

Szabó Róbert: A hőtan tanítása a fizika kultúrtörténetén keresztül

A 2018 októberében, Szegeden tartott Science on Stage című programon annak a kutatásomnak az eredményét kívánom előadni, amelynek megvalósítását a tavalyi Új Nemzeti Kiválóság Program ösztöndíja tette lehetővé számomra. A kutatás témavezetését dr. Sasvári László, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Komplex Rendszerek Fizikája Tanszékének egyetemi docense végezte.

Szaktudományi kutatásom célja az volt, hogy megvizsgálja a hőtan tanításának lehetőségeit kultúrtörténeti szempontból. Fizika-történelem szakpárom ugyanis lehetővé tette, hogy régebbi kutatásaim nyomán egy újabb szeletét vizsgáljam meg e két tantárgy integrálásának interdiszciplináris lehetőségeiből. Természetesen, a teljes termodinamika történelmi köntösbe ágyazása rendkívül nagy terjedelmet jelentene, így a hőtan témáiból olyan fejezetekre esett a választásom, amely izgalmas kérdésként jelenhet meg egy középiskolai tanuló fejében, ám a kérdés tárgyalására az iskolában nem kerül sor. Előadásomban a kutatás két nagy fejezetét (termodinamika kialakulása és a hő-munkaegyenértéke; belső égésű motorok története és fizikája) kívánom bemutatni, amelynek során az eredmények mellett a hangsúlyt mindenképp a hozzájuk rendelt kísérletekre helyezem. Ugyancsak indulni kívánok munkámmal a 2019-es, Nemzetközi Fesztiválon is, ahol már kutatásom továbbfejlesztett verzióját kívánom bemutatni és értékelni. (Kutatásom újabb, harmadik fejezetében a lőfegyverek történeti háttérét és fizikáját kívánom elemezni a középiskolai oktatás szempontjából.)

Kutatásom első fejezete arra törekszik, hogy a hőtan, termodinamika kialakulásának előzményeit, történelmi folyamatait mutassa be, s kapcsolatot teremtsen a középiskolai tananyag és az amúgy nem tanított történeti események között. Ennek nyomán, kutatásom első egységében a kevésbé ismert Richmann, Black, Thomson, valamint Mayer és Joule munkásságát helyeztem a középpontba, s abból módszertanilag hasznos állításokat fogalmaztam meg.

Kutatási pályamunkámat már a gyakorlatban is alkalmaztam, méghozzá az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnáziumában próbáltam ki az általam írt tananyag alkalmazhatóságát. A 10. osztályban alkalmazott óraterv lényege abban állt, hogy először egy csoportmunka érdekében hat csoportra osztottam fel a harminc diákot, akiknek az volt a feladatuk, hogy az említett személyekhez egy-egy, a hőtanhoz kapcsolódó megközelítést keressenek. Ugyancsak feladatul tűztem ki, hogy rendeljenek hozzájuk egy-egy évszámot is, majd tegyék időrendbe az amúgy ABC-sorrend szerint kialakított névsort. Ehhez természetesen használhatták az iskolai internetet, ami bizonyította, hogy a digitális technológia (internet) kiválóan alkalmazható oktatási célokra is.

Ezután, tanári vezetéssel, közösen megfogalmaztuk, hogy a hőtan történeti fejlődésének lényege az a koncepció-váltás volt, amely a kezdeti, primitív elképzeléseket már egy komoly fogalom, a hőmennyiség fogalmának megértése, illetve a hő-munka egyenérték meghatározása felé vezette. Ezáltal lehetővé vált, hogy Joule munkássága nyomán előbb az elektromágneses, majd az ahhoz kapcsolódó mechanikai kísérletet is bemutassam, azokhoz egy-egy számításos példát, valamint egy igen izgalmas kísérletet is válasszak.

A kísérlet megértésének alapját Joule elektromágneses kísérletének értelmezése jelentette. Joule ugyanis egy üvegből készült hengerbe egy vasmagos tekercset helyezett, amelyet az üveg külsejénél fogva óvatosan felfüggesztett. Az elrendezést két, telepre kapcsolt elektromágneses pófája közé helyezte, minek következtében áram indukálódott a tekercsben.

Emiatt az üveghenger forogni kezdett, s a tekerics energiája a körülötte lévő víz melegítésére fordítódott. Joule a mozgási indukció (elektromos munka) révén tehát mechanikai mozgást, esetünkben hőt állított elő. (Joule legnagyobb érdeme épp ez volt, hogy később mechanikai munkával is ugyanúgy elő tudta állítani a már említett hőt.)

A kérdéskörrel kapcsolatban vezettem be azt az egyszerű kísérletet, amely az elektromos munka és a hő közötti összefüggést (egyenérték) határozta meg. A kísérleti elrendezésben többek között egy vízforraló szerepelt, amelyet pontosan 1 liter vízzel töltöttem meg. Ezután, a vízforralót egy digitális fogyasztómérőhöz csatlakoztattam, majd a hálózatba kötöttem. A kísérlethez a tanulókat is segítségül hívtam: egyikük megmérte a víz kezdeti hőmérsékletét, másikuk pedig az eltelt időt mérte, amely a vízforraló bekapcsolásától a víz felforrálásáig telt el. A harmadik tanuló a lekapcsolás pillanatában megfigyelhető teljesítményt olvasta le. A három adat ismeretében ugyanis, tekintve, hogy a rendszerben jelentkező elektromos munka egyenesen arányos a hőmérséklet-különbséggel, kiszámolhatóvá válik a hőkapacitás, a tömeg figyelembevételével pedig a fajhő is. A számszerű eredményt ezután, összehasonlítva az irodalmival, megállapítottuk: az egyszerű, tanárok számára is olcsón beszerezhető kísérleti elrendezéssel rendkívül nagy hatékonysággal lehet fajhőt számolni, illetve bevezetni és alkalmazni a hő-munka egyenértékének fogalmát.

A másik legfontosabb eredmény, hogy a kísérlethez és eredményének további vizsgálatához (relatív hibaszámítás a fajhő irodalmi értékéhez képest, Joule kísérletére vonatkozó számításos példák megoldása, stb.) a történelmi út megértése elengedhetetlen volt, hiszen a hő és a hőmérséklet fogalmának értelmezése és arányosságuk felismerése főként Richmann és Black eredménye volt, míg Mayer és Joule kvalitatívan, illetve kvantitatívan látott hozzá a hő és munka közötti kapcsolat feltárásához.

Ugyanakkor, kutatási pályamunkám másik fontos fejezete a Carnot-körfolyamat és a belső égésű motorok fizikájának, történelmi hátterének vizsgálata volt. Kutatásomban ezt a témakört is hasonló jelleggel mutattam be, motivációm az előzőhöz hasonlóan itt is a téma középiskolai tanításának hiányában keresendő.

Carnot tevékenységének értelmezéséhez vissza kell utalni az előző fejezetben megismert szemlélethez, Carnot ugyanis kezdetben Black véleményében hitt, miszerint a hőt egy láthatatlan, tömeggel rendelkező folyadék szállítja egyik testről a másikra. Carnot azonban, a halála előtti években önmaga is felismerte, hogy caloricum nem létezik: egy tetszőleges rendszer által felvett hő ugyanis nem fordítható teljes egészében munkavégzésre, hanem valamennyi veszteséggel távozik a rendszerből.

Carnot, felismerése nyomán megalkotta a Carnot-körfolyamat elvét, amelyet kutatásomban is részletesen tárgyaltam. Itt megállapítottam, hogy az idealizált, egyensúlyi folyamatokon keresztül értelmezett körfolyamat a valóságban nem valósítható meg, hiszen perpetuum mobile (örökmozgó) nem létezik. A nem 100%-os hatékonysággal működő erőgépek ugyanakkor mindennapi életünkben is jelen vannak, ezek egy csoportját alkotják a belső égésű motorok.

A belső égésű motorok fizikájának tárgyalásához egy bevezető kísérletet választottam, amelyet a szegedi program keretén belül is be kívánok mutatni. A kísérletnek a „robbanó alkohol-motor” nevet adhatjuk. A mérési leírás alapján a kísérlet elvégzéséhez egy (átfúrt) tetővel ellátott befőttesüveg, egy hurkapálca, egy gázgyújtó, csekély mennyiségű alkohol és a biztonságos végrehajtás érdekében egy védőszemüveg szükséges. A kísérlet végrehajtásának első lépése, hogy egy asztali fúró segítségével a befőttesüveg tetejére egy megfelelő nagyságú

lyukat készítünk. Ezután, beletöltjük a néhány cm^3 mennyiségű alkoholt az üvegbe, majd rászorítjuk a tetejét. Az üvegben lévő alkoholt jól összerázzuk, hogy a párolgó alkohol gőze teljes egészében betöltse az üveg térfogatát. Ezután meggyújtjuk a hurkapálca végét, majd óvatosan az átfúrt tető felé helyezzük. A végrehajtást követően először a begyújtott gáz gyors kiáramlása tapasztalható, majd hosszabb ideig egy periodikus pulzáló hangot hallunk. A periodikus működés, akár egy motor, 15-20 másodpercen keresztül pulzáló, pöfögő hangot hallat, miközben a tető egy saját-frekvenciával jellemzett rezonancia-jelenségen megy keresztül.

A kísérlet elvégzésének előnye, hogy bemutatásával a Carnot-körfolyamat megvalósíthatatlan rendszeréből a gyakorlati életbe, a realitás talajára lépünk át. Kísérletünkben ugyanis a belső égésű motorhoz hasonló működés szemléletes példáját láttuk. Annak ellenére, hogy itt nem volt dugattyú, annak szerepét ugyanis az üvegben lévő gázoszlop töltötte be, amely egy periodikus rezonancia-folyamatot hozott létre,

Ezáltal elmondható, hogy a kísérlet bemutatását követően a tanulók is megismerhették a négy ütem lényegét és a motorhoz hasonló működés egyszerű szemléltetését, amelyhez a megfelelő történelmi háttérrel is hozzárendeltük. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a kísérlet veszélyessége miatt azt teljes egészében tanári végrehajtásra javaslom, a tanulók legfeljebb a periodikus mozgás időtartalmát mérhetik.

A szegedi Science on Stage program keretében, egy előadás során kívánok beszámolni kutatási eredményeimről, illetve a tananyag alkalmazásának tapasztalatairól is.

Előadásomat úgy építeném fel, hogy először motivációimról, céljaimról szeretnék beszélni, amelyeket ezen leírásban is hangsúlyoztam. Ezután, rövid történelmi háttér elemzése után bemutatom a vízforralós kísérletet, ahol rávezetem a hallgatókat az összefüggések felismerésére. Ezután, a motorok történelmi háttérének elemzésén kívül azok fizikáját az alkoholos kísérlettel kívánom bemutatni, majd abból hasznos megállapításokat tenni. Zárásként kerülne sor a kutatás eddigi alkalmazásának és eredményeinek bemutatására is.

Összegzésként tehát elmondható, hogy a témaválasztás, illetve a téma középiskolai tanításának előnyei közé tartozik, hogy a fizika, vagy akár a hőtan kevésbé izgalmas fejezeteivel szemben ez felkelti a műszaki irányokban tájékozottabb tanulók érdeklődését. Ugyanakkor, mivel széles történelmi tudást rendel a fizika mellé, mindenképp izgalmas kihívást jelent a bölcsészettudományok iránt érdeklődő diákok számára is. Ezáltal kettős célzatú, s mind a reál-, mind a humántanulmányok irányában kiteljesedő tanulóknak nyújt újszerű és tudományos élményt. Ugyanakkor amiatt, hogy a kutatás teljesen önálló, újszerű, hiánypótló elemekre épül, s módszertani megállapításokat tesz közzé, érdemes lehet ilyen és ehhez hasonló ötletek minél szélesebb körben való megismertetése, terjesztése is.

Link: https://www.youtube.com/playlist?list=PL3PSDNb01TTS-13_ugdC9iMd_AzLuN0Gs