

SZEGEDI TUDOMÁNY EGYETEM  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Kísérleti Fizikai Tanszék

Fizika-biológia szak

Tudományos Diákköri Dolgozat

Művészeti motivációs példák a fizika tanításához

Készítette: Molnár Milán  
Témavezető: Dr. Papp Györgyné Dr. Papp Katalin, egyetemi docens

Szeged, 2007.

## Tartalomjegyzék

Bevezetés	1.
A motivációról	2.
Gondolatok a tudomány és a művészet viszonyáról	3.
A művészetek és a fizika tanítása	6.
1. A tudomány és a festészet	6.
1.1. A tudományos gondolkodás megjelenése Leonardo da Vinci festészetében	6.
1.1.1. A sfumato technika	6.
1.1.2. Kísérletek a freskó technika megújítására	7.
1.1.2.1. Az utolsó vacsora	8.
1.1.2.2. Az <i>Anghirai csata</i>	8.
1.1.3. Festészet és tudomány, összegzés	9.
1.2. A festészet mint motiváció	10.
2. A tudomány és a költészet	10.
2.1. A tudományos és művészi érdeklődés azonosságáról József Attila versei kapcsán	11.
2.1.1. A tudományos alaposágú vizsgálat megjelenése verseiben	12.
2.1.1.1. Külvárosi éj	12.
2.1.1.2. A Dunánál	13.
2.1.1.3. Hazám	14.
2.1.2. A tudomány megjelenése József Attila verseiben	15.
2.1.2.1. Eszmélet	15.
2.1.2.2. „Költőnk és kora”	17.
2.2. A költészet, mint motivációs eszköz	18.
2.2.1. Idézetek a fizikaórán	18.
2.2.2. Kreatív feladatok a tanulók számára	19.
3. A tudomány és a zene	20.
3.1. Hangok, hangszerek, fizika	20.
3.1.1. Akusztikus hangszerek	20.
3.1.1.1. Ütős hangszerek	20.
3.1.1.2. Fúvós hangszerek	21.
3.1.1.3. Húros hangszerek	21.
3.1.2. Elektromos hangszerek	22.
3.1.3. A hangszerkészítés: tudomány? művészet? mesterség?	22.
3.2. A zene, mint motivációs eszköz	22.
3.2.1. Mechanikai hullámok és az akusztikus gitár	22.
3.2.1.1. Frekvencia függése a húr feszítettségétől	22.
3.2.1.2. Frekvencia függése a húr hosszától	23.
3.2.1.3. Állóhullámok jellemzése	23.
3.2.1.4. Rezonancia és interferencia	24.
3.2.2. Egyéb hangszerek kísérleti alkalmazásai	24.
3.2.3. A mozgási indukció és a rockzene	24.
Összegzés	27.
Felhasznált irodalom	28.

## Bevezetés

A dolgozat alapvető célja az, hogy olyan motivációs technikákat mutasson be, amelyek a művészetekhez kapcsolódnak. Az alap felvetésünk az, hogy azokhoz a tanulókhöz is közelebb hozzuk a fizikát, mint tudományát, akik magukat humán érdeklődésűnek tekintik. A vázolt technikákkal azt tűzzük ki célul, hogy előbb utóbb eltűnjenek az ilyen fogalmak, hogy reál illetve humán érdeklődésű diák, és a helyüket egy általánosan művelt, a világ minden fontos témájára nyitott, természetes kíváncsisággal rendelkező tanuló vegye át. Szót emelünk mindkét véglet ellen, az ellen is, aki elhanyagolja a természettudományos képzést az általános gimnáziumokban a humán műveltség javára, és azok ellen is, akik a kifejezetten fizika orientált középiskolákban a művészetekre való nevelést áldozzák fel, a minél alaposabb tudományos ismeretek megszerzésének oltárán. Hangsúlyozzuk, hogy egyik fél sem lehet meg a másik nélkül, és igazán teljes alkotói munkát mint két oldalon csak akkor végezhet valaki, ha megfelelő ismeretei vannak a másik oldal eredményeiről, illetve félig meddig magáévá teszi annak filozófiáját is.

A dolgozat először általánosságában tárgyalja tudomány és a művészet viszonyát, kitérve ennek általános oktatásügyi kérdéseire is. Ezek után rátérünk a dolgozat fő tárgyát képező motivációra, és ennek adjuk meg általános megfogalmazását, hogy aztán a speciális eseteket is leírassuk.

A tényleges tárgyalást a festészettel kezdjük. Leonardo da Vinci művészetén keresztül bemutatjuk a festészet és a tudomány összefonódását, a művész feltalálói oldalát nem részletezve. Rámutatunk, hogy miként használ természettudóshoz méltó szemléletmódot az alkotásaihoz, és hogy a reneszánsz emberben még mennyire ott gyökerezett a tudomány és a művészet is. Természetesen vele kapcsolatban nem lehet magas fokú tudományokra gondolni, éppen ezért érdekes a probléma felvetésben és megvalósításban mutatkozó, mai tudományokra is olyan jellemző módszer.

A következőkben hozunk néhány példát festészet tanórai motivációként való alkalmazására.

A festészet után rátérünk a költészetre. Itt József Attila lesz a segítőnk, aki előbb abban segít minket, hogy megmutassuk, az a fajta szemlélet és észlelés, amit Leonardo kapcsán említettünk, nem vészett ki a reneszánszsal, hanem ott lapul minden, a világra nyitott ember lelkében, és feltétlenül szükséges a tökéletes alkotás létrehozásához. Ezek után szemezgetünk azokból a versekből, amelyekben József Attila tényleges tudományos ismeretei megmutatkoznak. A fejezet végén pedig adunk néhány ötletet a költészet fizikaórai alkalmazásához.

Az utolsó szakaszban rátérünk a zenére. Ez a harmadik nagy művészeti ág, amelyet tárgyalni fogunk. Az általános kapcsolódási pontokat tisztázzuk, majd rátérünk a tanórai alkalmazások körére. Szó lesz akusztikus gitárral végezhető egyszerű kísérletekről, továbbá az elektromos gitár is előkerül. Ezek pedagógiai jelentőségét is megpróbáljuk hangsúlyozni, és bizonyítani.

## A motivációról

A motiváció, motívumok rendszere. Minden belső, cselekvésre, viselkedésre készítő tényezőt magában foglal. Motiváció a viselkedésünket energizáló és megfelelő irányba terelő állapot, mely meghatározza a célirányult viselkedések irányát és intenzitását. (Atkinson) [1]

Három főbb megközelítése létezik a motivációnak. A behavioristák a kívánt viselkedés megerősítését a külső motivációt hangsúlyozzák. A kognitív elmélet szerint az ember viselkedését az befolyásolja, hogy az egyének hogyan érzékelik a világot. Eszerint a kognitív egyensúlytalanság felkeltése és a belső motiváció a legfontosabb. A humanisztikus szemlélet ezzel szemben a hiánymotívumok és a fejlődési szükségletek kielégítését tartja a lényegesnek.[2]

Atkinson szerint a motivációt két elmélettel magyarázhatjuk az alapvető motívumok (éhség, szomjúság, szexualitás) szempontjából. A különbség abban áll, hogy honnan származik a motívum, mi okozza, és miként befolyásolja a viselkedést.

Az első a készítés (drive) elmélet. Ez, a motiváció belső tényezőire teszi a hangsúlyt (pl.: éhség, szomjúság). Ezek alapvető élettani szükségleteket tükröznek. Ezzel látszólag ellentmondanak az olyan viselkedések, mit az agresszió vagy a szexuális vágy, de ezeknek is lehet készítés jellegű mozzanataik, ilyen a hormonális szabályozás, vagy az, hogy ezek ősi szükségletet elégítenek ki.

A másik az incentív motiváció elmélet. Ez külső események vagy vonzó tárgyak ösztönző szerepét hangsúlyozza (pl.: étel, ital). Eszerint mindig valamit akarunk, és ennek megfelelően működhetnek az incentív motívumok is. A legtöbb incentív cél egyben jutalmul is szolgál. Az ilyen jutalomnak két fajtája van. Az elsődleges megerősítők, melyek előzetes tanulás nélkül is képesek jutalomként szolgálni (pl.: édes íz). A másodlagos megerősítők jutalmazó értéküket részben más eseményekhez, vagy elsődleges jutalmakhoz való kapcsolásuk adja (pl.: pénz). Ezeknél a tanulás játssza a döntő szerepet. A két elmélet közötti különbség főként nézőpontbeli, a kettő nincs egymással ellentétben, a legtöbb motívum mélyén mindkét jelenség megtalálható (Toates 1986). [1]

Új perspektívát adott a motivációkutatásban az önszabályzás kérdésének elemzése. Az önszabályozó tanulás egy olyan komplex, interaktív folyamat, mely nem csak a komplex önregulációt, de a motivációs önregulációt is magában foglalja. Az iskolában tehát arra kell törekedni, hogy az alapvetően külső szabályozást igénylő tanulókat az önregulációra neveljük. Ehhez alapvető fontosságú, hogy belső célokat találjanak a tanulók, megszeressék a tárgyat, és kellő akaraterő fejlődjön ki bennük. [2]

Nekünk feladatunk, hogy feltárjuk a bennük megtalálható, esetleg szunnyadó belső motivációkat, ezeket felszínre hozzuk, segítsünk a kiteljesedésükben, és ezeket a motivációkat aztán felhasználjuk arra, hogy megtanítsuk őket a fontos ismeretekre.

## Gondolatok a tudomány és a művészet viszonyáról

A történet ott kezdődik, amikor egy 18 éves vidéki gimnáziumban érettségizett diák, első alkalommal látogat a nagy egyetemi városba Szegedre. Mint ilyen természetesen büszke arra ahova saját erejéből bekerült, és minden törekvése arra irányul, hogy megfeleljen a helyi hagyományok és szokások által előírt diákmodellnek. Vagyis ápolja a hagyományokat, tegye magáévá és éltesse tovább a saját karának a Természettudományi Karnak a kollektív tudatát és kollektív érzelmét. Ekkor még természetesen hisz abban, hogy ő most tartozik valahova, és nem csak hivatalosan. Mindent, amit hall és lát, ennek a kollektív tudatnak képzel. Az első és legfontosabb, rosszmájúan megjegyezhetem, hogy mint minden nagyobb közösségben, hogy megtudja a közös ellenség személyét. Azt az intézményt vagy ember-, jelen esetben diákcsoportot, amely az ő közösségének az örök ellensége. A természettudósok esetében ez természetesen a Bölcsészettudományi Kar, és annak minden hallgatója. A miérteket természetesen nem kérdezi, valahogy nyilvánvalónak tűnik. Olyan ez, mint minden jól szervezett propaganda. Az ember elhiszi, hogy pontosan érti ellenségeskedésének okát, sőt úgy gondolja, hogy saját elméletei alapján felépített világképéből egyenesen következik az ellenségesség. És minél több hasonlóan betanított diáktársával beszél, annál hatékonyabban tudják egymást meggyőzni arról, hogy ez az egyetlen létező igazság, és mindenki, aki mást mond, az nem tudja olyan mélységben végiggondolni és megérteni a világ működését, mint ők. A bajt tovább tetézi, hogy azoknak a sztereotípiáknak, amiket ők elméleteik bizonyítására használnak, az érintett oldalon állók legtöbbször teljes mértékben megfelelnek. Vagyis a tapasztalatok alapján nem dönthető meg az elmélet, sőt az csak további bizonyítékokat szerez.

De van olyan hallgató, mint történetünk szereplője is, akinek olyan irodalom tanára volt, aki képes volt megszerettetni vele az irodalmat, és általában a művészeteket annak ellenére, hogy természettudományos érdeklődésű, és a világot inkább a reáliák eszközeivel vizsgálja szívesebben. Ehhez társult még a (sajnos) nem hétköznapi szülői háttér, amely olyan légkört biztosított gyermekkorához, amely magában foglalta a természetes kíváncsiság kialakítását, továbbá egy nagyon komoly érzelmi támaszt, amelyre mindig mindenkor számíthatott. Ezek mellett pedig a kultúra fontosságát és szépségét észrevehetetlenül és szeretettel csöpögtették lelkébe.

Így aztán hősünk jó útra tér. Olyan dolgokkal kezd foglalkozni, amelyek nem tartoznak a közösségéhez tartozó kollektív tudathoz. Például verseket, filozofikusabb hangvételű és témájú regényeket kezd olvasni, és észreveszi magán, hogy az élete így válik teljessé, majd rátör a pánikszerű ijedség, hogy mindebből egy hajszál híján kimaradt.

Már sokan és sokféle képp leírták azt, hogy a mai világban a tudományok és a művészetek eltávolodtak egymástól. Egyik oldal sem foglalkozik az udvarias elismerő szemléletén túl a másikkal. Nagyon ritka, hogy egymást valami új létrehozására inspirálnák. Persze mindig lehet mondani ellenpéldákat, hiszen egy olyan rendszer, amit emberek hoztak létre és működtetnek, sosem lehet teljesen fekete és fehér. Ilyen sokat hangoztatott példa az, hogy sok a jövőt témájának választó regény és film által megjelenített futurisztikus világ egyes elképzelt elemei előbb utóbb, ha nem is teljesen ugyan olyan módon, de megvalósulnak. Elég csak Verne regényeire, vagy Jókai Mór A jövő század regénye című írására gondolnunk, de természetesen még rengeteg példát lehetne hozni.

A tudományos kutatások egyre inkább olyan részleteket kutatnak, amik nagyon távol kerültek a művészetek által vizsgált területektől, hiszen ezek leginkább az ember helyét és szerepét keresik a világban. A lélek mint fogalom, még a kifejezetten erre kitalált tudomány a pszichológia esetében is kevésbé árnyalt ahhoz, hogy valódi problémák megoldására alkalmas legyen, hiszen a pszichológia is magáénak mondhatja azt a módszertani eszköztárat amit minden más tudomány vagyis, hogy alapfeltevésekből indul ki, és megpróbál általános

érvényű megállapításokat hozni. Ez a módszertani hozzáállás az, ami igazából eltávolította a tudományokat a művészetektől. A művész nem hajlandó munkáját alkotási algoritmusok szerint végezni. Csak leírja vagy megfesti, ami benne kavargó, épp ezért sokkal könnyebben magáévá teheti azt egy laikus, mert arról szól, amit ő hallani, olvasni vagy látni szeretne benne. Ez természetesen nincs meg a tudományok esetében.

Vegyük példának a tájleíró versek, tájképek, természet ihlette zenei művek, és a fényképezés párhuzamát. A tudomány lehetővé tette, hogy a természet adott pillanatának képét megörökítsük, és tökéletes leképezését elkészítsük. Azt mondhatjuk, hogy ezzel a tudomány olyan eredményt ért el, amivel egyenértékű, sőt jobb megoldást talált, mint amit a művészet nyújtani tud. Viszont valóban egyenértékű a kettő? Gondoljuk végig a következő történetet. József Attila ott ül a Szalajka völgyében, és lát egy számára csodálatos képet. De mi a csodálatos ott abban a pillanatban? A táj? Soha sem a táj az, ami igazán szép, hanem az érzés, amit a táj szemlélőjéből kivált. Az élményt igazából az a közérzet jelenti, ami átjárja a szemlélőt. Képzelnék csak el: melyik hitelesebb ábrázolása annak az élménynek, egy fénykép, amely megörökíti a pillanatot, vagy a következő néhány sor mely a szemlélő fejében megfogalmazódik a látvány kapcsán?

Itt ülök csillámló sziklafalon.

Az ifju nyár

könnyű szellője, mint egy kedves

vacsora melege, száll.

Szoktatom szívemet a csendhez.

Nem oly nehéz –

idesereglik, ami tovatűnt,

a fej lehajlik és lecsüng

a kéz.

Abban különbözik fénykép és az ehhez hasonló művészi tájbrázolás, hogy míg a fénykép egy egyszerű másolata a látható(!) világnak, addig a művész a tájat elméjében, szívében és lelkében újraalkotja. Ily módon lehet, hogy nem látjuk közvetlenül magát a tájat, amit ő látott, de szavai alapján pontosan azt kapjuk meg ami miatt egy táj szép tud lenni: a bennünk kialakuló közérzetet, a hangulatot, azt amit mi is éreznénk akkor, ha ott lennénk és látnánk az amit ő látott. Egyébként is. Minden, amit mi a valóságról látunk, az csak az agyunk által létrehozott képzet. A látás lényegében a gondolkodás egy formája. Miközben látunk, közben folyamatosan újateremtjük magunkban a minket körülvevő világot.[3] Erre bizonyíték az álom. Ugyan olyan „kóddal” szerepel az a fajta gondolat is, mint a valóság, hiszen álmainkat, és gondolatainkat is valóságnak megfelelő formában érzékeljük. Ebből is látszik, hogy ha nem hagyják, hogy mi magunk kódoljuk a valóságot, és a látás mellett a többi érzékelésünket is használjuk, vagyis mutatnak nekünk egy fényképet, akkor szinte semmit nem fogunk érezni abból, amit egy táj vagy bármilyen látvány nyújthatna nekünk. Azt hiszem ez alapján látható, hogy a tudomány által alkotott eszköz nem alkalmas ugyan arra a célra, amire a művészetek igen, hiszen hiányzik belőle az a képesség, hogy ne csak a konkrét fizikai dolgokkal foglalkozzon, hanem az ember szemével látassa a világot. A fényképezés valami féle bizalmatlanságot fejez ki a világ, a természet felé. Nem hisszük el, hogy ugyan azt vagy hasonló élményt még egyszer át tudunk élni, ezért pánikszerűen rögzíteni próbáljuk a pillanatot, viszont ennek csak leképezését egyszerűsített változatát vagyunk képesek megörökíteni, de ezzel is beérjük, mert hátha nem lesz már jobb. A fényképezéssel egyszerűen specializáljuk, a valóság egy szeletére korlátozzuk a leképezést.

A tudatos specializálódás, a részletek keresése, véleményem szerint, okozta azt, hogy mind inkább szemük elől veszítették a tudósok az alapvető célt, hogy a természet működését

értsék meg. Hiszen hogy is lehetne az egész mindenséget egységben vizsgálni azzal együtt, hogy a legkisebb részletek megértésére koncentrálunk. Az olyan problémák kezelése közben, mint hogy miként tudnának még nagyobb intenzitású lézert készíteni, vagy hogyan tudnának olyan hőmérsékletet elérni, ahol a magfúziós reakció jó valószínűséggel létrejön, nyilvánvalóan nem tudnak arra is gondolni, hogy végső soron ők a teljes nagy anyatermészet megértésének szentelték az életüket. Ha elfelejtjük ezt, annak egyenes következménye az, hogy magától az embertől is eltávolodunk. Így nem lehet azon csodálkozni, hogy a művészetektől is eltávolodtunk. A tudomány és a művészet alapvetően közös gyökérből ered, közös anyától származnak. De mind inkább eltávolodnak ettől a közös anyától annál kevésbé értik egymást, és a valaha még közösnek tekintett célt. A görög mitológiában szereplő Antaeus története kísértetiesen hasonlít erre. Ő abból nyerte az erejét, hogy érintkezett a Földdel, az anyjával. Belőle mindig új erőre kapott. Amikor Herkules elemelte a Földtől, nem tudott új erőt meríteni, így már könnyedén megölhette.[4]

Nagy problémát jelent, a műveltség ilyen irányú teljes szétválása. Az emberek egy része nem rendelkezik a mai tudomány által irányított világban való eligazodáshoz szükséges alapvető ismeretekkel sem, míg a másik felének pedig nincs elég empatikus készsége arra, hogy a nem hozzá hasonló értékrendű és gondolkodású embereket megértse, egyáltalán magával egyenrangúként kezelje. Az ilyen kettősség mindeképp az emberiség kárára való, és nem segíti elő a békét, és a fenntartható fejlődést. Ez utóbbi természetesen már messzire vezet, lényegesen túl ezen dolgozat keretein, de az összefüggés szerintem vitathatatlan. Mindennek az oka ott keresendő, hogy a tudomány eltávolodott magától az embertől és ezzel együtt a természettől. Elszakadt anyjától és így sebezhető. Nem tud ez a világ ugyanis megfelelő számú, és kellőképpen szabad-gondolkodású fiatal tudóst kinevelni, hogy a tudomány megfelelő ütemben fejlődjön.

Itt jön a képbe az oktatás. A mai oktatási rendszerben a tanulókról, már az érettségi előtt eldől, hogy reál, vagy humán érdeklődésűek-e. Valahogy azt mondjuk, hogy a mai világban már annyi a tudás, hogy nincs lehetőség úgymond reneszánsz emberek nevelésére. Csak specializált tudással rendelkező szakemberekre van szükség, és senkit nem érdekel, hogy egy sikeres jó fejlesztőmérnök mikor olvasott utoljára szépirodalmat, vagy egyáltalán tud-e mondani háromnál több József Attila verscímet, idézetről nem is beszélve. És természetesen ugyan ez igaz fordítva is. Sőt attól félek, hogy még hatványozottabban.

Ha képesek lennénk arra, hogy olyan oktatási rendszert dolgozzunk ki, ahol a diákok egyszerre kapják meg a humán- és a reál-műveltséget is, akkor talán a jövő generációból kikerülő mérnökök és kutatók nem felejtenek el, hogy minden tevékenységük alapja a természet és így az ember. Természetesen az aktuális oktatás is céljának tekinti ezt, viszont a tanulók azáltal, hogy minden órára úgy mennek be, mintha éppen abban a negyvenöt percben nem létezne semmi más, nehezen értik meg, nem feltétlenül kíván külön embert a fizika és az irodalom. Azt kellene elérnünk, hogy a jövő nagy művészei, de elég, ha csak az átlagemberekre gondolunk, egyszerre hordoznák szívükben a tudományos kíváncsiságot, a megértés örömét és a művészet szellemét és varázsát, mindezt úgy, hogy közben nem is tudják ezeket elkülöníteni magukban, hanem mindez egy komplex rendszert képezne a lelkükben, alapot adva személyiségüknek.

Ezt a problémát itt úgy fogjuk megközelíteni, hogy a hagyományos oktatásban a fizikáért nem lelkesedő tanulókat a szívükhöz közelebb álló művészetet felhasználva próbáljuk motiválni. Ha ez a próbálkozás sikeres, akkor talán néhány lépéssel közelebb kerülünk az igazán kiegyensúlyozott lélekkel rendelkező, a világ minden titkára nyitott emberek neveléséhez.

## A művészetek és a fizika tanítása

### **1. A tudomány és a festészet**

#### 1.1. A tudományos gondolkodás megjelenése Leonardo da Vinci festészetében

Ha valaki a művészet és a tudomány viszonyát vizsgálja, akkor természetesen az első név, ami eszébe jut az Leonardo da Vinci-é. Azé az emberé, akinek munkássága vitathatatlanul a legismertebb a világon. Lényegében minden(!) európai ember tud tőle mondani legalább két festményt, felismerik a híres rajzait, illetve sokan tudnak „tudományos” munkásságáról. Ő képviseli a tökéletes reneszánsz embert, vagy ha nem is ő, akkor az a karakter, amit azóta az évszázadok társítottak az ő nevéhez. Művész, feltaláló, tudós, és mindezt úgy, hogy érdeklődése e terület mindegyikén belül is szerteágazó. Az nem célunk, hogy eldöntsük valódi tudós feltaláló volt-e, aki ilyen irányú tevékenységével önmagában is kiérdemelte a hírnevet, vagy csak egy ábrándozó volt, akinek bolondos hobbiját a festői zsenialitása által megteremtett feltétlen tisztelet vaksága emelte indokolatlanul magas presztízsbé. Erről a témáról nagyon érdekes gondolatokat olvashatunk Szabadváry Ferenc – Egy túlértékelt technikus: Leonardo da Vinci című cikkében.[5] Azáltal viszont, hogy az utókor ilyen vagy olyan okból megőrizte műszaki munkásságának emlékét is, lehetőséget ad arra, hogy példaként állítsuk őt, a tudományokat és a művészeteket különválasztani törekvők elé. Azok elé akik számára csak a tanulók minél alaposabb szakmai képzése a fontos, és nem az általános komplex világkép kialakítása. Azok elé, akik a humán órák rovására csökkentik a természettudományos órák számát a középiskolai tantervekben, vagy azok elé, akik már a gimnáziumban is kész fizikusokat akarnak képezni, nem törődve a tanulók humán műveltségének fejlesztésével.



**1. ábra Leonardo da Vinci**

#### **1.1.1. A sfumato technika**

Ha elvonatkoztatunk kicsit da Vinci kifejezetten műszaki munkáitól, akkor is sok érdekes dolgot találhatunk a témánkkal kapcsolatban. A festészetében ugyanis éppen annyira

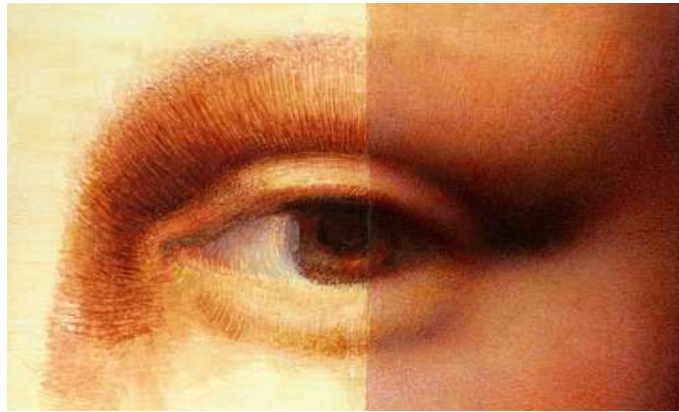


**2. ábra Mona Lisa**

meglátszik a hihetetlen kísérletezési vágy és fantázia, mint munkássága egészében. A leginkább a festészethez kapcsolódó példa, az általa alkotott festészeti technika, az úgynevezett sfumato. A szó olaszul annyit jelent: füstös vagy füstölt. A technikát maga Leonardo da Vinci úgy jellemezte, hogy vonalak és határok nélkül, füstszerűen adja a rajzolatot. Pontosan ez a különleges technika eredményezte azt az igen régre visszatekintő vitát, hogy leghíresebb festményén Mona Lisa vagy más néven La Gioconda mosolyog, avagy nem. Ugyanis nem eldönthető, hogy a sfumato technika miatti ködös átmenet eredményezi ezt a mosolyszerű hatást, vagy az arcon látható árnyékok ténylegesen mosolyt tükröznek.[6] A sfumato lényege, hogy a művész aprólékosan festi meg a részleteket, méghozzá előre gondosan megtervezett módon, ugyanis a tökéletes hatást nagyon sok egymásra felvitt réteggel éri el. Az elmúlt években az elmélet helyességét egy Jacques Franck nevű francia festő, művészettörténész saját kísérletével igyekezett alátámasztani, amelyben arra



törekedett, hogy rekonstruálja Leonardo munkamódszerét: „Az imprimatúra nevű alapozással enyhén sárgás színt adott, majd a kontrasztok létrehozásához fogott hozzá, igen oldott, vöröses színeket alkalmazva. Ezt követően igen gondosan újra kiemelte az árnyékokat, finom vonalkázó, árnyalásos technikával. Ezt újabb, fátyolos hatású imprimatúra réteg követte, amely betakarta és álcázta a formát. Egymást követték a mind finomabb, nagyon oldott ecsetvonások, minden réteget újra elfedett ez a türelmesen felhordott fátyol, s az egész vastagsága nem haladja meg az 1-2 millimétert.” áll a Heti Világgazdaság honlapján található: Hogyan készült



**3. ábra Bal oldalon a szem újraalkotása a parányi pettyek segítségével, jobb oldalon az utolsó rétegek is felvitelre kerültek, létrehozva a 3D-s hatást**

Mona Lisa mosolya? című cikkben.[7] A technika viszonylag részletesebb megismerése magyarázatot ad arra a kérdésre is, hogy vajon miért készült majd 3 évig a festmény. Az egyes rétegeket külön-külön vitte fel és meg kellett várnia, míg egy réteg megszárad. Ebből is látszik, hogy mekkora munkára volt képes azért, hogy egy ő általa kifejlesztett festészeti technika lehetőségeit kiaknázza, vagy egyszerűen csak bizonyítsa azok meglétét. Ez mindenképp túlmutat a hagyományos értelemben vett művészetet. Itt egy professzionális kísérletező munkájának vagyunk tanúi, aki ráadásul ezt a fő szakterületében a festészetben alkalmazta. Itt tehát nem vádolhatjuk azzal, hogy egyszerű játszadozás, amit az utókor értékel túl, ez az ő igazi művészi munkásságának a szerves, sőt meghatározó része.

Szintén a Heti Világgazdaság honlapján bukkanhatunk rá egy másik érdekes cikkre a Mona Lisa, illetve a sfumatoval kapcsolatban: „Az Applied Optics című szakfolyóirat eheti számában közölt tanulmány szerint az egymásra helyezett rétegekből a felületi rész egy kis mangánt tartalmazó okkerfestékből áll, ami a mázakra jellemző. Annak idején ezt a technikát csak olyan flamand festők használták, mint van Eyck és van der Weyden. A második réteg olyan keverék, amelynek egy százaléka cinóber és 99 százaléka ólom-fehér: ezt a technikát viszont abban az időben minden olasz művész alkalmazta.” Kimutatták még azt is, hogy valójában 40 réteg festék alkotja azt a bizonyos mosolyt. Maga a vizsgálati eljárás is új volt, ugyanis, ahogy a Heti Világgazdaság írja: „A festékek összetételét különleges, sokspektrumú kamerával a nélkül határozták meg, hogy hozzáérték volna Leonardo da Vinci remekművéhez. A párizsi Lumiere Technology cég által kifejlesztett berendezés fénysugarat bocsát a képre, a sugár lehetővé teszi a festékréteg összetevőinek – kötőanyag, lakk, színezőanyagok – elemzését. A műszer optikailag 240 millió pixeles mérésre képes, fizikai és vegyi elemzést is végez.”[6] Ezzel már azt is láthatjuk, hogy a művészethez a tudomány nem csak az alkotó munka során kapcsolódhat, hanem a műalkotások elemzésekor is.

A fentebb leírtak után azt hiszem, különösebb merészség nélkül állíthatjuk, hogy Leonardo da Vinci sfumato technikája legalább annyira tudomány, mint művészet.

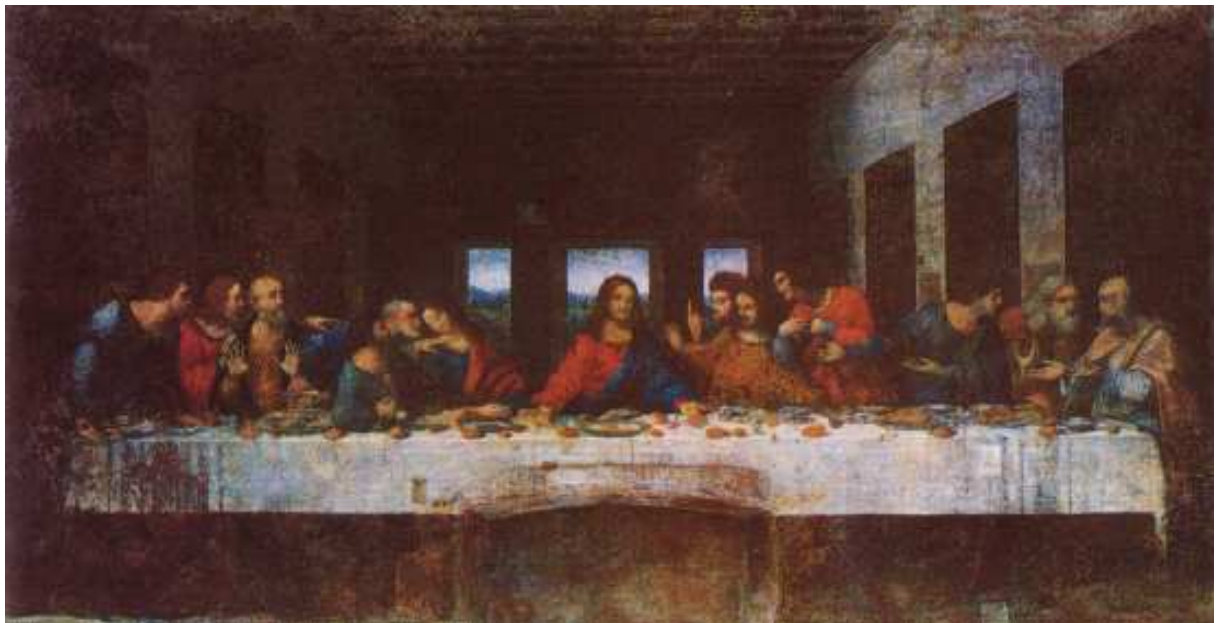
### **1.1.2. Kísérletek a freskó technika megújítására**

Az itáliai mester, viszont ennél több témát is ad, egy ilyen felvetésű dolgozat számára. Köztudott, hogy ő a művészetet, és különösen a festészetet komoly logikai alapokra is helyezte. Minden művét alaposan megszerkesztett, és szinte semmit nem csinált véletlenül, mindennek kellett, hogy valami oka és célja legyen. Nem véletlen, hogy annyi találgatás övezi a mai napig a műveit, gondolhatunk itt például az Utolsó vacsora című falfestményének

értelmezése körül kialakult, és jelentős médiaérdeklődéssel övezett vitára. Ahhoz viszont, hogy ilyen pontosan megkomponált festményeket alkosson időre volt szüksége. A hagyományos freskó technika nem tette lehetővé számára, hogy a félkész művet sokáig alakítsa, csiszolgassa, hiszen annál a fal megszáradása előtt véglegesre kellett festeni a képet. Itt jött elő ismét az újító, kísérletező személyisége. Ki akart dolgozni egy olyan módszert, amellyel ugyan olyan hosszú életű festményt készíthet, mint a hagyományos freskó technikával, de a fal egyszeri előkészítése után, annyi ideje van a képet véglegesre festeni, amennyit csak akar. Több kísérletet is tett erre.

#### 1.1.2.1. *Az utolsó vacsora*

A leghíresebb a már témája kapcsán említett Utolsó vacsora. Most viszont nem a téma az érdekes számunkra, hanem a technika, ahogy készült. Eleinte azt hitték, hogy Leonardo olajfestékkel festette a képet, de kiderült, hogy igazából a szilárd tempera valamilyen sajátos változatát használta. A felületet előbb bevonta egy különleges alapozóval, és ezután a saját maga által feltalált olajtemperát használt a festéshez. Erről teljes meggyőződéssel hitte, hogy akár ezer évet is kibír. 1498 februárjában készült el vele, de mielőtt végső búcsút vett volna művétől egy apró alig látható repedést vett észre a képen a Jézus háta mögötti alkonyi tájban. Egy apró festékdarab elvált a faltól.



4. ábra Az utolsó vacsora szemlátomást elég rossz állapotban

Ezután elhagyja Milánót, és velencei éveit követően Firenzébe utazik. Ezek után is folyamatosan kap híreket arról, hogy az Utolsó vacsoráról egyre több vakolatdarab válik le.

Az első kísérlete tehát nem volt túlságosan sikeres, de mindenképp kísérlet volt, hogy valami újjal próbálkozzon. A maga nemében azt hiszem ezt is nevezhetjük tudományos kísérletezésnek.

#### 1.1.2.2. *Az Anghirai csata*

Firenzében viszont újra megpróbálja. A milánói kudarc nem tántorította el, tovább próbálkozott, hogy feltalálja a tartós, mégis kényelmesen használható falfestészeti technikát. Ennek érdekében komolyabb kutatásokba kezdett, és nem csak kísérleti szinten, hanem irodalmakból próbált meríteni. Az ősi iratok tanulmányozása során rábukkan egy Plinius nevű

ember könyvére. Ennek az embernek az apja állítólag még emlékezett Krisztus halálára. Ez a Plinius 79-ben Pompejiben halt meg a Vezúv kitörésekor, és nem sokkal halála előtt kifejlesztett egy igen bonyolult és különös festészeti eljárást. Ezt az eljárást ítélte Leonardo elég hatékonynak tervei megvalósításához.

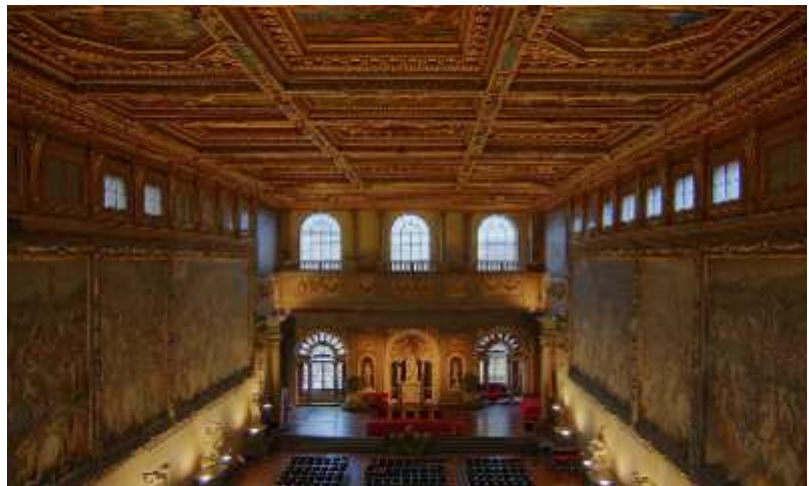
A kép, amelyet az új (rég) technikával tervezett megfesteni Az Anghirai csata volt. Fenyőgyantát, cinkfehéret, lenolajat, dió kivonatot és gipszet kevert össze a leírásnak megfelelően. Az így készült festéket egy különleges gipszhabarccsal bevont falon használta.



5. ábra Rubens másolata az eredeti képről

helyenként meg is égett, felül viszont lecsapódott a nedvesség a falra, és szépen lemosta róla a festéket.

Amint láttuk, ez utóbbi kísérlet is kudarcra végződött, de nem próbálkozások sikertelenségét próbáltuk éreztetni, hanem azt, hogy megtörténtek ezek a próbálkozások, és mind két esetben igen magas művészi értékű alkotását tette kockára – ha szabad így fogalmazni – a tudomány érdekében. Az újítási szándék olyan erős volt benne, hogy saját művészi munkáin volt hajlandó kísérletezni. Az Anghirai csata festésekor használt technikát egyébként előre kipróbálta egy kisebb festményen, ahol tökéletesen bevált, és ahogy láttuk csak a nagy méretek által okozott kivitelezési gondokat nem tudta modellezni.[8]



6. ábra A firenzei Palazzo Vecchio az ötszázak terme, az eredeti Az Anghirai csata állítólag itt van egy fal mögé rejtve

### 1.1.3. Festészet és tudomány, összegzés

Leonardo példáján próbáltuk igazolni, hogy a festészet nem áll olyan távol a tudományoktól, sőt számos lehetőséget nyújt a tudományos szemléletű alkotásra. Nem azt akartuk bizonyítani, hogy Leonardo igazi tudós volt, ezt sokan sokszor megírták már, most

nem ennek újabb alátámasztását akartuk adni, sokkal inkább azt, hogy a festészetében használt egy olyan csak az igazi természettudósokra jellemző gondolkodásmódot, amit nem feltétlenül várunk egy festőtől. A szemlélet, a probléma megközelítése az, ami Leonardo munkássága kapcsán számunkra most érdekes. Ez, és nem a feltalálói munkássága az, ami igazán mutatja a tudományok és a művészetek között teremthető erős kapcsolatot. Ahogy ő maga fogalmazott:

„...a festészet ... egyedül képes utánozni a természet látható műveit ... filozofikus és kifinomult elmélkedéssel a formák valamennyi tulajdonságát tekintetbe veszi ... és valóban tudomány a festészet ... és a természet unokája, mivel a látható dolgok mind a természetből származnak, és a festészet belőlük született. Tehát méltán nevezhetjük a természet unokájának és az Istennel rokonságban lévőnek.”[9]

## 1.2. A festészet, mint motiváció

A festéssel kapcsolatban két témakört említünk, mint olyan területet, ahol motivációs eszközként felhasználható. Az egyik természetesen a látás folyamata, hogy a szem, mint optikai leképező rendszer működik, hogyan alakítja ki a retinán a világról alkotott képet. Ilyenkor feldobhatja a hangulatot, ha konkrét festmények reprójával kísérletezünk. Megmutathatjuk lencserendszerek segítségével, hogy milyenek a különböző látási rendellenességek, majd ezek a lencserendszer elemzése után felrajzolható a tényleges szerkesztés és a látás fénytani folyamatainak sematikus vázlata. Itt különböző torzításoknak lehet alávetni a mindenki számára jól ismert festményeket, amelyek nyilvánvalóan sokat oldanak a hangulaton.

A másik témakör, amit a festészet kapcsán említünk az a modern fizika. Azon belül is a fény emissziója és abszorpciója. A színek létének magyarázatára használhatjuk ezt a két fogalmat, ugyanis minden tárgyat vagy felületet olyan színűnek látunk, amilyen hullámhosszú fényt visszaver a teljes spektrumból, vagyis a fehér fényből. Ezzel kapcsolatban végezhetünk olyan kísérleteket, amelyeknél az adott festményt, vagy annak repróját illetve fényképét nem természetes fényen vizsgálunk, hanem elsötétített osztályteremben egy adott színű fényvel világítunk meg. Ezzel szemléltethető, hogy a szín valóban visszaverődés után alakul ki, tehát csak az őt érő fényből „válogatja ki” azokat a hullámhossztartományokat, amelyeket nem abszorbeál, vagyis visszaver.

Természetesen, még számtalan példát és gyakorlati felhasználást lehet kitalálni, és véleményem szerint pont ez adja a módszer használhatóságát. A tanár, aki ehhez az eszközhöz nyúl, saját kreativitásától függően sokféle egyedi kísérletet és egyéb szemléltetési technikát vagy feladatot találhat ki. Például, hogy a tanulók készítsenek, mondjuk projekt munka keretében, olyan festményt, amelynek a teljes abszorpciója előre megadott.

Ezek csak példák, amelyek arra voltak hivatottak, hogy bemutassák, lehetséges a festészetet, mint motivációs eszközt használni a fizika tanításában.

## 2. A tudomány és a költészet viszonya.

A következő nagy művészeti ág, amiben a tudomány hatásait vizsgáljuk az nem más, mint az irodalom, azon belül is a költészet. Természetesen, ahogy már a korábbiakban is utaltunk rá a prózai irodalomban is számos példát találhatunk a tudomány megjelenésére, viszont ezek elemzése terjedelmükben túlmutat a dolgozat keretein, így a korábban már említett példákon kívül, ezzel az egyébként nagyon érdekes és tanórai motiváció szempontjából is igen hasznos témát itt tovább nem boncolgatjuk.

A költészet olyan témakör, amely – főleg, ha az illető osztályt igazán jó magyar szakos tanár tanítja irodalomra – általában a fiatalok lelkét megérinteni képes, és a pszichológiai

szempontból is igen kényes korosztály számára az önkifejezés, és társadalmi szerep keresés időszakában segítő kezet nyújt, ezáltal a gyerekek érdeklődését nagymértékben bírja. Természetes dolog ez, hiszen az irodalom nagy alakjai olyan örökérvényű kérdéseket feszegetnek, amelyek fontosságával a fiatalok ekkor találkoznak először, és mivel a szellemi fejlődésük azon szakaszában állnak, amikor minél inkább próbálnak a felnőttekhez hasonlítani, mint külsőségekben, mint gondolkodásmódban, ezért a költői pátozzsal átítatott helyzetek értelmezését még az általánosnál is nagyobb komolysággal fogják fel. Ha jól tanítják nekik az irodalmat, akkor képesek beleélni magukat az adott helyzetbe, és a költők vívódásait, érzelmeit sajátjukévá tenni. A költészet egyébként is segíthet a mindennapi problémáik kezelésében, hiszen ebben a korban, ki titkon, ki bevallottan, de mindenki szerelmes, és a középiskolai irodalom anyagban számos olyan verset találhatnak, amik helyettük kifejezik a saját gondolataikat. Az olyan, hozzájuk képest még túl komoly gondolatok, mint a halál, szintén elgondolkodtatják őket, és pontosan beleillenek az ő kicsit „koravén hajlamú” korszakukba. Ezek a gondolatok, természetesen ebben a formában túlságosan általánosak, hiszen nem állíthatjuk, hogy minden középiskolás korú fiatalra igazak lennének, de ha nem is egyszerre, de külön-külön a nagyrészükből megtalálhatóak.

Ezzel a rövid eszmefuttatással csak azt szerettem volna kifejezni, hogy miért érdekes ennyire a költészet a mi szempontunkból. Ugyanis, ha feltesszük, hogy a fentiek valamilyen szinten igazak, akkor találtunk egy utat a gyerekek lelkéhez. Nekünk pedig pontosan ez kell, valahogy el kell jutnunk – fizikatanárként – a gyerekekhez. Azokhoz a gyerekekhez, akik (tisztelet a kivételnek) a természet törvényeinek vizsgálata helyett, inkább saját kicsi lelkükkel és személyiségükkel vannak elfoglalva.

Az irodalom tanárok tehát jelentős helyzeti előnyben vannak velünk szemben, olyan eszköz van a kezükben, amely sokat segít nekik. De mi nem engedhetjük meg magunknak, hogy pusztán sportszerűségből átengedjük nekik ezt a „csodafegyvert” (a versengésre való utalás természetesen csak a fogalmazás kedvéért szerepel, semmiféle tényleges versenyt nem hirdetek tanár és tanár között!). Használunk kell nekünk is, hogy megnyerjük magunknak a fiatalokat. Ennek, ha jól csináljuk, akkor még a magyar szakos kolléga is örülni fog.

### 2.1. A tudományos és művészi érdeklődés azonosságáról József Attila költészetében

József Attila kapcsán sokszor említették már a természettudományos érdeklődését. Sokat idézték már levelezését, amiben sokszor tér ki az őt különösen érdeklő természettudományos kérdésekre. A szintén levelezéséből ismert idézetben említi gyermekkori „élményét”, melyet természettudományos érdeklődése miatt élt át:

*"Gyermekkoromban egyszer azt hallottam, hogy az átmelegedett üveg elpattan, ha hideg víz freccsen rá. Aznap este, mikor a mama kitette a lábát a konyhából, azonnal kipróbáltam e tétel igazságát. Egy kis vizet fröcsköltem a lámpaüvegre. Az üveg eltört, én megdöbbsentem, a mama pedig belépett. Meglepetten és egyben fölindultan támadt rám — Te, te — miért törted el a lámpaüveget? Lesütött szemmel hallgattam a szemrehányást és növekvő daccal türtem a pofonokat, melyek ugyancsak zuhogtak. Anyámat különösen csökönyös hallgatásom ingerelhette. Mért törted el a lámpaüveget? Mit is válaszolhattam volna? A legszemtelenebb hazugságnak látszott volna, ha az igazat felelem: Én nem törtem el a lámpaüveget! Eltört, mert az átmelegedett üveg elpattan, ha hideg víz freccsen rá. Ugyan én fröcsköltem le, de nem azért, hogy eltörjem, hanem, hogy*



7. ábra A gyermek József Attila

*lássam, igaz-e az, amit hallottam, s ami oly érdekes volt számomra, hogy meg kellett vizsgálnom. Nagyon igazságtalannak éreztem a fenyítést. De ha védekezésül azt mondom, azért fröcsköltém vizet az üvegre, mert úgy hallottam, hogy akkor eltörik, anyámban azt a hitet keltettem volna, hogy tudatos rosszság, komoly gonoszság volt, amit tettem. Úgy hát te tudtad mégis? Igen tudtam, de azt is tudtam, hogy a gyereket mindig becsapják; hol a gólyamesével; hol meg azzal, hogy hercsula lesz ebédre.”[10]*

Ennek a kis idézetnek számunkra több jelentősége is van. Egyrészt megmutatja, hogy a költő tudományos érdeklődése, melynek konkrét versekben való megjelenésére rövidesen kitérünk, már gyermek korában a sajátja volt, és rendelkezett azzal a bizonyos természetes kíváncsisággal, amelyről itt azt állítjuk, hogy nem csak bónusz volt költői munkásságában, hanem feltétele is volt annak igazán magasra ívelésének. Megkíséreljük bizonyítani, hogy a művésznek is elengedhetetlenül szükséges az effajta kíváncsiság, épp ezért nem is nevezhetjük ezt természettudományos érdeklődésnek, sokkal általánosabb fogalmat kell rá használnunk. Nevezzük, mondjuk életkíváncsiságnak vagy általános kíváncsiságnak. Ugyan ezt a kíváncsiságot érezheti egy természettudós is, és más művész is, akinek esetleg nem ilyen nyilvánvalóan természettudományos élménnyel magyarázható a kíváncsiságának megléte. Korábban Leonardo da Vinci esetében is szóba került már ez a fajta kíváncsiság, tehát nem mondhatjuk, hogy egyedi eset vagy József Attila esetleg pályatévészett lett volna. Az igazsághoz persze hozzá tartozik, hogy József Eta szerint Makai Ödön, aki József Attila gyámja volt, egyszer azt mondta: fizikus is lehetett volna belőle.[10] Mármint József Attilából. Ez alátámaszthatja azt, hogy nem ő a legjobb bizonyíték a művészek és a tudósok természetes kíváncsiságának azonosságára, de azért ne felejtjük el, hogy József Attila nem lett fizikus! Akár mit is írhatunk az érdeklődéséről és a gondolatairól, ő mégis csak művész volt, olyan művész, akinek munkásságát áthatotta a tudomány tisztelete. Szóval ne tekintsük őt teljesen kivételnek a művészek között.

### **2.1.1. A tudományos alaposságú vizsgálat megjelenése verseiben**

A tudós ahhoz, hogy a természet törvényszerűségeiről valamit megállapíthasson, szemlélnie kell magát a természetet. Az végső soron mindegy, hogy azt szemével, vagy az elméjével teszi, de mindenképp az őt körülvevő világról alkotott benyomások ihletnek benne gondolatokat, a látszat mögött húzódó valóság, a részletek mögött megbújó egész milyenségéről. A pontos megfigyelés elengedhetetlen a jó általánosításhoz, hiszen, ha Isten által küldött apró jeleket nem a maguk igazi valójában fogjuk fel, akkor Isten tényleges szándékát sem érthetjük meg. Vajon van ennek analógiája a költészetben? Ehhez nem kell messze mennünk, hiszen József Attila számos alkalmat ad nekünk, hogy a költői észlelést megismerhessük.

Nem is kell nagyon mélyre ásunk a költő munkásságában, hiszen a költészetének egyik legfontosabb ismertetőjele az, hogy a világot, a tájat kémlelve jutnak eszébe a magasröptű gondolatok. A tájat sok esetben használja kiindulási alapként a versei megszerkesztésében. Egyfajta szimbólum nála az őt körülvevő környezet, az észlelése vezet odáig, hogy analógiákat fedezzen fel, még ha néhol burkoltan is, a filozófiai eszmefuttatás és az őt körülvevő világban észrevett események között. A legismertebb, és ami számunkra még fontosabb, a középiskolai magyar irodalom anyagban is szereplő verseiben számtalan példát találhatunk erre, a következőkben ezek közül fogunk szemezgetni.

#### *2.1.1.1. Külvárosi éj*

A mellékudvarban a fény  
hálóját lassan emeli,

mint gödör a víz fenekén,  
konyhánk már homállyal teli.

Ez a vers első versszaka. A részletes elemzés természetesen nem feladata egy fizikatanárnak, hiszen azt úgyis megteszik irodalom órán, de találunk benne olyan utalásokat, amelyek a tudomány és a tudományos szemlélet szempontjából mégis érdekes.

Azt írja: „A mellékudvarban a fény // hálóját lassan emeli,”. Mit is jelenthet ez? Egy mellékudvar körül a bérházak kő kerítései és falai a lemenő nap fényét egy részen már árnyékolják, így ténylegesen kialakulhat a levegőben szállingózó por által szórt fénysáv, amely alatt teljes árnyék felette világosság van. Ez természetesen azzal együtt emelkedik, ahogy a nap megy le. Ez a leírás, kellően alapos és nem mellékesen kreatív és szabad szívű szemlélőre utal. Olyan megfigyelőre, aki nem csak ábrándozik, hanem részletesen, alaposan figyeli meg a környezetében lejátszódó eseményeket, valahogy úgy, ahogy egy természettudóstól várná az ember.

A harmadik és negyedik sor szintén érdekes számunkra, a homályos konyhára alkalmazott hasonlat a gödörben álló víztócsára vonatkozik, ahol a vízben oldott szemcséken szóródó fény miatt, csak homályosan látszik a víz fenekén a talaj.

Egy másik, fénnel kapcsolatos megfigyelést olvashatunk az ötödik versszakban.

S a szövőgyárak ablakán  
kötegbe száll  
a holdsugár,  
a hold lágy fénye a fonál  
a bordás szövőszékeken  
s reggelig, míg a munka áll,  
a gépek mogorván szövik  
szövönők omló álmait.

Itt láthatunk arra is példát, amire feljebb már utaltunk, ahogy ugyanis a természeti megfigyeléseket használja a társadalmi állapotok hiteles bemutatására.

#### 2.1.1.2. *A Dunánál*

A táj és az aktuális pillanatban észlelt valóság által elindított gondolatok végigvezetésére talán ez a vers a legjobb példa. Ahogy a Duna parton üldögélve elmélázik a rakpartot nyaldosó hullámokon és a csendesen kalapjára csepegtető eső által érzékeny lelkében kiváltott hatásokon, eljut az idő fogalmának filozófiai boncolgatásához, ebből pedig a számára oly fontos átlag emberek életének problémáihoz.

1

A rakodópart alsó kövén ültem,  
néztem, hogy úszik el a dinnyehéj.  
Alig hallottam, sorsomba merülten,  
hogy fecseg a felszín, hallgat a mély.  
Mintha szívemből folyt volna tova,  
zavaros, bölcs és nagy volt a Duna.

Mint az izmok, ha dolgozik az ember,  
reszel, kalapál, vályogot vet, ás,



8. ábra József Attila szobra a Duna-parton  
a parlamenttől jobbra

úgy pattant, úgy feszült, úgy ernyed el  
minden hullám és minden mozdulás.  
S mint édesanyám, ringatott, mesélt  
s mosta a város minden szennyesét.

És elkezdett az eső cseperészni,  
de mintha mindegy volna, el is állt.  
És mégis, mint aki barlangból nézi  
a hosszú esőt - néztem a határt:  
egykedvű, örök eső módra hullt,  
szintelenül, mi tarka volt, a mult.

A Duna csak folyt. És mint a termékeny,  
másra gondoló anyának ölében  
a kisgyermek, úgy játszadoztak szépen  
és nevetgéltek a habok felém.  
Az idő ártján úgy remegtek ők,  
mint sírköves, dülöngő temetők.

2

Én úgy vagyok, hogy már száz ezer éve  
nézem, amit meglátok hirtelen.  
Egy pillanat s kész az idő egésze,  
mit száz ezer ős szemlélget velem.

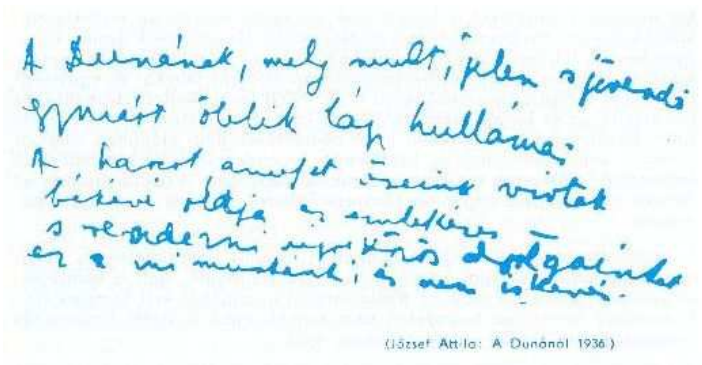
Látom, mit ők nem láttak, mert kapáltak,  
öltek, öleltek, tették, ami kell.  
S ők látják azt, az anyagba leszálltak,  
mit én nem látok, ha vallani kell.

Tudunk egymásról, mint öröm és bánat.  
Enyém a mult és övék a jelen.  
Verset írunk - ők fogják ceruzámat  
s én érzem őket és emlékezem.

### 2.1.1.3. *Hazám*

A vers első szakasza szintén remek példa a környezet által nyújtott impressziókból levezetett filozófiai gondolatfüzéreknél. A költő lelkében uralkodó hangulat, amelyet a séta közben észlelt külvilág alakít ki, illetve a városban látott erős kontrasztok, melyek a szép színekben pompázó virágok, illetve az utcán alvó hajléktalan látványa hoz létre. Az általánosítás képessége, az a tehetség, hogy észlelt jelekből általános érvényű felismeréseket tegyen, kísértetiesen hasonlít a természettudósok hasonló képességeire.

Az éjjel hazafelé mentem,  
éreztem, bársony nesz inog,





a szellőzködő, lágy melegben  
tapsikolnak a jázminok,

nagy, álmos dzsungel volt a lelkem  
s háltak az uccán. Rám csapott,  
amiből eszméltem, nyelvem  
származik s táplálkozni fog,

a közösség, amely e részeg  
ölbecsáló anyatermészet  
férfitársaként él, komor

munkahelyeken káromkodva,  
vagy itt töpreng az éj nagy odva  
mélyén: a nemzeti nyomor.

A költő és a tudós észlelésének azonos töről fakadására természetesen még nagyon sok példát lehetne találni József Attila költészetében elég csak a leghíresebb szerelmes versére, az ódára gondolni. A következőkben viszont azt fogjuk boncolgatni, hogy konkrétan a tudomány hogyan jelenik meg verseiben.



9. ábra József Attila szobra Szegeden az egyetem főépülete mellett

### 2.1.2. A tudomány megjelenése József Attila verseiben

Vannak a költőnek olyan versei, ahol nem csak egyfajta tudományos szemlélet, megfigyelőképesség mutatható ki, hanem a tudományos ismeretek megléte is. Természetesen, ahogy azt már írtuk is ő nem volt fizikus vagy csillagász, pontosan azt az embertípust személyesítette meg, amit mi az iskolában nevelni szeretnénk, nevezetesen azt, hogy művész ember léte, érdeklődő laikusként állt a tudományos eseményekhez. Azt, amit a kora tudományos eredményeiből popularizáltak, vagyis az átlagérdeklődő emberek számára elérhetővé tettek, azt ő ismerte. Ehhez hozzá jön még természetesen az a három kurzus, amit Szegeden fizikából hallgatott. És majd meglátjuk a következő példákból, hogy bebizonyította, lehet a költészetben a száraznak és lélektelennek tartott fizikát közvetlenül is használni.

#### 2.1.2.1. *Eszmélet*

4

Akár egy halom hasított fa,  
hever egymáson a világ,  
szorítja, nyomja, összefogja  
egyik dolog a másikat  
s így mindenik determinált.  
Csak ami nincs, annak van bokra,  
csak ami lesz, az a virág,  
ami van, széthull darabokra.



Ez a hatalmas gondolati költemény több olyan 10. ábra József Attila, mint szegedi diák

szakaszt is tartalmaz, amelyekben konkrét természettudományos utalások vannak, vagy egyértelműen látszik, hogy a költő használja természettudományos műveltségét. Itt a negyedik szakasz elején található sorokat több féleképpen értelmezhetjük. Egyrészt vonatkozhat a fizikai rendszerek koordináta rendszerrel történő leírására, de talán egyértelműbb az, az értelmezés, hogy a világban lévő kölcsönhatások, a hatás ellenhatás törvénye, a nagyvilág alkotóelemei közötti belső erők, melyek meghatározzák egymást.

A hetedik és nyolcadik rész tartalmaz még számunkra is érdekes fejtegetéseket.

7

Én fölnéztem az est alól  
az egek fogaskerekére -  
csilló véletlen szálaiból  
törvényt szótt a mult szövőszéke  
és megint fölnéztem az égre  
álmaim gőzei alól  
s láttam, a törvény szövedéke  
mindíg fölfeslik valahol.

Mezei Judit – A tudomány és a művészet összecsengése József Attila költészetében című cikkében olvashatunk nagyon érdekes elemzést erről a strófáról. „A szabadság és a korlátosság csak együtt értelmezhető, nem csak a filozófia, de a természettudományok szerint is. Ezt megértette József Attila kora tudományából, és ha minden apró részlet nem is mozgatta meg költői fantáziáját, de lényege biztosan.”[11]

Tuska Ágnes – „... a működésben van a nyugalom” című cikkében szintén említi ezt a versszakot, és e képpen fogalmazza meg a vers tudományos utalásairól szóló gondolatait: „Lehet-e ennél szebb megfogalmazását adni annak, hogy a rendetlenség miatt lehet kvantitatív következtetéseket levonni a II. főtételből, de vannak fluktuációk...?”[10]

Az, az igazán szép ebben a megfogalmazásban, hogy a nyilvánvaló tudományos utalás, egyszerre társadalmi kérdésekre is utal. Ahogy a teljesen véletlenné tűnő fizikai vagy csillagászati eseményekben az elmélyült szemlélő felfedezheti a törvényszerűségeket, majd a még elmélyültebb azt is, hogy ezek a törvények csak bizonyos valószínűséggel érvényesek, úgy a hétköznapi eseteket vizsgáló ember is azt mondhatja, hogy minden a törvénykönyvek által meghatározott rendszer szerint zajlik a társadalomban. Aki viszont a dolgok igazi mélységét is megvizsgálja, az felismeri az előforduló igazságtalanságokat, a gyengék, a kisemberek elnyomását, amit, ahogy azt már korábban is említettük, nagyon a szíven viselt a költő.

A nyolcadik szakasz egy még egyértelműbb társadalmi problémákra felhozott kozmológiai hasonlatot tartalmaz.

8

Fülelt a csend - egyet ütött.  
Fölkereshetnéd ifjúságod;  
nyirkos cementfalak között  
képzelhetsz egy kis szabadságot -  
gondoltam. S hát amint fölállok,  
a csillagok, a Göncölök

úgy fénylenek fönt, mint a rácsok  
a hallgató cella fölött.

Mezei Judit a már fent idézett cikkében erről így ír: „A szabadság, a véletlen, a determinizmus problémái foglalkoztatják a költőt. A szabadság csak képzeletbeli, a vers végigtekint mindazokon a meghatározottságokon, melyek elvileg teszik lehetetlenné a szabadság elérését. Ebből nem maradhat ki a természet, a természettörvények sora sem. Ő, aki a csillagokra mindeddig úgy tekintett, mint a megvalósulás, a szépség, a szerelem szimbólumaira, itt asszociál arra a paradoxonra, hogy ez az univerzum a miénk, de ugyanakkor a börtönünk is.”[11]

Az univerzum, vagy ha szűkebbet nézünk a naprendszer, mint börtön nem csak itt jelenik meg először. A következőkben bemutatott verse talán a leginkább tudománnyal átitott alkotás, ami a tollából származik.

#### 2.1.2.2. „Költőnk és kora”

Ime, itt a költeményem.  
Ez a második sora.  
`K` betűvel szól keményen  
címe: "Költőnk és Kora".  
Ugy szállong a semmi benne,  
mintha valaminek lenne  
a pora...

Ugy szállong a semmi benne,  
mint valami: a világ  
a táguló űrben lengve  
jövőjének nekivág;  
ahogy zúg a lomb, a tenger,  
ahogy vonítanak éjjel  
a kutyák...

Én a széken, az a földön  
és a Föld a Nap alatt,  
a naprendszer meg a börtön  
csillagzatokkal halad -  
mindenség a semmiségbe',  
mint fordítva, bennem épp e  
gondolat...

A versből ide kiragadott idézet az első három versszak. A vers eleje a játékos költő semmit mondás. Irodalomtörténészek szerint ezzel a barátok nyaggatására reagál, akik talán már régóta egy újabb vers megírására bíztatták. Ahogy azonban elkezd játszódzni a semmi és a valami gondolatával, magával ragadják a frissen eszébe jutott gondolatok, amik aztán igazán mély filozofikus irányba terelik a költeményt. Az pedig, hogy egy ilyen „rögtön született” versben is előkerülnek a tudományos, itt éppen kozmológiai utalások, egyértelmű bizonyítéka annak, hogy a költő mindennapos gondolataiban is szerepelnek, ezek az akkoriban igen modern tézisek. Látszik továbbá az is, pont a használt elméletek modern voltából, hogy a lehetőségekhez képest a leginkább naprakész akar lenni a tudomány alakulásában. Előkerül a táguló űr elmélete. Itt nagyon érdekesen kapcsolja az egyre táguló

univerzum és a földön élő emberek viszonylagos szabadságát. Az univerzum egy börtön, amiből sohasem szabadulhatunk, viszont ez a börtön folyamatosan tágul, és igaz, hogy nem lehet belőle szabadulni, de jelentős mozgásteret hagy. A naprendszer esete szintén nagyon érdekes. Amint a naprendszert azonosítjuk a börtönnel, azt látjuk, hogy az velünk együtt mozog, lényegében akár hová megyünk körül vesz minket, mintha folyton cipelnénk magunkkal a cellánkat, vagy mindenhova örök kísérmének minket. Lényegében bármit megtehetünk, de sohasem szabadulhatunk.

Másik érdekes elemzést olvashatunk Tverdota György tollából, a József Attila költészetének kozmológiai vonatkozásai című cikkében:

„A költő a mindenséggel méri magát, csak hogy ez a mindenség többé nem kozmosz; nem a szférák zenéje, hanem a világrobbanás zaja tölti be azt, és a költő lelkében, illetve művében e "világrecsegés" visszhangját halljuk. Joggal vélte úgy Vágó Márta, hogy a költő, csillagokról, naprendszerekről és egyéb konstellációkról beszélve, "tulajdonképpen halálfélelmeiről beszélt, burkolt formában"[12]

Ebben ténylegesen az a szép, hogy valódi költői eszközként képes a tudományos elméletekhez, szakkifejezésekhez nyúlni. Ez pedig példát mutat arra, hogy pedagógiában a magukat humán érdeklődésűnek valló tanulókkal szemben milyen alternatív eszközöket használhatunk.

## 2.2. A költészet, mint motivációs eszköz

A költészet és a fizika viszonyának szoros voltát bizonyítani nem volt olyan nehéz, de az, hogy a költészetet a fizikaórán miként tudjuk motivációs eszközként használni, már nem ilyen egyszerű. Ez abból is következik, hogy a költő egyetlen eszköze a tolla. Semmilyen konkrét kísérletet nem tudunk a költészetre támaszkodva alkotni, ellentétben a következőkben tárgyalásra kerülő zenével. Itt más módszerekhez kell fordulnunk.

A költészetben az a jó, ahogy azt már feljebb is írtuk, hogy nem annyira az észre és a szemre hat, nem hagyományos élményt nyújt, hanem sokkal inkább az érzelmeket és szemléletet veszi célba. Ez pedig nekünk nagyon jó. Mi ugyanis abból indulunk ki, hogy amint azt sok tudományos felmérés bizonyítja, a fizikát nem szeretik a tanulók. A szeretetet pedig semmi képpen sem gondolat, hanem érzélem. És azzal, hogy mi erre az érzélemre próbálunk hatni, véleményem szerint, nagyon jó úton járunk. A másik probléma a szemlélet. Az, ahogy a tanulók véleményt alkotnak a fizika tantárgyról. A költészet ennek a szemléletnek a megváltoztatására is alkalmas, pontosan abból a tulajdonságából kifolyólag, amit a fejezet elején már leírtunk.

A továbbiakban a mikéntekre keressük a választ. Azt vizsgáljuk, hogy a szép általános elméletek, megvalósíthatóak-e, mert úgy gondolom, hogy nincs az a pedagógiai elmélet, aminek megvalósítás nélkül lenne értelme.

### 2.2.1. **Idézetek a fizikaórán**

Az egyik alkalmazható módszer az lehet, ha egyszerűen rávilágítunk feljebb részletezett kapcsolatokra a tudomány (a fizika) és a művészet között. Továbbra is annyi a célunk, hogy érdeklődő, nyitott fiatalokat neveljünk, és semmi több. Nem szabad, hogy egy kifejezetten írói vagy művészettörténeti pályára készülő fiatal „erőszakkal” kényszerítsünk a műszaki vagy természettudományos irányba, de azt mindenképp elérhetjük, hogy érdekelje a téma, és szívesen bővítse ez irányú műveltségét is. Egyáltalán. Arra kell felhívni a figyelmet, hogy a természettudományos tudás is műveltségnek számít. Sokuk számára ez nem egyértelmű. Ezt elérhetjük azzal, hogy az ő számukra fontos személyek (költők, írók) életrajzában rámutatunk a természettudományos érdeklődésre. Konkrét példákat hozunk fel a munkásságukból.

Ilyen példa lehet Arany János: A reggel című verse, melyből vett idézeteket több témakör tanításánál is használhatunk. A Föld saját tengelye körüli forgása kapcsán:

„Földünk mind hegyesebb szög alatt fordítja keletnek  
A pontot, hol az én pusztai kis lakom áll.  
Szőke világát már az egen terjeszti előre  
A Nap s jelzi mikép fordulok arrafelé.”

Vagy a fénytörés jelenségének vizsgálata során:

„Majd pirosabb színt vált, megtörvén fénye a földi  
Fennlebegő párák ködszerű cseppjeiben;”

A hőtán kapcsán, amikor is a gázok sűrűségének hőmérséklettől való függéséről van szó:

„Már körül a gyarak kéményeiből viszi nagy fel  
Könnyü korom-terhét a nekifűlt levegő.”

„Ah de mi ez? Hőség megritkította köröttem  
A levegőt s felszáll, váltva rohanva hideg.”

A mechanika témakörében a súrlódásra, pontosabban a gördülésre vonatkozik a következő rész:

„Vas sinen a gőzgép nagy terhet vonva közelget,  
Mert a súrlódás nem köti meg kerekét.”

Ezekkel az idézetekkel, azok számára is érdekessé tehetjük az adott fejezetet, akik egyébként nem lelkesedtek volna, hiszen az általuk nagyra becsült költő, ahhoz, hogy megírhasa a versét tudnia kellett azokat a dolgokat, amiket épp a diáknak kellene megtanulni. Márpedig ha a költő megtanulta, akkor azt neki is illik!

A fentebb említett József Attila idézetek természetesen ugyan így hasznosíthatóak az adott téma tanításához. Feljebbi részletezéseknél már utaltunk arra, hogy melyik vers melyik témakörhöz kapcsolódik, és ennek megfelelően az adott téma tanításához jól felhasználhatóak.

### **2.2.2. Kreatív feladatok a tanulók számára**

A költészet fizika órán történő alkalmazása természetesen nem merül ki ennyiben. A diákok szemléletére hatni sok féle módon lehet, és ehhez további segítséget ad nekünk a költészet. Elég azt engednünk, hogy a diákok szabadon engedjék képzeletüket. Megbízhatjuk azzal, hogy keressenek analógiákat az egyes tananyagrészekhez. Itt természetesen nem csak konkrét versidézetekre gondolok, bár az is szép feladat, hogy gyűjtsenek a témához kapcsolódó verseket, ezt akár projektmunkának is lehetne szánni. Sokkal inkább arra próbáljuk őket rávenni, hogy egy költő fejével gondolkodva milyen érzéseket tudnának kifejezni a tanult fizikai jelenségek alapján. Álljon itt példaként egy szerény próbálkozás. A transzformátort képzeljük el úgy, mint magát a költőt. Ha költőt olyannak képzeljük, mint aki képes egyfajta kozmikus tudatból meríteni, és azt leírni, mondjuk úgy meghallja és meg is érti Isten szavát, akkor ezt már azonosíthatjuk olya módon a transzformátorral, hogy a mindenségben feszülő tudat nagyfeszültségét képes az átlag emberek számára is

feldolgozható feszültségre transzformálni. Természetesen ennél sokkal jobb példákat is ki lehet találni. Ha mi magunk mondunk először az osztálynak valami hasonlót, abból talán már érteni fogják, hogy mire is gondolunk, hogy mit is várunk tőlük. Ez segít magukévá tenni az anyagot, segít a megértésben és nem mellékesen úgy fejlesztjük az absztrakciós képességüket, hogy ehhez saját érdeklődési területüket használhatják.

Az ehhez hasonló költőinek nevezhető gondolatok gyűjtése után természetesen következhet az eggyel magasabb fokú feladat, amikor is saját vers megírására buzdítjuk őket. Az elkészült alkotásokból pedig felolvasóestet lehet tartani. Ez szintén remek téma egy projekthez. Senki nem állította, hogy projekt csak egy tábló vagy poszter lehet!

Az is magától értetődő, hogy nem csak verset, de bármilyen formájú irodalmi alkotást „rendelhetünk” a tanulóktól, hiszen akinek nincs költői tehetsége, az szinte biztosan nem szívesen ír verset a nyilvánosság számára. Ilyenkor vicces vagy komoly mesét, elbeszélést, novellát, esszét, szóval lényegében bármit lehet íratni velük, egészen a színdarabig. Ez utóbbi talán a legösszetettebb épp ezért a legtöbb energiát igénylő. Ez sajnos magában hordozza annak a veszélyét, hogy a tanulók túlságosan elmerülnek a dolog irodalmiságában, és közben szem elől tévesztik a fizikát. Márpedig mi pont azért csinálunk mindent, hogy azt jobban megszeressék, jobban megértsék.

Természetes dolog, hogy az ilyen módszereket mindig bölcsen kell alkalmazni. Függgővé kell tenni az osztály érdeklődésétől, lelkesedésétől. Nem állítom, hogy minden esetben működhetnek az ezekhez hasonló technikák, de jó, ha a tarsolyunkban van néhány hasonló ötlet.

### **3. A tudomány és a zene**

A zenében a költészethez hasonló, témájában megjelenő tudományos vonatkozásokat nehéz találni. Ennek oka az, hogy a zene sokkal nehezebben érthető mint az irodalom, ráadásul az átlag gimnáziumok tananyagában sem szerepel olyan mennyiségben és súllyal. A zeneelemzés külön szakma, és szinte teljesen hiányzik a gimnáziumokból. Természetesen lehet találni olyan írásokat, amelyek a zenét természettudományos elemzéseknek vetik alá. Ilyen például Fröhlich Georgina: Fizika a művészetben című cikke, amely részletesen tárgyalja az egyes hangközök előfordulási gyakoriságát, és erre matematikai modelleket hoz, melyekből általánosításokat is megfogalmaz.

#### **3.1. Hangok, hangszerek, fizika**

A zeneművek, és általában a zene fizikus szemmel történő vizsgálata további számos lehetőséget ad. A zene alapvetően nem más, mint jól meghatározott frekvenciájú hangok, meghatározott időközönkénti megszólalása. Ezzel fizikus nyelven leírtuk, hogy áll az adott hangok magasságából, és a ritmusból. A hangok magassága tehát nem más, mint az adott hang frekvenciája. A hang pedig a levegőben, mint közegben terjedő longitudinális hullám, amely az emberi fülben a dobhártyát a hangnak megfelelő frekvenciájú rezgésbe hozza. Ennek a hullámnak a keltése pedig nem más, mint maga a zenélés. Ezek a felettebb triviális dolgok természetes kapcsolatot teremtenek a zene és a tudomány között, és ez a kapcsolat sokkal kevésbé szorul bizonyításra, mint a festészet vagy a költészet esetében.

##### **3.1.1. Akusztikus hangszerek**

###### **3.1.1.1. *Ütős hangszerek***

A hangot kelthetjük oly módon, hogy membránban keltük transzverzális hullámot, amely létrehoz a levegőben egy longitudinális hullámot – a hangot – azáltal, hogy mozgásával a

fölötte elhelyezkedő levegőrétegben nyomás csökkenéseket és nyomásnövekedéseket hoz létre. Ilyen elven működnek természetesen az ütős hangszerek.

### 3.1.1.2. Fúvós hangszerek



11. ábra  
Harsona

A hangkeltés másik módja az, ha egy levegőoszlopban hozunk létre hullámot. Ebben az esetben már szabályozni is könnyebben tudjuk a keletkezett hang frekvenciáját azáltal, hogy az általunk kialakított hullám hullámhosszát változtatjuk. Ezen az elven működnek a különböző fúvós hangszerek. Itt a hullámtér maga a hangszer belső ürege, és ennek összefüggő hossza befolyásolja a hullám terjedését. A levegőoszlop hossza befolyásolja a keletkezett hang magasságát. A hangszereknél ezt úgy érik el, hogy hullámteret megszakító lyukak lefogásával szabályozzák a levegőoszlop hasznos hosszát például a furulyánál vagy a fuvolánál. Vagy magát a hullámtér hosszát növelik illetve csökkentik, mondjuk a harsonánál, illetve szelepek segítségével a hangot más járatokba is beengedik. Ez utóbbi módon működik például a trombita.



10. ábra Furulya

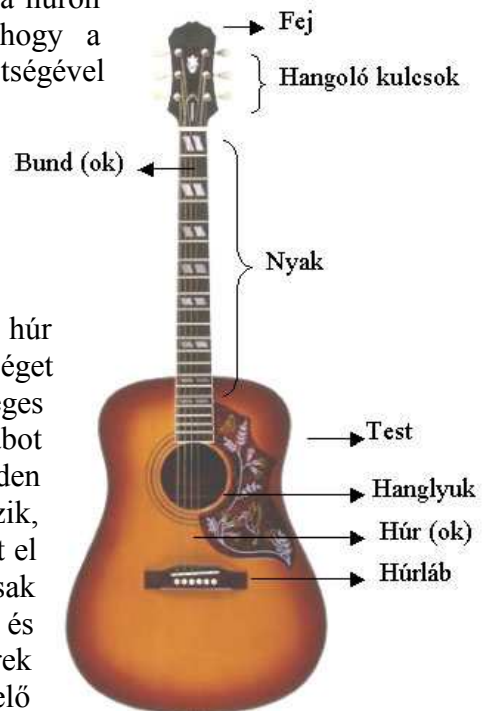


12. ábra Trombita

### 3.1.1.3. Húros hangszerek

A harmadik módja hangkeltésnek az, amikor megfeszített húrokon hozunk létre állóhullámot. Ennek több módja is lehet. A zongora esetében a húrokat kalapácsok ütik meg, így hozzák rezgésbe azokat. A pengetős hangszereknél, mint a gitár, a lant vagy épp a tambura, a zenész ujjával vagy pengetővel hozza létre a húron az állóhullámot. A vonós hangszerek esetében, ahogy a nevében is benne van, a húron végighúzott vonó segítségével hozzuk létre a hullámot.

A húrokon – akár hogy is hozzuk rezgésbe – transzverzális hullám alakul ki, ami a membránokhoz hasonlóan nyomásváltozást eredményez a levegőben, ez pedig longitudinális hullám formájában terjed tova. A keletkezett hang magassága három dologtól függ. A rezgésben lévő húr hosszától, vastagságától illetve a húr megfeszítettségének nagyságától. A megfeszítettséget általában a hangszerek hangolására használják. A tényleges játékot az által végzik, hogy milyen hosszú húrdarabot hoznak rezgésbe. Zongora esetén minden hangmagassághoz külön húr és kalapács tartozik, egyszerűen azt a húrt ütik meg amilyen hangmagasságot el akarnak érni. Hasonló a helyzet a hárfa esetében is, csak ott kézzel kell megpendíteni az adott hosszúságú és feszítettségű húrt. A vonós illetve pengetős hangszerek esetében a kívánt hangmagasságnak megfelelő hosszúságnál a zenész lefogja a húrt, és ezután pengeti meg.



13. ábra Az akusztikus gitár részei

### 3.1.2. Elektromos hangszerek

A hangkeltés előzőektől lényegesen különböző módja az, amikor különböző elektronikus hangszerekkel helyettesítjük a klasszikus akusztikus hangszereket. Erre szintén nagyon sok példát lehet felhozni. Léteznek elektromos zongorák, orgonák, hegedűk és természetesen gitárok. A gitár, mint hangszer felemelkedését pont annak köszönheti, hogy megalkották elektromos változatát is. Ezáltal léphetett a kísérő hangszer szerepéből, a szólóhangszer szerepébe. Természetesen gitárra is születtek szép számmal komolyzenei számok, de igazi térhódítása a könnyűzenében történt. Működési elvét a későbbiekben bemutatjuk.

### 3.1.3. A hangszerkészítés: tudomány? művészet? mesterség?

A zene, de inkább szűkebb értelemben a hangszerek más értelemben is érdekelhetik a tudomány és a művészet határmezsgyéin ólálkodókat. A hangszerkészítés alapjában véve se nem művészet se nem tudomány, hanem egyszerűen egy mesterség. Viszont itt – mint olya sok más esetben is – ez a három fogalom egy azonos skála különböző szakaszai. Nem élesen elhatárolódó dolgok, hanem egymás folytatásai. Az a mester, aki munkásságát komoly szakmai alapokon végzi, és ezek az alapok nem



15. ábra A Pegasus, melyet Luigi Colani tervezett és a Schimmel gyár készített

tisztán empirikus vagy hallomásból táplálkozóak, akkor mondhatjuk, hogy az Elektromos hegedű



14. ábra

illető szinte vagy teljesen tudományos alapon végzi a munkáját. Ha a mester viszont olyan módon készíti a termékeit, hogy azok nem csak tökéletes minőségűek, hanem, még különlegesen egyediek, sőt megismételhetetlenek, akkor erre a mesterre mondhatjuk, hogy művész.

Egy jó hangszer elkészítéséhez legalább mesternek kell lenni. Természetesen sok-sok év távlatából nehéz egy fantasztikus hangszerkészítőről megmondani, hogy csak valami sajátos képesség segítette munkájában vagy tényleg tudományos szemmel közelítette a kérdést. Az mindenesetre biztos, hogy egy

mai modern elektromos szintetizátor megtervezéséhez tudósnek kell lenni, szó minden értelemben. Az, hogy a legendás hangszerkészítő Antonio Stradivari tudós volt vagy művész esetleg mindkettő, valószínűleg lehetetlen eldönteni.

## 3.2. A zene, mint motivációs eszköz

### 3.2.1. Mechanikai hullámok és az akusztikus gitár

#### 3.2.1.1. *Frekvencia függése a húr feszítettségétől*

A zene több tananyag kapcsán is előkerülhet a fizikaórákon. Az első nagyobb témakör, amit megvizsgálunk, az a mechanikai hullámok témaköre. Ezzel kapcsolatban természetesen nem nagy újdonság, hogy megemlítjük a hangszereket azok működési elveit, viszont arra is érdemes gondolni, hogy az egyes hangszereket mind demonstrációs eszközöket is



használhatjuk. Amennyiben a tanárnak van erre lehetősége, jó szolgálatot tehet az, ha az adott hangszert bevisszük a tanórára, hogy az a diák is lássa élőben, akinek ez eddig nem adatott meg. Ahogy erre később még utalunk, a hangszerek, különösen az olyan „populáris” hangszer mint a gitár, igen jótékony hatással lehet az egyébként zordnak gondolt fizikaóra légkörének. Különösen akkor, ha nem csak mint érdekességet említjük meg, mint ahogy ez viszonylag elterjedt, hanem konkrétan a gitárt felhasználva magyarázunk el néhány jelenséget. A gitárt tehát kísérleti eszközként is használhatjuk. Erre több tulajdonsága is feljogosítja. A rendkívül egyszerű szerkezete miatt könnyen kezelhető, és a diákok számára könnyen átlátható. Könnyedén be tudjuk rajta mutatni mondjuk azt a jelenséget, hogy a húr pendítése után kiadott hang, függ a húr feszítettségétől. Egyszerűen megpendítünk egy húrt, majd a hozzá tartozó kulcsot tekergetjük. Ekkor egyértelműen hallhatóvá válik, hogy amikor feszítjük a húrt, egyre magasabb hangot hallunk, tehát nő a frekvencia, amikor pedig lazítjuk, a hang elmélyül.

### 3.2.1.2. *Frekvencia függése a húr hosszától*

A másik természetes dolog, amit egy gitárral be tudunk mutatni, az az, hogy miként függ a megpendített húr által létrehozott hang frekvenciája a rezgést végző húrdarab hosszától. Ezt bemutatandó, természetesen különböző távolságban lévő bundoknál (érintőknél) fogjuk le a húrt, és ezután megpendítjük azt. Ez nem csak szemléletes, de érdeklődésre is számot tartó tanári demonstráció, amelyet megspékelhetünk azzal, ha nem csupán véletlen szerűen váltogatjuk a lefogott bundokat, hanem egy jól ismert kellemesen csengő dallamot is játszunk közben. Itt persze vigyázni kell, hogy ne csak a gitározás élménye maradjon meg a tanulóknak, hanem a fizikai tartalom is. Ezt oly módon is elérhetjük, hogy számolási példával kötjük össze a gyakorlati alkalmazást. például kiadjuk házi feladatnak, hogy határozzák meg például a sokak által ismert Nirvana szám, a Come as you are bevezető dallamában szereplő hangok frekvenciáit. Ehhez az órán természetesen megtanítjuk, hogy a kialakuló hang frekvenciája egyenesen arányos a húrt feszítőerővel, és fordítottan arányos a hosszával és a keresztmetszetével. Felírjuk természetesen az ide vonatkozó egyenletet – miről óraszámától és osztálytól függően elmondjuk, hogy meg kell-e tanulni – és megadjuk a szükséges adatokat. A

képlet így fest:  $v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{q\rho}}$ , ahol  $q$  a keresztmetszet,  $\rho$  a húr anyagának sűrűsége,  $l$  a lefogott

húrdarab hossza,  $F$  pedig a feszítő erő. Ha idő és energia engedi, ezeket a diákokkal együtt is meg lehet határozni.[14]

### 3.2.1.3. *Állóhullámok jellemzése*

A gitárunk segítségével könnyedén meg tudjuk mutatni a gyerekeknek az állóhullámokon mutatkozó duzzadó helyeket és csomópontokat. Annyit kell mindössze tennünk, hogy a húrhoz érintjük az ujjunkat, de nem nyomjuk azt le. Ezután elkezdjük pengetni a húrt, majd folyamatosan mozgatjuk az ujjunkat a húron. A legtöbb helyen természetesen semmilyen hangot nem fogunk hallani, de lesz olyan hely, ahol a gitár egészen tisztán megszólal. Ilyen helyet többet is találunk a gitár nyaka mentén. Ezek a pontok vannak a csomópontok. Itt ugyanis a húr nem végez rezgést, vagyis a kezünkkel nem tudjuk azt csillapítani, tehát majdhogynem akadálytalanul tud rezegni. Ezzel szemben a duzzadó helyeknél pont a maximálisan rezgő húrt tompítjuk, így minden rezgési energiát elnyelünk az ujjunkkal.

### 3.2.1.4. Rezonancia és interferencia

A rezonancia jelenségét, pontosabban azt, hogy milyen hatása van a gitártestnek a kialakult hang erősségére úgy tudjuk szemléletesen bemutatni, ha egy külön álló húrt is megpengetünk, majd megkérjük az osztályt, hogy hasonlítsa össze a gitáron lévő ugyan olyan húr hangjával. A rezonancia jelenségét másik kísérlettel is bemutathatjuk, bár ez talán nem bír akkora hatással. A gitárnak van egy olyan természetes tulajdonsága, hogy ugyan azt a hangmagasságot két külön húron is meg lehet szólaltatni. Ezt felhasználva, és a jó fülű diákokra támaszkodva meg lehet mutatni az interferencia során létrejövő erősítés jelenségét. Ugyanis, ha a felső húrt megpengetjük, majd az alatta levőt az ötödik érintőnél lefogva ugyancsak megszólaltatjuk, akkor kis koncentrációval (és teljes csöndben) érzékelhető, ahogy a két hang összecseng, egymást felerősítik.

### 3.2.2. Egyéb hangszerek kísérleti alkalmazásai

Hasonló kísérleteket végezhetünk természetesen más típusú hangszerekkel is. Dobok kapcsán például jól megmutathatók a felületi állóhullámok csomóvonalai, a dob bőrre szórt apró szemcsék elrendeződésének segítségével. A Kundt-féle cső is helyettesíthető mondjuk harsonával, de talán a harsona kevésbé könnyen beszerezhető mint egy gitár, ráadásul nem is annyira „populáris”. Egy olcsó nejlonthúros gitárt akár ötezer forintért is lehet már venni, és ez is tökéletesen alkalmas ilyen típusú órai szemléltetésre és figyelemfelkeltésre. A következőkben tárgyalandó alkalmazások sajnos már nem ilyen olcsó dolgok, de mint ahogy látni fogjuk, a hatásuk egy tanórán legalább annyival nagyobb, mint az áruk.

### 3.2.3. A mozgási indukció és a rockzene

A mozgási indukció jelenségének bemutatására jól használható tanári kísérleti berendezések állnak rendelkezésre a legtöbb iskolában. Viszont ezek nagy része pusztán modell értékű, így valódi absztrakt gondolkodást igényel a látottak általánosítása, valamint az ezen a jelenségen alapuló műszaki eszközök működésének megértése. A tanár sokszor nem tudja, hogy mit is lát valójában a diákja egy kísérlet vizsgálata során. A jelenség elmélyült ismerete és a magától értetődő absztrakció elfeledtetni vele, hogy egy kísérletből történő általánosítás sokszor nem olyan nyilvánvaló. Különösen akkor, ha a kísérlet nagyon jelenség centrikus, tehát a tényleges megértendő fizikai események minél szemléletesebb bemutatására tervezték. Azt hiszem érthető, hogy egy patkó mágnes két szára közötti hintától nehéz fejben eljutni a villanymotorig. Különösen akkor, ha az illető tanuló nem tekinti élete céljának a természeti világ minél alaposabb megértését. Ilyen diák esetében nem szerencsés az, ha a tárgyhoz kapcsolódó élmények megszerzését valamilyen önálló szellemi erőfeszítéstől tesszük függővé. Ezt úgy értem, hogy csak akkor részesül az úgy nevezett „aha élményben” – ami lényegében a legfontosabb ahhoz, hogy önmagát motiválja a tanulásra és gondolkodásra – ha ehhez maga tesz erőfeszítéseket. Ez maga a 22-es csapdája: Ha nem tesz erőfeszítést, akkor nem lesz élmény, ami motiválja őt. Viszont ha nincs motiváció, akkor nem készíti semmi az erőfeszítés megtételére.



16. ábra Les Paul és az első hangszedős elektromos gitár

Ezek alapján már gondolom látszik, hogy kell valami, ami áthidalja azt a lépést, amit eddig neki magának kellett megtennie. Vagyis a hintás kísérlet és a villanymotor modellje közé, vagy a mágneses térben mozgó vezetőben keletkezett feszültség műszeres kimutatása, és a generátor közé kell valami, ami kapcsolódik a témához, de mégis kellőképpen váratlan ahhoz, hogy új lelkesítő tényezőként szerepeljen.

Itt jön a képbe a rockzene. Az elektromos gitár, az 1950-es évek óta lényegében nélkülözhetetlen kelléke a könnyűzenének. Annak a könnyűzenének, ami a mindenkori fiatalságot célozza meg, és általában elég nagy sikerrel teszi ezt ahhoz, hogy a sikerét mi a fizikaórán meglovagolhassuk! Az elektromos gitár működése pontosan a mozgási indukció elvén alapul. A gitár testében lévő hangszedő vagy pick-up egy állandó mágneset és egy tekercset tartalmaz. Az állandó mágnes terében az acélhúr is mágnesként viselkedik. A húr pengetve változó mágneses mező jön létre ami feszültséget indukál a tekercsben. Ezt felerősítik, és a hangszóróban, szintén mágneses jelenséget felhasználva, hangjelekké alakítják.



**17. ábra** Egy dupla tekercses hangszedő (pick-up)

Ez a jelenség sem túl könnyen érthető, de a rockzene fizika órán történő említése adhat egy olyan lökést a diákok érdeklődésének, hogy képesek megérteni olyan dolgokat is, amiket motiválatlanul nem lettek volna képesek.

Az elektromos gitár tanórai alkalmazásának természetesen számtalan formája lehetséges. Attól is függővé kell tenni a mikéntjét, hogy az illető tanárnak milyen az egyénisége. Nyilván ha nagyon elüt a személyes kisugárzásától és viselkedésétől, akkor nem lesz hiteles, és a tanulók csak nevetni fognak rajta, nem figyelnek arra, amiről szólna az egész. Ilyenkor érdemes számítógépes prezentációval, képek segítségével bemutatni, ez is elég váratlan, de megtartja a tanárt külső ismerőnek.

Az igazi persze az, ha valaki rendelkezik saját elektromos gitárral és erősítővel, ráadásul néhány dolgot még el is tud játszani rajta. Ha a tanár egyénisége, kisugárzása olyan, hogy a



**18. ábra** Két erősítő fejből és két hangszóró ládából álló rendszer

diákok megrökönyödés nélkül tudják fogadni, az órán Metallicát játszó tanárurat, akkor nagyon komoly eszköz van a tanár kezében arra, hogy megfogja a diákokat.

Ezt a módszertani húzást volt alkalmam élesben kipróbálni, a kötelező iskolai tanítási gyakorlat keretében. Én a következőkben vázolt módszert alkalmaztam.

Az óra pont egy szombati napra esett, amikor is a következő heti

pénteket kellett ledolgoznunk. Egy szombat hatodik óra úgy, hogy az, az utolsó órájuk, nem sok jóval kecsesgető egy olyan osztályban, akik alpból nyelvi specializációsak, és az utolsó évük, amikor fizikát tanulnak. Főleg egy tanárjelölt számára. Ekkor jött az ötlet, hogy valahogy fel kell dobni az órát. A témakör pont kapóra jött. Az óra elején kikészítettem a gitárt a katedra mellé olyan helyre, hogy mindenki jól láthassa, de nem szóltam róla egy árva szót sem. Azért döntöttem így, mert úgy gondoltam, hogy ez pont jó lesz arra, hogy felkeltse a kíváncsiságukat és ezzel a figyelmüket. Az ötletem bevált, és az óra első felében, amikor szó sem volt semmi féle rockzenéről, meglepő figyelemmel és szellemi aktivitással álltak az órához főleg, ha még a szombat hatodik óra tényét is figyelembe vesszük. A



**19. ábra** Rory Gallagher és a híres Fender Stratocaster

gyakorlati alkalmazáshoz érve azt mondtam, hogy megnézünk néhány jelentős gyakorlati alkalmazót(!). Szándékosan használva személyre vonatkozó kifejezést. Majd szó nélkül felírtam egy nevet: Rory Gallagher. Természetesen senki nem tudta, hogy ki az illető, de gyanús kezdett lenni nekik valami, amikor a nyakamba vettem a gitárt, fölemeltem a tanári asztal tetejére a gitárerősítőt és bekötöttem gitárt. Az illető méltatlanul kevésbé ismert blues zenész egy rendkívül fülbemászó dallamát kezdtem játszani. Majd felírtam a következő szót: Metallica. Erre általánossá vált a kellemes közérzet, és az oldott hangulat. Játsoztam néhány metallica dallamot, volt, amit közkívánságra. Ezután megemlítettem még néhány általam fontosnak tartott előadót, majd rátértem az elméletre. Nyakamban a gitárral sétáltam a sorok mellett, és magyaráztam a feljebb már leírt működési elvet. A végén még néhány számot eljátszottam nekik, amit kitörő tapssal jutalmaztak. Ezt csak azért tartottam fontosnak leírni, mert jól mutatja a módszer alkalmazhatóságát, és a benne rejlő lehetőségeket.

Néhány pontot kiragadnék a fent leírt óramenetből, amiket lehetett volna másként csinálni, ha valakinek más a célja.

A gitár kihelyezése az óra előtt. Lehetett volna úgy csinálni, hogy a megfelelő pillanatban hozom elő a szertárból, de úgy gondoltam, hogy szükség lehet rá – a szombat miatt – a figyelem fenntartásában. Ezzel persze a meglepetést feláldoztam a biztonság oltárán, nem bíztam benne, hogy e nélkül is elég figyelmet kapok az óra első felében, ami pedig kellett ahhoz, hogy legyen értelme a végén a gitáros trükknek. Egy átlag hétköznapi órán a meglepetést választottam volna, még hozzá oly módon, hogy először kezdem írni a vázlatot, oly módon, hogy egy mindenki által ismert előadót írok fel először, már ez okoz egy elég jelentős meglepettséget, majd mindezek után jön a szertárból előhozott gitár és erősítő.

Tapasztalatom szerint a gyerekek – még a tantárgy iránt kevésbé érdeklődők is – rendkívül hálásak minden újszerű és váratlan hűzésért. Külön élményt jelenthet számukra valószínűleg az, hogy a legtöbb közülük eddig csak a videoklipekben láttak elektromos gitárt, legalább is én ennyi idős koromban így voltam velem, holott érdekelt a rockzene.

A rockzene említése fizika órán (megfelelő helyen és módon alkalmazva) nyújt még számunkra más lehetőséget is. Példaként most csak egyet ragadnék ki. Az egyenáramok és váltóáramok mérése kapcsán előkerülhet, ezek jelölése a műszereken. Sokat dobhat az osztály hozzáállásán, ha szóba hozzuk a mai napig rendkívül népszerű zenekart, az AC/DC-t. Nem csak a hozzáállást javítja, de könnyebben meg is jegyzi a tanulók, ha ilyen ismert és (általában) szeretett példához kapcsoljuk.

Végső tanulságként azt tudom levonni, hogy abszolút sikeres volt a kísérletem a rockzene fizika órán történő említésével, és ezen véleményemmel a szakvezető tanárom is osztozott. Egy fontos észrevétel pont az ő személyéhez fűződik, és úgy gondolom, hogy hasznos lehet megemlíteni. Úgy látta, hogy amellet, hogy a gyerekeket inspirálta és felcsigázta a gitár látványa, rám mint tanárra is nagyon jó hatással volt, persze nem maga gitár, hanem annak tudata, hogy milyen különleges dolgok fognak következni az óra későbbi szakaszában. Ez általánosan is igaz lehet, hogy ha valaki valami különleges dolgot tartogat a tarsolyában, akkor sokkal feldobottabban, lelkesebben áll az órához, ezt pedig a tanulók megérik, és átragad rájuk a lelkesedés. Ez valami olyasmit jelent, hogy az efféle módszerekkel nem csak a tanulókat, de saját magunkat is motiváljuk! A tanár lelkesedése és intenzív jelenléte az órán véleményem szerint mindennél fontosabb.



## Összegzés

A célkitűzésünk az volt, hogy megmutassuk, a fizika tanításában van létjogosultsága a művészetek motivációs eszközként való alkalmazásának. Ötletet próbáltunk adni olyan oktatási módszerek kidolgozásához, ahol a diákoknak saját érdeklődési körüket felhasználva tanítják az adott tantárgyat. Itt természetesen elsősorban a fizika tantárgy tanítására koncentráltunk, de hangsúlyoztuk azt is, hogy magát a természettudományos gondolkodást kell elsősorban mindenkivel megértetni, és arra kell törekedni, hogy a tanuló saját, esetleg ettől különböző gondolkodásmódjával azt összeegyeztesse, és maga alakítsa ki a végleges, komplex látásmódját. Ezt természetesen a többi természettudomány kapcsán is meg lehet tenni, sőt a legjobb az lenne, ha az egyes reáliákat tanító tanárok, egy összehangolt tantervet dolgoznának ki, ahol egymást kiegészítenék. Ezt úgy értem, hogy bizonyos témakörök kapcsán nehéz művészeti vonatkozásokat felhozni, viszont egy jól összehangolt rendszer esetén elérhető, hogy amíg az egyik (aktuális témaköréből adódóan) „hagyományos” módon tanít, addig egy másik tanórán kerülnek elő a művészeti utalások, és ehhez kapcsolódó feladatok, majd máskor pedig fordítva.

Az itt vázoltak inverzét is ki lehetne természetesen dolgozni nevezetesen, hogy a művészettel kapcsolatos tantárgyak tanításakor kerül elő a tudomány, mint motivációs eszköz. Ennek kidolgozása, másokra vár. Ezekből az itt említett eljárásokból viszont (reményeim szerint) kikristályosodik egy teljes körű helyi tanterv, amely már tökéletesen megoldhatja, az általunk itt ideálisnak nevezett nevelési rendszert. Egy ilyen formán, működő iskolából pontosan olyan fiatalok kerülnének ki, akik a bevezetésben vázolt leírásnak maradéktalanul megfelelnek.

Hangsúlyozni szeretném, hogy nem az alapos természettudományos képzés ellen szólalok fel, hanem az egyoldalúság ellen. Úgy gondolom, hogy a művészetek alkalmazásával nem jár együtt a természettudományos oktatás színvonalának esése. Az előző bekezdésben jellemzett komplex helyi tanterv csak olyan általános gimnáziumokban használatos, ahol a diákok nem rendelkeznek elegendő belső motivációval egyik terület irányába sem. Ilyenkor érdemes újszerű motivációs technikákat bevezetni. Egy olyan iskolában, ahol például működik fizika specializációs osztály, ott a diákokat szinte alig kell külsőleg motiválni a fizika tanulására, megteszik azt maguktól is. Ilyen osztályban a módszer fordítottja jelenti az ideális nevelést, vagyis a művészetek tanításában kell az őket érdeklő témaköröket felhozni motivációs eszközként. Ezzel érhetjük az általunk áhított eredményt, vagyis a „reneszánsz” embert. Az általunk itt vázolt módszer, mint ahogy azt már feljebb hangsúlyoztam a művészet iránt érdeklődő osztályok esetében alkalmazandó, és ilyen nyilvánvalóan több van, mint az előzőből.

Természetesen nem könnyű az általánosan elterjedt oktatási módszereket az általunk itt vázoltakkal kiegészíteni, de úgy gondolom, hogy van értelme a módszer alkalmazását megfontolni. Talán kiderült a dolgozatból, hogy nincs szükség drasztikus változtatásokra, hiszen ezek pusztán motivációs technikák, amelyek alkalmazása inkább hozzáállásbeli változást igényel a tanároktól. Ha valaki tényleg hasznosnak ítéli az itt leírtakat, akkor valószínűleg a személyisége is lehetővé teszi ezek alkalmazását. Minél többen próbálkoznak ezzel, annál jobban meg tudjuk majd ítélni a módszerek alapjául szolgáló elmélet helyességét. Ahhoz, hogy az elmélet minden részét igazoljuk, illetve cáfoljuk, természetesen fel kellene nőni egy teljes olyan nemzedéknek, akiket már az itt leírtakhoz hasonló elven tanítottak. Akkor tudjuk csak ténylegesen eldönteni, hogy valóban többre hivatott-e egy általános, kerek világgéppel rendelkező ember, egy kifejezetten a szakterületére specializált versenytársával szemben.

Én addig is hiszek a sokoldalú emberekben és abban, hogy egy tanárnak az alapvető feladata, az ilyen emberek nevelése!

## Felhasznált irodalom

- [1] Atkinson et al. (1999): Pszichológia. Második, javított kiadás. Bp., Osiris kiadó. 10. fejezet.
- [2] Nagy Anett: Motivációs stratégiák fejlesztése a fizika tanításában PhD dolgozat Szeged. (2005), második fejezet
- [3] Kepes György: Az új világ képe a művészetben és a tudományban, Corvina kiadó, első fejezet
- [4] Kepes György: Az új világ képe a művészetben és a tudományban, Corvina kiadó, bevezető
- [5] Szabadváry Ferenc – Egy túlértékelt technikus: Leonardo da Vinci / <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/errata/szabadvary-1.html>
- [6] [http://hvg.hu/Tudomany/20080503\\_mona\\_lisa\\_sfumato\\_anyag\\_elemzes.aspx](http://hvg.hu/Tudomany/20080503_mona_lisa_sfumato_anyag_elemzes.aspx)
- [7] <http://hvg.hu/Tudomany/20060330sfumato.aspx>
- [8] <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/errata/szabadvary-1.html> internetcímen található cikk, Szabadváry Ferenc fent említett írása után, melyet Hubik István fordított.
- [9] Dr. Kemenes Pál: Szellemtörténeti adalékok Leonardo anatómiai ábráihoz\* / <http://www.geocities.com/tapir32hu/leonard.html>
- [10] Tuska Ágnes: „... a működésben van a nyugalom” / <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/tuska.html>
- [11] Mezei Judit: A tudomány és a művészet összecsengése József Attila költészetében / <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/megcsapottak/mezei-jozsef-attila.html>
- [12] Tverdota György: József Attila költészetének kozmológiai vonatkozásai / <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/tverdota.html>
- [13] Fröhlich Georgina: Fizika a művészetben / <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/frohlich.html>
- [14] Budó Ágoston: Kísérleti fizika I. (1970) Nemzeti Tankönyvkiadó (1997) 101§