melyek előkerülhetnek egy bevezető fizika-kurzuson

melyik téma természeténél fogva hova illeszkedik, s hogy valójában mennyi időt száno az adott témákra az előadásomon.

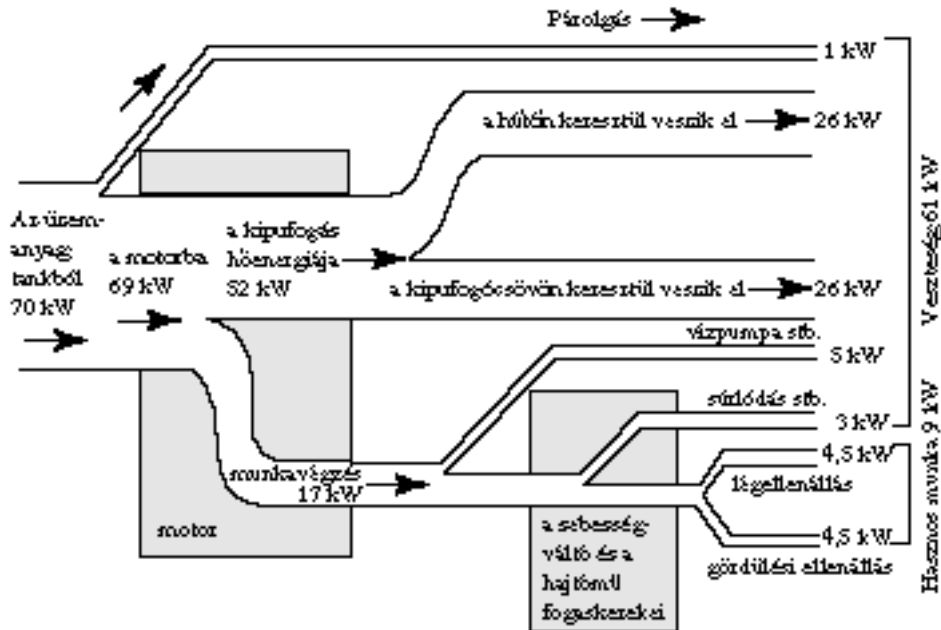
Ne gondoljuk azonban azt, hogy egy társadalomilag releváns fizika-kurzuson nagyon sok témát kell érinteni az 1. táblázatból. Ellenkezőleg, próbáljunk meg először csak egy vagy két témát beilleszteni az előadásunkba, majd aztán gondolkodjunk el új témák későbbi beillesztésén. Ezek a témák beilleszthetők vagy kitörölhetők bármely bevezető órán attól függően, hogy mennyi idő áll rendelkezésre, és hogy milyen a hallgatók és a pedagógusok érdeklődési köre.

Ezen témakörök közül néhány ellentmondásos. Például sok vallásos fundamentalista ellenzi a biológiai evolúció elméletét. Azt szeretnék, hogy a „creationism” elméletét (a külön teremtés elméletét, vagyis azt a hitet, hogy a fajok, és főképpen az emberek külön teremtés „szülőttei”, és hogy a Földet csak néhány ezer évvel ezelőtt teremtették) is tárgyaljam mint az evolúciónak egy elfogadható alternatíváját. Az ilyen ellentmondásos kérdésekre kezelésére az a módszerem, hogy mindig a természettudományos konszenzust tanítom, aztán azokat a bizonyítékokat, amelyek ezt az elfogadott álláspontot támasztják alá (ilyen például a radioaktív bizonyíték a Föld 4,6 billió éves korát illetően).

Példaként: a szállítás és az energia tárgyalása

A szállítás legtöbb energiát felhasználó és a környezetre legnagyobb hatással levő módja a gépkocsi. Figyelemfelkeltő feladatként, mely jól demonstrálja az egyszerű számszerű becslés hatásosságát. Kérjük meg a hallgatókat, hogy mondják el, szerintük egy hagyományos autó milyen hatásokkal használja fel az energiát, abból a tényből kiindulva, hogy kalorimetriai vizsgálatok szerint egy liter benzin elégetésével körülbelül 35 millió joule (J) energia szabadul fel. További adatként: egy átlagos autó egy liter benzinnel megközelítőleg 12 km-t tesz meg 80 km/h sebességgel. A válasz: körülbelül 70 kW – ennyit használ el 700 darab fényes 100 W-os villanykörte! És mindezt állandó sebességgel számolva kaptuk. A gyorsítás öt-szörösére növeli az energiaigényt.

Az 1. ábra egy hagyományos autó energiaátalakítását mutatja. Ilyen „energia folyamatábra” igen hasznos a fizikai folyamatok megmagyarázásában. Ránézésre leolvashatjuk belőle az energia két fontos törvényét: az energia-megmaradást (ami a termodinamika első főtételével azonos), és a termodinamika második főtételét. Megmaradása miatt az energia szemléltethető folyadék-ként, mely ugyan formáját változtatja, de a



1. ábra

Egy autópályán, állandó sebességgel haladó autó energia-felhasználása

mennyisége megmarad: az átalakításba bekerülő energia mennyisége megegyezik a kikerülő energia mennyiségével.

Az 1. ábra a termodinamika második főtételét is jól mutatja, a mechanikai energia szinte teljes egészében hővé történő alakításával, még a „motor”-ral jelölt részben is, ahol az energiának csak egy kis része fordítódik mechanikai munkavégzésre.

Mivel energiaforrásaink végesek, és az energia felhasználása szennyezést okoz, a berendezések „energia-hatásfokának” kérdése társadalmi szempontból igen fontos. A második főtételnek megfelelően minden gépnek a hatásfoka, mely hőt használ fel munkavégzésre, 100%-nál kisebb. Számokkal az „energia hatásfoka” (az elvégzett munka elosztva a teljes energia-felhasználással) nem lehet több, mint $(T_1 - T_2)/T_1$, ahol a T_1 és T_2 a kezdeti és a végső hőmérséklet Kelvinben. Egy általános esetben $T_1 = 600\text{K}$ és $T_2 = 300\text{K}$, így ez a maximális hatásfok 50%. Valójában az 1. ábrán jelölt adott motor hatásfoka csak $17/69 = 25\%$. Még rosszabb, hogy a „teljes hatásfoka”

egy átlagos autónak, miközben utasait szállítja, csak $9/70 = 13\%$, körülbelül $1/8$. Más szavakkal, minden 8 liter benzinnél, melyet az autóba tankolunk csak 1 liter az, amely ténylegesen mozgatja az autót!

De itt még nincs vége a történetnek, mert az emberek célja a szállító járművekkel nem pusztán az, hogy a jármű mozogjon, hanem az, hogy embereket szállítson. Ezért egy másik, a társadalom szempontjából jobban megfelelő mértéket kell keresnünk a hatásfokra. Megőrizve azt a gondolkodást, hogy egy gép hatásfoka a gépből kinyert „hasznos eredmény” osztva a gépbe táplált összes befektetéssel, definiálhatjuk az „utasszállító hatásfokot” mint a megtett utas-kilométer (az utasok száma megszorozva a megtett kilométerrel), osztva felhasznált energiával megajoule-ban (MJ). Ez a definíció már összehasonlíthatóvá teszi a különböző szállítási módokat (2. táblázat).

Sőt még különböző állatok és gépek utasszállító hatásfokát is össze tudjuk hasonlítani, csak ebben az esetben szükségünk van egy olyan hatásfokot mérő mennyiségre,

mely a különböző állatok igen különböző testtömegét is figyelembe veszi. Tehát a hatásfokunkat kilogramm (az utasoké) • kilométer / MJ-ban mérhetjük (3. táblázat).

	utas•km/MJ
Bicikliző ember	18,0
Gyalogló ember	5,0
Városok közti vonat	1,7
Városi busz	0,9
Autó (4 elfoglalt hely)	0,7
Utasszállító repülőgép	0,4
Autó (átlagosan 1,15 elfoglalt hely)	0,2

2. táblázat
A különböző emberi szállítási módok
utasszállító hatásfoka

	kg•km/MJ
Bicikliző ember	1100
Átlagos hal	600
Ló	500
Gyalogló ember	300
Átlagos madár	200
Városok között közlekedő vonat	100
Városi busz	55
Kolibri	50
Autó (átlagosan 4 fő)	40
Utasszállító repülőgép	40
Légy, méh	20
Autó (átlagosan 1,15 fő)	12
Egér	5

3. táblázat
Állatok és gépek utasszállító hatásfoka

Nemcsak az ember alkotta szállító eszközök, hanem az egész élővilágban is kiemelkedően a leghatékonyabb utasszállító a bicikliző ember. Ennek két alapvető fizikai indoka van: először is a bicikli keréken gurul, amely a tehetetlenség törvénye miatt (Newton első törvénye) forgásba hozva hosszú ideig úgy is marad. Másodszor a bicikli a leghatékonyabb a kerekes járművek, az autók, buszok, vonatok és repülőgépek közül a termodinamika második főtétele

miatt: hőerőgéppel működő járműveknek eleget kell tenniük a második főtétel hatásfokra vonatkozó szigorú feltételeinek.

A járművek rakományt is szállíthatnak. A teherszállító hatásfok egy alkalmas mértéke a teher tömege kilogrammban megszorozva a megtett kilométerrel, osztva az energiával MJ-ban (4. táblázat).

	kg•km/MJ
Vasút (teher)	3100
Teherautó (nehéz)	490
Repülő (teher)	74

4. táblázat
Teherszállító hatásfok

A vasút hatszor hatékonyabb, mint a teherautó, és negyvenkétszer hatékonyabb, mint a repülőgép (4. táblázat). Mítöbb: emberekkel szállítva a vasút hatásfoka kétszer nagyobb, mint a buszé, négyszer nagyobb, mint a repülőgépe, és nyolcszor nagyobb, mint az autóé (2. táblázat). Alapvető fizikai magyarázata van ennek is. Az összes jármű munkáját lég- vagy gördülési ellenállással szemben végzi (1. ábra). A vonatok lecsökkentik a légellenállást azzal, hogy viszonylag kicsi a homlokfelületük, miközben nagy terhet mozgatnak. A gördülési ellenállás abból a hőből ered, amelyet a gumi belsejében levő levegő összenyomódása okoz, miközben a gumi egyes részei a talajhoz érnek. Acélkerekek acélsíneken nem okoznak ilyen veszteséget. A vonat „jól gurul”. A bicikli is „jól gurul”, ha kemény, nagynyomású a kereke, amit a tapasztalt biciklisták is tanúsíthatnak.

Ipari demokráciák nem működhetnek természettudományosan művelt lakosság nélkül. A releváns természettudomány nem csak a természettudomány, hanem bolygónk érdekében is nélkülözhetetlen.

Art Hobson