



A KUTATÁS ALAPÚ SZEMLÉLET ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A FIZIKA OKTATÁSÁBAN

Tudományos diákköri dolgozat

***ELTE TTK, Fizikai Intézet,
Anyagfizikai tanszék***

NAGY MÁRIA,
EPB94F,
Fizika-matematika tanári MA

Témavezető:
DR. RADNÓTI KATALIN,
Főiskolai tanár

Budapest, 2017.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés.....	4
2.	A kutatás leírása.....	5
2.1.	A kutatás előzményei és a motiváció.....	5
2.2.	Célkitűzés, relevancia	6
2.3.	A módszer elméleti háttere	7
2.3.1.	A kutatás alapú tanulás/tanítás (KAT) leírása röviden	7
2.3.2.	A KAT/IBL szemlélet előnyei.....	8
2.3.1.	Tudományfilozófiai kitekintés: A hipotézisek szerepe.....	11
2.4.	A konkrét szakmódszertani kutatás ismertetése.....	12
2.4.1.	A kutatás alanyai.....	12
2.4.2.	A kutatás eszközei	13
2.4.2.1.	Szövegfeldolgozási munkalapok.....	13
2.4.2.2.	Didaktikus szakcikkek/laboratóriumi kísérletleírások	14
2.4.2.3.	Laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek.....	15
2.4.3.	A kutatás metódusai.....	17
2.4.3.1.	Szövegfeldolgozási munkalapok:.....	17
2.4.3.2.	Didaktikus szakcikkek/laboratóriumi kísérletleírások	19
2.4.3.3.	Laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek.....	19
3.	Hipotézisek.....	21
4.	Feldolgozásra javasolt tananyagok.....	23
4.1.	Kutatás alapú szövegfeldolgozás	23
4.1.1.	A rádium felfedezése	23
4.1.2.	A halevő madarak zsákmányszerzése és a fénytörés (biooptikai szöveg).....	24
4.1.3.	A spektroszkópia (színképelemzés) tudománytörténeti megközelítése	25
4.2.	Didaktikus szakcikkek/ laboratóriumi kísérlet-leírások kutatás alapú tanuláshoz.....	26
4.2.1.	A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a mérés elvi alapjai és érdekességek.....	26
4.2.2.	A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a konkrét mérés és a kiértékelés.....	27
4.2.3.	RFA (Röntgenfluoreszcencia-analízis) elvi alapjai	28
4.2.4.	A spektroszkópia (színképelemzés) egy napjainkban való alkalmazása.....	29
4.3.	Laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek	30
4.3.1.	Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése.....	30
4.3.2.	Alkohol – víz elegy vizsgálata az összetétel függvényében	30
5.	Kutatási eredmények: elemzések, tapasztalatok	31
5.1.	Kutatás alapú szövegfeldolgozás	31
5.1.1.	A rádium felfedezése	31

5.1.2.	A halevő madarak zsákmányszerzése és a fénytörés (bioptikai szöveg).....	32
5.1.3.	A spektroszkópia (színképelemzés) tudománytörténeti megközelítése	32
5.2.	Didaktikus szacikkek/laboratóriumi kísérlet-leírások kutatás alapú tanuláshoz.....	37
5.2.1.	A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a mérés elvi alapjai és érdekességek.....	37
5.2.2.	A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a konkrét mérés és a kiértékelés.....	41
5.2.3.	RFA (Röntgenfluoreszcencia-analízis elvi alapjai)	46
5.2.4.	A spektroszkópia/színképelemzés egy napjainkban való alkalmazása	52
5.3.	Laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek	56
5.3.1.	Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése.....	56
5.3.2.	Alkohol – víz elegy vizsgálata az összetétel függvényében	56
6.	Reflexió	57
7.	Összefoglalás, konklúzió.....	59
8.	Köszönetnyilvánítás.....	60
9.	Hivatkozások	61
10.	Mellékletek.....	67
4.	Fejezethez tartozó mellékletek	67
4.1.1.-hez	tartozó melléklet: A rádium felfedezése	67
4.1.2.-hez	tartozó melléklet: A halevő madarak zsákmányszerzése és a fénytörés (bioptikai szöveg)	67
4.1.3.-hoz	tartozó melléklet: A spektroszkópia (színképelemzés) tudománytörténeti megközelítése.....	68
4.2.1.-hez	tartozó melléklet: A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a mérés elvi alapjai és érdekességek.....	78
4.2.2.-hez	tartozó melléklet: A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában – a konkrét mérés és a kiértékelés	78
4.2.3.-hoz	tartozó melléklet: RFA (Röntgenfluoreszcencia-analízis) elvi alapjai	78
4.2.4.-hez	tartozó melléklet: A spektroszkópia (színképelemzés) egy napjainkban való alkalmazása.....	79
4.3.1.-hez	tartozó melléklet: Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése [16]	88
4.3.2.-hez	tartozó melléklet: Alkohol – víz elegy vizsgálata az összetétel függvényében.....	93
5.	Fejezethez tartozó mellékletek	94
5.3.1.-hez	tartozó melléklet: Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése.....	94
11.	Függelék	98

NYILATKOZAT

Én, Nagy Mária teljes felelősségem tudatában kijelentem, hogy a benyújtott TDK-pályamunka a szerzői jog nemzetközi normáinak tiszteletben tartásával készült.

1. BEVEZETÉS

A fizika oktatása során is célszerű/adekvát lehet modern módszerek alkalmazása, egyik ilyen a kutatás alapú tanulás/tanítás (rövidítve KAT vagy IBL¹).

Ezáltal jobban **segíthetjük a diákok tudáskonstruálási folyamatát**, mint egyes más, kisebb önállóságot és személyes érintettséget igénylő módszerek esetében. Emellett **a módszer alkalmazásával együtt megjelenő tanulás/tanítás-filozófia számottevően hozzájárulhat a tanulók személyiségfejlődéséhez/fejlesztéséhez, a gondolkodási sémáik felépítéséhez, kompetenciáik fejlesztéséhez is.**

Ez fontos lenne, mert **a PISA mérések eredményei szerint sajnos nagyon rosszul teljesítenek a magyar iskolások természettudományokból**, matematikából és szövegértésből egyaránt [\[22\]](#), [\[52\]](#), [\[56\]](#), [\[57\]](#). Ezen a helyzeten valamiképp javítani kellene, többek közt annak érdekében, hogy nagyobb szakmai, társadalmi és személyes terük lehessen a magyar fiataloknak a jövőben. Illetve szintén kiemelendő, hogy **azért is fontosak lehetnek a reformtörekvések a fizika szakdidaktika területén, mert a fizikatanítás rossznak mondható helyzetben van.** Az elmúlt évtized tapasztalatai alapján *kismértékben kerülnek elő modern didaktikai módszerek a fizika tanórákon (például differenciálást jelentő munkaformák, diagnosztikus és formatív értékelés, fejlett IKT eszköztár, stb.); csekély az integrált szemléletű tanulás/tanítás; kevés a szaktanár és a fizika iránt nyitott érdeklődő diák; problémát jelent a szaktárgyi tudás alkalmazásának megvalósítása; a tantárgy számottevően visszaszorult, óraszámcsökkentések, és egyéb jelentős veszteségek érték* [\[21\]](#), [\[48\]](#), [\[49\]](#), [\[50\]](#), [\[51\]](#).

Továbbá **fontos kérdés az is, hogy a diákok hogyan érzik magukat a tanórai tevékenységek során, élvezik-e magát a tudáskonstruálást.** A kutatás alapú tanulás/tanítás alkalmazása *megfelelő innováció lehet ahhoz, hogy eljuttassuk a fiatalokat a flow-élményhez², az új tudás mellett gazdagíthassuk tanítványainkat személyes élményekkel, tapasztalatokkal is.*

A TDK-dolgozatban ismertetem a kutatás alapú szemlélet bizonyos felhasználási lehetőségeit a fizika tanításában. Az elméleti és kutatómódszertani részt, a KAT-szemlélethez alkalmasnak tartott, bizonyos szempontból különböző típusú tananyag-javaslatok követik, melyekhez elemzés és kipróbálási tapasztalatok leírása is tartozik.

¹ Inquiry-Based Learning

² ld. [\[1\]](#), [\[44\]](#), hosszabb kifejezéssel kognitív katarzisként (megismerési folyamatban átélt érzelmi tetőpont) mondanám

2. A KUTATÁS LEÍRÁSA

2.1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI ÉS A MOTIVÁCIÓ

A kutatás előzményei:

- BSc-s tanulmányaim során a 2012/13-as tanévben már írtam egy TDK dolgozatot, *Matematikai eszközök a fizika tanításában* címmel, szintén Dr. Radnóti Katalin témavezetésével; ennek egy rövid szegmensében írtam a kutatás alapú tanulásról, mint módszertani javaslatról [47].

A dolgozat nagyobb része a fizika és matematika integrált szemléletben történő tanulásáról/tanításáról szólt, fizikából továbbtanulni szándékozó diákok esetére nézve.

- Mindkét iránnyal foglalkoztam a továbbiakban *publikációk* és *konferencia-előadások* formájában (publikációs jegyzék a [Függelékben](#) szerepel), valamint egy MTA-s szakmódszertani előpályázat *hallgatói segítőjeként* is. A pályázat címe „Szakmódszertani kutatások és fejlesztések koncepciójának kidolgozása a fizika tantárgy „A” kerettanterv szerinti általános és középiskolai oktatásához” volt, témavezető: Dr. Ádám Péter.

A tudományos tevékenység által többek közt arra a következtetésre jutottam, hogy nem kellene diszjunktnak (elkülönültnek) kezelnem a két irányt. Hiszen a KAT/IBL módszer alkalmazása során jó lehetőségek adódnak a fizika és a matematika, vagy a fizika és bármely más/ több más diszciplína integrált-interdiszciplináris tanulására/tanítására. Így értelemszerűen annál holisztikusabb és eklektikusabb szemlélet konstruálható e módszer segítségével, mintha csak két tantárgyra koncentrálna a pedagógiai transzfer és integrált megközelítés.

- A korábbi és jelenleg is aktuális munkáimra reflektálva arra jutottam, hogy **értelmes lehet egy tudományos diákköri dolgozatban összefoglalni a KAT/IBL-módszerrel és -szemlélettel kapcsolatban eddig megkonstruált mondanivalót és tartalmakat az alábbi motiváció okán.**

Motiváció:

A kutatás alapú tanulás/tanítás egy olyan oktatási módszer, ami összhangban van a **konstruktivizmus**³ oktatáselméleti irányzat elveivel. **Ez egy olyan elméleti keret, melynek alkalmazása magával vonja a tanítványok nagymértékű személyes-egyéni érintettségét, a tudáskonstruálás egyéni jellegének előtérbe kerülését, a prekonceptiók és hipotézisek jelentős szerepének elismerését, valamint a kognitív konfliktusok és paradigmaváltások szükségesnek tekintését.**

³ A konstruktivista megközelítés egy ismert neveléseméleti irányzat. Nem témája TDK-mnak az elmélet részletes kifejtése, azonban folyamatosan használom az elméleti keret fogalmait és szemléletét. A konstruktivizmusról részletesen olvashatunk magyar és idegen nyelvű szakirodalomban egyaránt. A dolgozat egészében megjelennek az általam elsajátított, ezekből megismerhető elemek, kifejezések és gondolatok: [2], [33], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43].

Tehát a kutatás alapú tanulás/tanítás filozófiában **kiemelt a tanulás egyszerre kognitív és affektív tevékenység mivolta**, mely fontos és érdekes tárgyalandó téma lehet; különösen azok számára, akik a pedagógia és pszichológia iránt erős affinitást és elköteleződést éreznek és/vagy konstruktivista nézeteket vallanak.

Továbbá **a kutatás alapú szemlélet alkalmazása a fiatalok nagyobb érdeklődését keltheti fel a fizika iránt**, mint olyan módszerek, melyekben a tanulók csekélyebb aktivitása és kisebb egyéni érintettsége jellemző. Így **könnyebben tud élményértékű is lenni maga a tanulás**.

Ezzel összhangban lehet **sikeresebb a diákok tudáskonstruálása, a kompetenciafejlesztés, gondolkodási sémáik fejlesztése, értékrendjük megkonstruálása, attitűdjeik formálása**. Ez a módszer **tehát igen megfelelő lehet a természettudományos szemlélet megkonstruálásának segítéséhez is**. Így **a fizikatanítás jelenlegi helyzetére is pozitív hatással lehet** ezen modern didaktikai módszer felhasználása; mely többek közt *teret enged a differenciálást jelentő munkaformáknak, a diagnosztikus és a formatív értékelésnek, a fejlett IKT eszköztár alkalmazásának, az integrált szemléletű tanulás/tanításnak, valamint segítheti az alkalmazható szaktárgyi tudás megkonstruálását*.

Azáltal, hogy a diákok személyisége nagyobb szerepet kap egy ilyen tanulási folyamatban, **jobban megismerhetjük a diákjainkban „rejlő” SELF-et⁴, elősegíthetünk pozitív eredménnyel járó csoport-dinamikai folyamatokat, támogathatjuk a bizalommal átszótt tanulási légkör megvalósulását is**.

2.2. CÉLKITŰZÉS, RELEVANCIA

- A tudományos diákköri dolgozat globális célja **bemutatni, metakognitív szintre emelni a pedagógusok számára, hogy a kutatás alapú szemlélet hogyan jelenhet meg a fizika tanórán, valamint javaslatok megfogalmazása adaptív és adekvát tartalmakra vonatkozóan**.
- Fontos, hogy kiemeljem, **miért lehet praktikus, hasznos a javasolt módszer alkalmazása**. Ezzel konzekvensen az analitikus cél, hogy **vizsgáljam, a fiatalok hogyan tudják teljesíteni a kutatás alapú szemlélet ihlette tanulás/tanítás során felmerülő feladatokat, és ez a fajta tudáskonstruálási folyamat hogyan segíti a diákok gondolkodási sémáinak, kompetenciáinak, személyiségének megismerését és fejlesztését**.
- **A téma relevanciája magától értetődő**: Fontos, hogy tárgyaljuk egy olyan modern módszer alkalmazási lehetőségeit a fizika szakmódszertanban, mely **kompetenciákat fejleszt**,

⁴ ld. [3], leegyszerűsítve énreprezentáció, énfogalom.

integrált szemléletet von magával, igényli a diákok nagymértékű személyes érintettségét, az önállóságot, a saját tapasztalatokat, s felkeltheti/fenntarthatja érdeklődésüket a fizika iránt, motiválhatja őket a fizika tanulására, művelésére, lehetőséget kínál az IKT eszköztár, a differenciálás, valamint a diagnosztikus és formatív értékelés alkalmazására.

- Az előbb szerepelt gondolattal egyezően „**az eredményes tanuláshoz szükséges átfogó kompetenciák elsajátításának fontosságára mutatott rá a PISA nemzetközi vizsgálat is**” [28], [45]. Ez kiemelte a tanulók motivációjának, attitűdjének, valamint a tanulás szabályozására való képességének szerepét is, a diszciplináris teljesítmény mellett.
- Ezzel összhangban releváns az is, hogy a pedagógusok számára bemutassak egy lehetőséget arra, hogy **a nehéz helyzetben lévő fizika tantárgy keretein belül hogyan fejleszthetik tanítványaik alkalmazható tudás kialakítására és önszabályozott (vagy önszabályozó) tanulásra** [29], [30], [32] vonatkozó attitűdjeit és készségeit.

2.3. A MÓDSZER ELMÉLETI HÁTTERE

2.3.1. A KUTATÁS ALAPÚ TANULÁS/TANÍTÁS (KAT) LEÍRÁSA RÖVIDEN

„Több országban elterjedt gyakorlat *a természettudományos nevelés, mint kutatás, illetve a kutatásalapú természettudomány-tanítás koncepciója*, amelynek lényege, hogy **a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit. A kutatás alapú tanulás/tanítás, rövidítve KAT (angolul Inquiry-Based Learning, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a tudásalkotás folyamatait.**” [24] Ezt a megközelítést adekvát lehet hazánkban is elterjeszteni. „Legfőbb sajátossága a kutatás által stimulált tanulás, amely teljes mértékben **tanulócentrikus** megközelítés, ami egyben **utat jelent az önszabályozó tanulás felé, a tanulás aktív folyamatként való megközelítésére helyezi a hangsúlyt.** A természettudomány tanulásával kapcsolatban használatos még az IBST (Inquiry Based Science Teaching) kifejezés is, amely inkább a tanításra koncentrál, míg az előbb említett módszer talán inkább a tanulók tanulására fókuszál.” [24]

„A módszer fő jellegzetessége, hogy **a diákok végezzenek kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket** a természettudomány tanulása során, mint:

- **problémák keresése,**
- **kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása,**
- **hipotézisek megfogalmazása,**
- **különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,**
- **kutatások tervezése, vezetése,**

- **megfelelő eszközök és technikák használata az adatok gyűjtéséhez,**
- **az adatok elemzése,**
- **a természettudományos érvek/indokok közlése.**

A tényleges kutatási tevékenység manuális elvégzésére azonban nem mindig, nem minden téma esetében van közvetlen lehetőség. Ilyen esetekben lehet például **filmet nézni** a kutatásról, de lehet **érdekes kutatásokról szóló beszámolókat is olvasni és azokat a szövegeket feldolgozni.** Ez utóbbi esetben a feldolgozásnak nemcsak a konkrét szakmai tartalmára érdemes kitérni, hanem a kutatás menetének, a kutatás módszereinek elemzésére is. Erre azért van szükség, mert *napjaink embere sokféle kutatási eredményről értesül a közmédiából.* Ezek egy része tényleges, valódi kutatásnak tekinthető, de nagy részük sajnos az áltudományos kategóriába sorolható. **A természettudományos tanóráknak tehát fontos kompetenciafejlesztési feladata, hogy a diákok képesek legyenek a ténylegesen tudományosnak tekinthető híradások elkülönítésére az áltudományos közlésektől.”** [5]

A szakirodalom ennél részletesebben is kifejti az itt röviden szereplő módszert [6], [23], [24], [25], [26], [27]. Jelen dolgozat a kutatás alapú szemléletre helyezi a hangsúlyt, így úgy gondolom, nem feltétlenül szükséges részletesebb ismertetés.

2.3.2. A KAT/IBL SZEMLÉLET ELŐNYEI

A KAT/IBL módszer alkalmazása során a kutatással kapcsolatos/kutatási jellegű tevékenységek elvégzése során **a feladatok típusai és elvégzésének módjai széles határok közt mozognak.** Ez megközelítésem szerint **alkalmas arra, hogy adott feladat, tevékenység igazodjon a fiatalok személyiségéhez, igényeihez, erősségeihez, határaihoz.** Valamint eközben **sikeresen fejleszthetjük a szaktárgyi kompetenciákat is.**

A módszer jellemzői úgy gondolom, **a klasszikus tanári szerep egyértelmű megváltozását követelik meg,** ezt az állítást a szakirodalom is alátámasztja [24]. Egy ilyen tanulási/tanítási folyamatban **a tanár a tudáskonstruálási folyamat elősegítője, facilitátora,** nem pedig elsősorban a tudás forrása.

Maga **a tanulásfogalom is másként értelmezendő a KAT/IBL módszer szemléletében, mint a más szemléletű, klasszikus koncepciók esetében:** véleményem szerint a konstruktivista pedagógia alaptételével összhangban, ebben a szemléletben *„a tanuló ember nem átveszi a tudást, a tudás nem közvetítődik, hanem a tudást a tanuló ember maga hozza létre, maga konstruálja magában”* [32], [33], [34], [35], [39].

Az előbbiekkal összhangban véleményem szerint **a KAT/IBL módszer igen jól használható az alábbi célokra:**

- **aktív tanulásra, a konstruktivizmus filozófiai elveinek érvényesítésére,**

- az **egyéni tudás/ismeret kompetenciák** megkonstruálásának támogatására,
- a **vizuális, motoros, és auditív tanulás** egyaránt való alkalmazására,
- a **kognitív konfliktusok** és **paradigmaváltások** ⁵ megélésén való átsegítésére, és a hatékonyabb fogalomalkotás [\[11\]](#) támogatására,
- **természettudományos szemlélet** formálására (pl. jelenségek megértése és vizsgálata, törvények/szabályok és szimmetriák kezelése) és az **alkalmazható tudás** kialakítására,
- a **gondolkodási sémák** kialakításának támogatására és fejlesztésére,
- **problémaszituáció kezelésének megtanulására**: „a problémaszituáció megértése és annak kutatási programmá való alakítása”, „egy szöveg adta probléma szituációba való behelyezése” [\[21\]](#),
- az **absztrakt és analitikus gondolkodás** egyaránt való fejlesztésére és **következtetési készség** kidolgozására (pl. az eredmények elemzésekor),
- a **hipotetikus gondolkodás és a feltevések (hipotézisek) megfogalmazásának** segítésére,
- **kritikus gondolkodás** fejlesztése,
- **metakognitív folyamatok** ⁶ elősegítése (pl. megismerési folyamatok dokumentált monitorozása és az eljárás/tevékenységek megtervezése által),
- az **eklektikus és holisztikus szemlélet** megkonstruálásának támogatására, **integrált-interdiszciplináris megközelítés** előnyben részesítésére,
- a **pedagógiai** (tudás-, készség-, attitűd-, autonómia-) **transzfer** segítésére,
- **készség/képesség kompetenciák** kialakításának támogatására és fejlesztésére (pl. szakszövegek megértése, kutatási kérdés megfogalmazása, leírt módszer reprodukálása),
- a **lifelong learning (egész életen át tartó tanulás)** igényének és az ehhez kapcsolódó kulcskompetenciák megalapozására [\[28\]](#), [\[31\]](#),
- a **fejlett IKT eszköztár** tanórába való bevonására,
- **differenciálásra** – ez nagyon fontos elem!,
- **kognitív és affektív sajátosságok** megismerésére és tudatosítására – hiszen *fontos, hogy a tanárok és maguk a diákok megértsék, illetve elismerjék a tanulók egyéni sajátosságait* [\[1\]](#),
- **csoportmunkára, differenciált csoportmunkára**; pl. MOZAIK I. módszer, Mozaik II. módszer, Puzzle, szakértői csoport, stb. [\[2\]](#), [\[3\]](#),
- a **személyközi interakciókban megjelenő kompetenciák** fejlesztésére, a kooperatív munkához szükséges **szociális készségek** kialakítására/fejlesztésére,

⁵ Ezen fogalmak kiemelkedő fontosságúak a konstruktivista tanuláselméletben [\[24\]](#), [\[36\]](#), [\[37\]](#), [\[43\]](#).

Paradigma: „olyan, általánosan elismert tudományos eredmények, amelyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak.” [\[23\]](#)

⁶ ld. [\[58\]](#), leegyszerűsítve a mondanivalót: a tudásról és megismerés folyamatáról szerzett tudás

- a **komprehenzív iskola modellel**⁷ konzekvens nézetek megismertetésére,
- az **attitűdök** formálására,
- az **inklúzó** megvalósítására, **toleráns és bizalmi tanulási légkör** kialakítására [20],
- „**minden egyes gyermek nevelési szükségleteinek kielégítésére**” [4],
- **tanulási zavarral/tanulási akadályokkal** – diszlexia, diszgráfia, diszkalkulia, ADHD, diszfázia, stb.–⁸ küzdő növendékek tanulási készségeinek fejlesztésére, ugyanakkor **tehetséggondozásra** is,
- **reflektív és önszabályozó tanulásra és tanításra**
- **formatív/fejlesztő értékelés** alkalmazására,
- **személyiségfejlesztésre**, a visszajelzések által az **énkép formálására**,
- a „diákokban rejlő” **SELF⁹ jobb megismerésére** a tanárok számára.

A felsorolt pozitív jegyek **összhangban vannak a szakmai prioritásokkal, a szakirodalomban megjelenő pedagógiai alaptételekkel** [32], és a **szakdidaktikai fejlesztési célokkal** [21]. Illetve a külföldi publikációkban is megjelennek az IBL előnyeiként a fentiekkel közös álláspontot tükröző elemek: aktív tanulás és hatékonyabb fogalmi megértés [53], motiváció növelése [54], és a megismerés folyamatáról szerzett tudás gyarapítása [55].

Kiemelendő, hogy a kutatás alapú szemléletű módszer **fejleszti a kompetenciákat**¹⁰, melyre a **PISA mérések eredményei szerint kifejezetten nagy szükség van** [8], [31], [52], [56], [57].

Valamint fentiek megvalósulása **támogatja a hatékony tudáskonstruálást lehetővé tevő tanulási környezet**¹¹ megvalósulását is. S az ilyen módon komplex (sokrétűen affektív és kognitív) tanulási folyamat által **nagyobb lehetőségünk nyílna arra, hogy hozzásegítsük a diákokat az egyéni flow-élmény**¹² minél többszöri megéléséhez.

A fentiek fényében elmondható az a fontos elem is, hogy a módszert **alkalmazva jól megvalósulhatnak az oktatás funkciói**: az egyének személyiségének alakítása; társadalmi integráció biztosítása – ezen inkább inklúzió értendő; társadalmi változások elősegítése vagy fékezése; a kultúra újratemtése; különböző közvetlen és szolgáltatási funkciók ellátása; a gazdaság

⁷ Ld. [1], valamint „komprehenzív iskolarendszer: az iskolák közötti különbségek kicsik, iskolán belül a tanulók közötti különbségek (szülők iskolai végzettsége, anyagi helyzete) nagyok. A komprehenzív iskolarendszerben a tanulói csoportok összetétele heterogén.” [20]

⁸ Ld. [7], leegyszerűsítve diszlexia=olvasással kapcsolatos kognitív zavar, diszgráfia=írással kapcs. kogn. zavar, diszkalkulia=számolással kapcs. kong. zavar, ADHD=figyelemhiányos hiperaktivitás-zavar, diszfázia=beszéddel kapcsolatos kogn. zavar.

⁹ Ld. [3], leegyszerűsítve énreprezentáció, énfogalom.

¹⁰ Ezen itt a fogalom értendő, részletesen a szakirodalomban olvasható. Röviden: „A kompetenciát úgy kell tekinteni, mint olyan általános képességet, amely a tudáson, a tapasztalaton, az értékeken és a diszpozíciókon alapszik, és amelyet egy adott személy tanulás során fejleszt ki magában” [45]

¹¹ „A tanulási tevékenység számára biztosított eszközök, a térbeli és időbeni viszonylatok, a tanítási - tanulási folyamat terve, értékelési technikái, az elképzelt tanulási folyamat elképzelt logikája, koncepcionális háttere, a munka megszervezésének körülményei, azok a speciális eljárások, amelyeket az elképzelt folyamatban fel kívánunk használni, a gyermekek közötti, valamint a pedagógus - gyermek interakciók jellege, lehetőségei, a felhasznált információhordozók és más eszközök egy rendszert alkotnak.” [38]

¹² Ld. [1], [44], hosszabb kifejezéssel kognitív katarzissnak (megismerési folyamatban átélt érzelmi tetőpont) mondanám.

növekedésének és működésének elősegítése; a társadalmi struktúra újratermelése; politikai rendszer legitimálása [1].

Tehát a kutatás alapú szemlélet egy olyan módszertani eszme, mely előnyös lehet az egyén, az iskola, az oktatás, a tudomány – mind a pedagógia mind a diszciplínák – és a társadalom számára egyaránt.

2.3.1. TUDOMÁNYFILOZÓFIAI KITEKINTÉS: A HIPOTÉZISEK SZEREPE

A diákok szempontjából véleményem szerint az alábbiak lehetnek a hipotézisek szerepei:

- **Intrinzik motiváció értékkel bírhat**, mert az iskolásokat sok esetben spontán foglalkoztatja a kérdés, hogy ha valamit feltételeznek, az megvalósul-e.
 - Ha igen, sikerélményt és önigazolást jelent számukra, hogy megvalósult hipotézisük;
 - ha nem, megmozgatja kognitív rendszerüket az a kérdés, hogy miért nem az történt meg, amit feltételeztek; nem történt-e esetleg malőr a kivitelezésben.
- **Fejlesztheti a gondolkodási sémákat, a kompetenciákat** (tudás/ismeret, készség/képesség, attitűd, autonómia), **a holisztikus –interdiszciplináris – integrált – absztrakt szemléletet**, ha
 - a diákoknak végig kell gondolniuk, egyáltalán mik lehetnek egy megvalósuló folyamat kimenetelei,
 - ezek közül mit várnak egy folyamat végeredményeként,
 - ezt a feltevést megfogalmazzák,
 - a hipotézisüket esetleg még alá is támasztják érvekkel.

Ekkor például a fizika tanóra keretében fejlődik logikus gondolkodásuk (ami fontos a matematikában, a nyelvekben, a természettudományokban, a történelemben, stb.), s alakul szövegalkotási készségük és érvelési kultúrájuk is.
- **Érzékeltetheti, hogy a tanórai tevékenységek során fontos a tanulók egyéni véleménye, gondolatai az adott témakörrel kapcsolatban.** Ez azért lehet fontos, mert segíthet abban, hogy
 - a fiatalok **nyitott attitűdöt és személyes érintettséget** érezzenek a tanórai tevékenységek iránt,
 - **ne lépjen fel pszichikai gát** a fizika tanulásával szemben.
- **Ráirányítja a diákok figyelmét** az éppen tanulmányozandó jelenségre.
 - Ez egyrészt azért célszerű, mert **aktivizálja korábban kialakított, már meglévő kognitív sémákat** az adott témára és tevékenységrendszerre vonatkozóan;
 - másrészt **jobban leköti a fiatalok egyébként sokszor divergens figyelmét.**

A pedagógus aspektusából véleményem szerint az alábbiak lehetnek a hipotézisek szerepei:

- **Diagnosztikus mérés értékű**, adekvát a következőkhöz:
 - A tanítványok előzetes tudásának, prekoncepcióinak megismerésére,
 - Tévképzeinek feltérképezésére.

Utóbbi következtében ez **időspórolást jelenthet**:

Hiszen egyrészt nem az egymásra rakódott tévképzeteket kell tisztázni, hanem csak azok csekélyebb mennyiségű alappilléreit.

Másrészt *nem alakulnak ki további didaktogén tévképzetek*, melyek feloldása nehezebb és hosszadalmasabb folyamat.

- Tovább folytatva a gondolatot: **könnyebb segíteni a tantárgy tényleges szemléletének megkonstruálását, ha ugyanabból a pontból indul el a tanulási/tanítási folyamat adott szakasza** (pl. egy kísérlet elemzése, egy résztema feldolgozása), **ahol a diákok tudásrendszere az adott kezdeti pillanatban áll.**
 - Ekkor kisebb a valószínűsége annak, hogy a növendékek betanulják az órán elhangzott elemeket, nagyobb eséllyel valódi a tudáskonstruálás.
 - Ugyanis nem áll fenn, hogy a tanulóknak kellene igazodniuk folyamatosan az óra tőlük eltérő ritmusához, közös alapok hiányában; mely nehéz, csaknem lehetetlen egy diák számára.
 - Ahogyan az sem áll fenn, hogy a pedagógusnak kell folyamatosan divergensen ugrálnia a feldolgozandó tananyag tartalmában és logikai elemeiben ahhoz, hogy a tanítványai tudáskonstruálási folyamatát hozzájuk igazodva segíteni tudja.
- **Könnyebb felépíteni például egy differenciált egyéni vagy csoportmunkát**, ha tudjuk, melyik diákunk milyen hipotézisekkel rendelkezik.
 - Esetleg egy csoportba tehetünk azonos hipotézist mondó embereket, s feladatuk lehet hipotézisük alátámasztásának felépítése. Vagy épp a különböző nézeteket is egy csoportba tehetjük, hogy szakmai vitát generáljunk.
 - Ha valaki különleges hipotézist állít fel, esetleg érdemes lehet a diákkal egyénileg foglalkozni.
- **Visszajelzést kaphatunk arról, hogy mennyire tudják tanítványaink felhasználni a korábbi tudásrendszerüket, mennyire volt sikeres a tanítási folyamatunk.**
- **Segítheti a bizalommal átszőtt tanulási/tanítási légkör kialakítását.**

2.4. A KONKRÉT SZAKMÓDSZERTANI KUTATÁS ISMERTETÉSE

2.4.1. A KUTATÁS ALANYAI

A vizsgálat megvalósítása több közép- és alapfokú közoktatási intézmény (konkrétan általános iskola és gimnázium) tanulócsoportjaiban történt, az alanyok a diákok voltak. A tanulócsoport létszáma az egyes intézményekben eltért, szerepelt fél osztály, kis létszámú osztály és nagyobb létszámú osztály, valamint vetélkedő 3-4 fős csapatai is.

A vizsgálatba bevont tanulócsoportok:

- általános iskolák diákjai (elismert és kevésbé elismert intézmények);
- gimnáziumi tanulók (elismert és kevésbé elismert intézmények);
- gyakorlóiskolák tanulói.

Többféle tanulócsoportot és erősen különböző intézményeket tanulmányoztam, s ezek **jellemzően (karakterisztikusan) le is írják a valóságot**. Azonban korlátozott számú tanulócsoportot

vizsgáltam, s a választásom nem véletlenszerű (hanem saját választás) volt, így reprezentatív jelzővel nem illelhető a kutatás. A kutatásokba bevont tanulók száma összesen 206¹³ volt.

2.4.2. A KUTATÁS ESZKÖZEI

A kutatás eszközeiként a következők voltak jelen: *általános és/vagy középiskolás diákok számára is érthető, tanórai feldolgozásra/tanórán kívüli munkára alkalmas szövegfeldolgozási munkalapok*, direkt erre a célra írt **didaktikus szacikkek/laboratóriumi mérési leírások**, valamint **laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek**.

2.4.2.1. SZÖVEGFELDOLGOZÁSI MUNKALAPOK

A KAT/IBL módszer szemléletének megfelelő, **tanórai szövegfeldolgozásra /tanórán kívüli munkára alkalmas szövegek**, bizonyos eredeti szakszövegek felhasználásával készültek.

- Az **eredeti szakszövegek** olyanok voltak, melyek a felfedezés vagy innováció logikai menetét, szemléletét és a kutatás lépéseit jól leíró **tudománytörténeti, paradigmaváltó vagy ismeretterjesztő jellegű írások** voltak.
- Ezeken a szövegen többször csak **szerkezeti/fogalmazásbeli változtatások** történtek, amik a tartalmat nem érintik, de **a diákok számára megkönnyítik az értelmezést**.
- **A feldolgozandó szövegek vége is kibővült**: szintén a munkalapra kerültek a diákok **tudáskonstruálását segítő kérdések**, melyek a kiértékelés alapjául szolgáló eszközt is jelentették. Ezeket a kérdéseket a Témavezetőmmel közösen alkottuk meg. *A kérdésekre a diákoknak válaszolniuk kellett.*
- A szövegfeldolgozási feladat kérdései közel azonosak voltak a feldolgozandó szövegek esetében, **a KAT/IBL szempontjából lényeges elemekre világítottak rá**:
 - 1.) *Mi volt a kutatási kérdés?*
 - 2.) *Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?*
 - 3.) *Milyen egyszerűsítésekkel éltek a kutatók a vizsgálatok során?*
 - 4.) *Milyen mérés sorozatokat végeztek a kutatók?*
 - 5.) *Mi volt a kísérleti és az ellenőrző (kontroll) mérés?*
 - 6.) *Hogyan elemezték a kapott adatokat?*
 - 7.) *Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?*
 - 8.) *Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?*
 - 9.) *Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?*
 - 10.) *Ti milyen vizsgálati eljárást, kísérleti berendezést terveztek volna?*
 - 11.) *Milyen egyéb mennyiségeket mértetek volna meg és hogyan?*
- A **legújabb** megkonstruált, kutatás alapú feldolgozáshoz szolgáló didaktikai javaslat **némileg eltér** a korábbiaktól:

¹³ Ez a szám azt jelöli, hogy a TDK-dolgozat leadásáig hány darab tanulói válaszsorot elemeztem ki mindösszesen, az összes tananyag-javaslatra vonatkozóan.

- A feladatlapra **filozófiai jellegű kérdéseket is** írtam annak érdekében, hogy legyen olyan elem, melynek végiggondolása **fejlesztheti a diákok természettudományos szemléletét és tudományfilozófiai affinitását, valamint az ezekhez kapcsolódó kompetenciáikat.**

Ezek a kiértékelés szempontjából utalhatnak a diákok ilyen gondolkodásának és kompetenciáinak pillanatnyi állapotára is, azaz **diagnosztikus értékelés jellegű** szerepet is betölthetnek.

- Valamint **olyan kérdéseket is** szerkesztettem ebbe a kérdéssorba, amelyek **fejleszthetik a holisztikus gondolkodást és a kapcsolódó kompetenciákat.**

A kiértékelés szempontjából ezen kérdés válaszai arra utalhatnak, hogy mennyire képesek holisztikusan gondolkodni a diákok. Tehát a válaszok ezúttal is **diagnosztikus értékkel** rendelkezhetnek.

- Továbbá néhány **attitűdökre vonatkozó kérdés is szerepelt.** Ennek fontos szerepe lehet abban, hogy **a természettudományos szemlélet elemeiből, a diákok ne csupán a tudás/ismeret és készség/képesség szegmenseit konstruálják meg magukban, hanem az ezzel konzekvens világnézet, értékrend is formálódjon.**

Az újfajta kérdések az alábbiak voltak:

- 1.) *Mi motiválta a legfontosabb, paradigmaváltó vizsgálatokat?*
- 2.) *Mi volt a történeti előzmény (röviden)? Mik voltak a kutatást segítő (+), és mik voltak a nehezítő (-) tényezők?*
- 3.) *Ti milyen hipotéziseket állítanátok fel a kutatásra vonatkozóan?*
- 4.) *Milyen előnyei vannak a kidolgozott koncepciónak?*
- 5.) *Mi az újítás ebben a gondolati koncepcióban?*
- 6.) *Mik a gondolatrendszer további folytatásai, további eredményei, további kutatási területek és kérdések?*
- 7.) *Érdekes volt számotokra a feldolgozott szöveg? Ha igen, miért? Ha nem, miért?*
- 8.) *A feldolgozás során tanultatok fizikát? És más tantárgyat?*
- 9.) *Milyen érzéseket váltott ki belőletek a szövegfeldolgozás?*
- 10.) *Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?*
- 11.) *Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?*

2.4.2.2. DIDAKTIKUS SZAKCIKKEK/LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETLEÍRÁSOK

Több, középiskolás diákok számára is érthető, kutatás alapú szemléletű feldolgozáshoz alkalmas szakcikket/leírást készítettem társszerzőkkel vagy egyedül, melyek egyes laboratóriumi mérések didaktikus leírásait tartalmazzák.

Az írások jellege:

- szemléletformáló, attitűdformáló;
- a természettudományos probléma (adott mérés/kísérlet célja) megoldását logikailag végigköveti, a KAT/IBL filozófiájával összhangban;
- bizonyos fizikatanulás során felmerülő témakör megértését vagy az abban való elmélyülést segíti;
- ismeretterjesztő.

Az írásokkal kapcsolatban ***differentiált feldolgozás ajánlott.***

Például:

- Differentiált csoportmunka az osztállyal/tanulócsoporttal.
- Amennyiben egy nagyobb témakörnél az adott résztéma kerül feldolgozásra, és vannak jobban érdeklődő diákok, akkor nekik kiadható egy ilyen írás elolvasásra, melyből tarthatnak kiselőadást a többieknek.
- Ha van egy diákunk, akinek problémája van a számításos feladatokkal, a mérési leírások szöveges részét kiadhatjuk számára, amit mint szöveget könnyebben megérthet esetleg, előadhatja a többieknek, s a már megkonstruált elemei esetleg segítségére lehetnek a számításos feladatok megoldásakor.
- Stb.

2.4.2.3. LABORATÓRIUMI JEGYZŐKÖNYV-MUNKAFÜZETEK

Néhány esetben **laboratóriumi mérések ismeretében munkafüzethez hasonló laboratóriumi jegyzőkönyvek** is születtek. Ezek feldolgozására egy *országos természettudományi csapatvetélkedő* (nem OKTV!) döntőjében került sor, annak laboratóriumi kísérletek elvégzéséről szóló fordulójában. A feldolgozást Témavezetőmmel közösen facilitáltuk. Megjegyzendő az a fontos elem, hogy a 3 napos döntő 1. napján előadásokat hallgattak meg a résztvevők, és ezek közt volt egy előadás hasonló szemléletben feldolgozható témákról¹⁴. Ez készítette elő a másnapi laboratóriumi tevékenységet. A feladatok elvégzését egy-egy csapat tagjai közösen végezték, csoportmunkában. Úgy gondolom, hogy *teljesen hasonló módon tanórai keretek közt is kivitelezhető a tananyag-javaslat feldolgozása*. Nem szükséges ehhez gyakorlóiskola sem.

- A **munkafüzetek előkészítéseként egy-egy rövid mérési leírás is** tartozott a kísérlet-csoportokhoz.
- Ezek **végén segítő kérdéseknek minősülő útmutatók** szerepeltek annak érdekében, hogy még a mérés közben a diákok feljegyezzék a majdani jegyzőkönyvhöz szükséges adatokat (hiszen a jegyzőkönyv megírása közben nem volt lehetőség visszamenni a laborba).
- Ezt követték maguk a **jegyzőkönyv-munkafüzetek**; a jegyzőkönyv egy-egy *Word fájl* + egy-egy *Excel-fájl* volt.
- Az **elméleti jellegű részek előre be voltak írva a munkafüzetbe**.
(Ennek oka az volt, hogy ezek begépelése hosszú idő lenne. S nem az volt itt elsősorban fontos, hogy a diákok fel tudják sorolni a használt eszközöket, vagy az internetről ki tudjanak másolni elméleti háttérrel kapcsolatos elemeket.)
- A **„munkafüzet” hiányzó részeit ki kellett tölteniük a diákoknak: a mérés céljáról és menetéről, a hipotéziseikről, a kiértékelésről és a diszkusszióról kellett írniuk.**

Ez volt a kiértékelés alapjául szolgáló eszköz is.

¹⁴ Ld. [26]

- A feladatrendszer segíthette a mérés megértését.
- Lehetővé tette a diákoknak, hogy hipotéziseket állítsanak fel, és ezeket összehasonlítsák a tapasztalatokkal.
Ez többek közt támogathatja az absztrahálási készséget, hiszen előre tekintve egy még meg nem valósult jelenség kimeneteléről kellett feltételezést megfogalmazniuk, s ezt matematikai nyelven közölniük.
- Hozzájárulhatott az analitikus gondolkodási sémák alakulásához, hiszen ki kellett értékelniük, elemezniük kellett eredményeiket.
- Segíthette ugyanakkor a holisztikus gondolkodásuk fejlődését is, mikor visszatekintve diszkutálniuk (értelmezniük és összefoglalniuk) kellett eredményeiket.
- Tanári szempontból pedig a „munkafüzet” rávilágíthatott a következőkre:
 - mennyire értik tanulók a mérést,
 - tudnak-e (egyedül vagy formatív értékeléssel, segítséggel) hipotéziseket felállítani és a matematika –mint eszköz– jelrendszerében megfogalmazni ezeket
 - el tudják-e végezni a mérés kiértékelését,
 - és képesek-e diszkutálni (értelmezni, írásban megvitatni és összefoglalni) a kapott eredményeket,
 - valamint milyen természettudományos szemlélettel rendelkeznek.
- A „munkafüzetek” szerkezete az alábbi volt:
 1. Bevezetés
 - 1.1. *A mérés célja (2-4 mondat)*
 - 1.2. *Mérőeszközök (felsorolás)*
 - 1.3. *A mérés menete (0,5-1 oldal felsorolás jellegű algoritmusleírás)*
 - 1.4. *Hipotézis (2-5 sor, szavakkal és matematikai jelnyelven a hipotézis megfogalmazása)*
 - 1.5. *A mérés elmélete röviden (0,5-1 oldal, előre meg volt írva – használhatták is!)*
 2. Mért adatok és kiértékelés
 - 2.1. *Kapott adatok értelmezése, adatformálás (1-2 oldal: táblázat az összetartozó értékpárokról vagy értékalmazokról + értelmezés + 1 adatformálási táblázat, ha szükséges)*
 - 2.2. *Görbeillesztés (1-2 oldal: pontok kirajzoltatása Excellel + 1 görbe: erre a hipotézis-görbe ráillesztése + 1 görbe: a pontokra legjobban illeszkedő görbe illesztése)*
 3. *Konklúzió (0,5 oldal: összefoglalás, a hipotézis összevetése a kapott eredménnyel, értelmezés)*
 4. *Irodalomjegyzék (0,5 oldal, előre meg volt írva)* [\[16\]](#)

A diákok által kitöltendő részeket színes (itt dőlt) jelölte. Látható, hogy ezek a KAT/IBL szempontjából legfontosabb részek. Emellett az is ezzel a szemlélettel konzekvens, hogy az előre elkészített jegyzőkönyv vázzal és az előre megírt elemekkel formatív/fejlesztő értékelést tettünk lehetővé. Személyes segítségkérésre (természetesen) volt lehetőség, Témavezetőmhöz és hozzám is fordulhattak a résztvevők.

2.4.3. A KUTATÁS METÓDUSAI

Egy ilyen jellegű kutatás esetében először célszerű végiggondolni, egyáltalán milyen „műfajú” feldolgozási javaslatok lehetnek alkalmasak a kutatás alapú szemlélet előnyeinek megmutatásához, s annak bemutatásához, hogy hogyan is épül fel a KAT/IBL módszer szemlélete.

Továbbá olyan feldolgozási javaslatok szükségesek, amik (szerkezetileg) lehetővé teszik a kiértékelést, elemzést.

Ezekhez megfelelő a már ismertetett, háromféle kutatási eszköz.

Minden feldolgozási javaslat-típushoz tartozóan érdemes lehet kifejtteni a kidolgozás algoritmusát:

2.4.3.1. SZÖVEGFELDOLGOZÁSI MUNKALAPOK:

- KAT/IBL-módszerhez adekvát leírások keresése
 - Ezt Témavezetőm végezte.¹⁵
- Szöveg átfogalmazása, idegen kifejezések megmagyarázása (lábjegyzetben vagy zárójelben) a szükséges helyeken
 - Többször előfordult olyan, hogy a szövegeket elolvasva felmerült bennem, hogy bizonyos kifejezések vagy megfogalmazások az iskolások számára nem lesznek érthetőek.
- Kérdések megkonstruálása
 - Az első két feldolgozandó szöveghez Témavezetőmmel közösen alkottunk kérdéseket.
 - Az utolsó szöveghez pedig én új kérdéseket konstruáltam, átfogalmaztam kérdéseket, s felhasználtam a korábbi kérdéseinkből is.
- Javítókulcs készítése
 - Ezt a Kiskócsagról szóló szöveg esetében Témavezetőm készítette,
 - a Rádiumról szóló szöveg esetében közösen készítettük, a korábbi felhasználásával,
 - a spektroszkópiáról szóló szöveg esetében én készítettem.
- Pontozási rendszer kialakítása
 - Ezt a Kiskócsagról és a Rádiumról szóló szöveg esetében Témavezetőm konstruálta.
 - Az utolsó (legújabb, kisebb mintájú) spektroszkópiáról szóló szöveg kipróbálásának esetében én alkottam pontozási rendszert, a korábbiak felhasználásával.
- Kérdések kipróbálása
 - A Kiskócsagról és a Rádiumról szóló szövegeket és a javítókulcsot odaadtuk néhány végzős tanári MA-s hallgatónak, akik akkor a hosszú tanítási gyakorlatukat végezték. Ők kiadták a tanórán tanítványaiknak a szövegeket és a kérdéseket, a diákok önállóan elolvasták a szöveget és válaszoltak a kérdésekre, majd a tanárunkkal közösen megbeszélték a feladatok helyes megoldásait és az általuk írt elemeket megvitatták.
 - A spektroszkópiáról szóló szöveg kipróbálásában elsősorban nem tanár szakos hallgatók vettek részt (egy hallgatót vontuk csak be), hanem tapasztaltabb szaktanárok. A szöveget és a javítókulcsot elektronikusan küldtem ki a résztvevő pedagógusoknak.

¹⁵ Nekem nehézséget okozott volna a szövegválasztás diszlexiám miatt.

Ennél a szövegnél kétféle feldolgozás történt:

- A tanárok kiadták a szöveget tanítványaiknak a tanórán, a diákok önállóan vagy csoportmunkában elolvasták a szöveget és válaszoltak a kérdésekre, majd a tanárjukkal közösen megbeszélték a feladatok helyes megoldásait és az általuk írt elemeket megvitatták.
- A tanárok kiadták a szöveget tanítványaiknak a tanórán, a diákok tanórán kívüli munkaként önállóan vagy csoportmunkában elolvasták a szöveget és válaszoltak a kérdésekre (arra természetesen volt lehetőségük a diákoknak, hogy amennyiben szükséges, személyesen szaktanáruktól vagy emailben/chat-en tőlem segítséget kérjenek). Majd válaszaikat elküldték nekem elektronikusan. Ezután tőlem egyéni visszajelzést kaptak a diákok válaszaikról; ez kitért a hibák és problémák orvoslására, és tartalmazta azokat az elemeket, amit egy nem online tanulásnál/tanításnál közösen beszélnek meg, a résztvevők természetesen megkapták a helyes válaszokat tartalmazó javítókulcsot is. Valamint javasoltam, hogy további kérdések és gondolatok megvitatása céljából folytassuk az online tanulási/tanítási folyamatot.
- Válaszok javítása
 - A visszahozott/visszaküldött összes „1. körös” kitöltött dolgozatot én kijavítottam és lepontoztam.
- A kérdések átdolgozása + a javítókulcs ehhez igazítása
 - Az általam kijavított diákválaszok alapján a félreérthetőnek minősített kérdéseket módosítottuk, a javítókulcsot ehhez igazítottuk.
- Végso tantermi kipróbálás + tanórai közös megbeszélés
 - A végleges szöveget és kérdéseket, valamint a javítókulcsot odaadtuk a résztvevő tanár szakos hallgatónak és szaktanároknak újabb feldolgozásra. Ők a tanórán (esetenként a tanórán kívül) feldolgoztatták ezeket tanítványaikkal, majd ezúttal is közösen megbeszélték a helyes válaszokat.
- A válaszok kijavítása
 - A megíratott és visszahozott „dolgozatok” mindegyikét kijavítottam és lepontoztam.
- Kiértékelés: statisztika, tévképzetek, stb.
 - Kvantitatív elemzés:
 - A válaszok pontszámának eloszlásáról Témavezetőm készített oszlopdiagrammot és számszerű elemzést.
 - Az utolsó, spektroszkópiával kapcsolatos szöveg esetében én végzem a kvantitatív kiértékelést.
 - Kvalitatív elemzés: A jellegzetes tévképzeteket én írtam ki, s tőlem telhetően taglaltam ezek lehetséges okait, mögöttes jelentését, és javaslatokat fogalmaztam meg a problémák orvoslására.
- Reflexió
 - Témavezetőmmel közösen reflektáltunk a „dolgozatok” elemzésének kvantitatív és kvalitatív elemeire, melyek a kapcsolódó szakmódszertani cikkekben [\[5\]](#), [\[13\]](#) olvashatók.

2.4.3.2. DIDAKTIKUS SZAKCIKKEK/LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETLEÍRÁSOK

- Olyan laboratóriumi feladatok keresése, melyek a középiskolában alkalmazandó kutatás alapú szemléletű módszerhez megfelelnek (és tanórai feldolgozásra/tanórán kívüli munkára alkalmasak):
 - a diákok kognitív szintjének megfelel: gondolkísérletként követni tudják a leírtakat – nem túl egyszerű és nem túl bonyolult adott korosztály számára (azaz középiskolás diákok számára érthetők),
 - a mérés megértése nem követel meg a középiskolai ismereteken (számottevően) túlmutató ismereteket/készségeket,
 - a mérés nem „recept”-jellegű, fontosak benne a hipotézisek és az önálló gondolatok.
- A PET esetében az adta az ötletet, hogy a Magyar Nukleáris Társaság által évente megszervezett, úgynevezett Nukleáris táborban ez rendszeresen megjelenő elem, s úgy gondoltuk Témavezetőmmel, hasznos lenne ezt leírni tanórai felhasználás céljára.
- Az RFA esetében onnan származott az ötlet, hogy a *Modern fizika laboratórium* c. kurzus keretében én mértem ezt a laborgyakorlatot, s úgy gondoltam, érdekes téma lehetne az iskolásoknak is. Így megkérdeztem Témavezetőmet, mi lenne, ha írnék belőle egy didaktikus cikket, segítené-e benne?
- A spektroszkópiával kapcsolatos laboratóriumi mérés szintén gyakorlat volt nekem a *Modern fizika laboratóriumban*.
- A mérési jegyzőkönyv elkészítése a laboratóriumi kísérlethez
- A jegyzőkönyv ellenőrzése:
 - ha szükséges, bizonyos helyeken a diákok számára érthető alakra átírni és/vagy kifejteni részeket,
 - ábrákkal illusztrálni,
 - ha előfordul olyan rész, amit az iskolások esetleg nem tanultak, arról elméleti részt írni.
- Kipróbálás, kiadás feldolgozásra, reflexió.

2.4.3.3. LABORATÓRIUMI JEGYZŐKÖNYV-MUNKAFÜZETEK

- Olyan laboratóriumi feladatok keresése, ami középiskolában alkalmazandó KAT/IBL-szemléletű módszerhez ideálisak lehetnek:
 - a diákok el tudják végezni a kísérleteket,
 - nem veszélyes,
 - a mérés megértése nem követel meg a középiskolai ismereteken (számottevően) túlmutató ismereteket/készségeket,
 - a mérés nem „recept”-jellegű, fontosak benne a hipotézisek és az önálló gondolatok.
- Ezeket Témavezetőm javasolta a régi főiskolás laboratóriumi mérések közül. Dr. Tóth Eszter könyvéből származnak. [\[46\]](#)
- Az egyik mérést már elvégeztem a korábbi TDK-m alatt. [\[47\]](#)
- Mérési leírás elkészítése
 - Ezek egyikét a Témavezetőm írta, a másikat pedig én.

- A mérési jegyzőkönyv (javítókulcs) megkonstruálása
 - Szerkezetük a korábbi *Fizikai alapmérések laboratóriumban használt jegyzőkönyveim szerkezetéből* származott. Még didaktikusabbá konstruáltam a korábbi struktúrát, és egyes pontokat több kisebb, kevesebb absztrahálást igénylő lépésre bontottam.
 - A 2 közül egyik mérési jegyzőkönyvet (a Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggésére vonatkozót, a korábban már lemerített mérési adataim felhasználásával) elkészítettem, s ilyen formában elküldtem Témavezetőmnek, Ő még formálta, javított rajta, mert úgy ítélte meg, még túl bonyolult lenne a diákok számára. Ez lett a végleges szerkezet.
 - A kész szerkezet fényében az egyik javítókulcs-jegyzőkönyvet én készítettem el (a korábban elküldöttet kicsit átjavítottam), a másikat Témavezetőm készítette el, és Ő is mérte le előzetesen a mérést.
 - A mérések elméletére vonatkozó részre (ami előre be volt írva a kitöltendő fájlokba) is igaz az, hogy egyik mérés elméleti háttérét Témavezetőm írta le, a másikat pedig én (a Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggését készítettem el én).
 - Az általunk elvégzett mérésekhez tartozó mérési adatok Excel-fájljait is elkészítettük.
- Annak átgondolása, hogy a mérés mely része jelentős a KAT/IBL-szemlélet szempontjából
 - Ezt közösen gondoltuk ki: személyesen megbeszéltük, hogy melyiket javasoljuk (ugyanazokat a részeket gondoltuk előzetesen).
- Utóbbi fényében a munkafüzetek üresen hagyása a megfelelő helyeken
- Útmutatók/segítő kérdések megkonstruálása
 - Ezeket együtt készítettük el Témavezetőmmel.
- A mérőkísérletek elvégzése a résztvevőkkel
 - Ahogyan az már szerepelt, ott voltunk mindketten Témavezetőmmel a mérések lebonyolításakor. Ez egyfajta páros tanítást/csoportmunka-facilitálást jelentő helyzet volt.
- A diákok elkészítik a jegyzőkönyveiket a számítógépen – közben formatív értékelés formájában segítséget adunk.
 - Az előbbihez hasonlóan, a korább leírtakkal összhangban Témavezetőmmel mindketten jelen voltunk ennél a résznél is. És mindkettőtől kérhettek és kértek segítséget a résztvevők.
- Pontozási rendszer megkonstruálása és a jegyzőkönyvek kijavítása
 - Ezt közösen konstruáltuk meg, miután globálisan átnéztük, milyen megoldások születtek: személyesen megbeszéltük, hogy mit javaslunk, és együtt alkottuk meg a pontozási rendszert; közös vélemény alapján értékeltük adott csoport adott feladatrészét pontokkal.
- A helyes válaszok megbeszélése
 - Az egyik laborfeladat megoldását (a helyesen kitöltött jegyzőkönyvet) és az annál előforduló jellegzetes hibákat Témavezetőm ismertette, a másikat pedig én.
- Kiértékelés: statisztika, jellegzetes problémák a megoldásokban
 - A kvantitatív (statisztikai Excel-es) kiértékelést Témavezetőm készítette el,
 - A kvalitatív értékelés, egyes válaszok, jellegzetes tévképzetek kiemelését én végeztem.
- Reflexió
 - Egy közös szakmódszertani cikkben [\[16\]](#) leírtuk a tevékenység tapasztalatait, melyben a munkánkra való reflektálás is helyet kap.

3. HIPOTÉZISEK

Egy kutatás során (a konstruktivizmus filozófiája szerint) fontos lehet feltevéseket állítani azt illetően, hogy mi lesz a vizsgálat eredménye. Jelen esetben az alábbi hipotéziseket állítottam fel a tevékenységek és azok kiértékelése előtt:

Globális hipotézisek:

- Kvalitatív szempontból azt feltételeztem, hogy a kidolgozott tananyag-javaslatok eleget tesznek a KAT/IBL szemlélet megfogalmazott előnyeinek, és teljesülhetnek a 2.1.-2.3. részekben leírtak. Remélhetőleg olyan feladatok születtek, melyek **a diákok számára élvezeti értékkel, attitűd- és szemléletformáló, valamint személyiség- és kompetenciafejlesztő kvalitással bírhatnak.**
- **Ezt a fajta tanulást jobban élvezhetik a fiatalok, mint a konzervatív módszereket.**
- Ugyanakkor azt is feltételeztem, hogy **ilyen jellegű tanulási módszerekkel és tananyagokkal nem vagy kis mértékben találkoztak csak a résztvevő diákok.** Ennek következtében nem várható el, hogy a feladatok megoldása során kiemelkedően jó eredmények adódjanak a megoldásokra kapott *pontok* tekintetében. **Ugyanakkor** a nem kiemelkedő pontok mellett is **lehet a tanulási folyamat, a megbeszélés végén jelentős fejlődés.**
- Optimista módon azt feltételezem viszont, hogy jobb eredmények születhetnek a pontok tekintetében, mint ha tekintjük az (országban) általánosan nem kedvelt természettudományos tárgyak rossznak mondható eredményeit.

Lokális hipotézisek a fentiekkel konzekvensen:

- Azt feltételezem, hogy **a természettudományos kutatás bizonyos lépéseinek átlátása nehezebb** a diákoknak, mint a lexikális tudásrendszer felhasználása és bővítése (szükséges esetben a tananyag szó szerint megtanulása).
 - **A mindennapi élettel és meglévő attitűd-rendszerükkel összhangban álló szegmensek tárgyalása könnyebb**, mint például:
 - egyszerűsítés
 - elemzés
 - míg a megszokott tevékenységektől és módszerektől távolabb álló, **magasabb szintű gondolkodási műveleteket igénylő, nagyobb absztrahálást, holisztikus gondolkodást, és kevésbé gyakran használt gondolkodási sémákat igénybe vevő elemek valószínűleg nehezebben mennek**, mint például:
 - **hipotézisalkotás** – Át kell látni a folyamatot és előre kell gondolkodni, pedagógiai transzfert, koherens gondolkodást, koncentrációt igényel.

Éppen azért is lenne célszerű előnyben részesíteni ezt a kognitív tevékenységet, mert fejleszthetné többek közt az ilyen elemeket. Hosszabban kifejtve ez szerepelt a [2.3.1 részben](#).

- **tevékenységek, eljárások komplex ismertetése** – Szintén absztrahálást és holisztikus gondolkodást igényel, sőt ekkor egyszerre kell analitikusan és holisztikusan gondolkodni. Arra nagy esély lehet, hogy többen részben jól válaszolnak ilyen kérdésekre, de azt feltételeztem, maximálisan kevesen tudnak teljesíteni ebben a szegmensben.

(Ugyanis több diák kiemelkedő lehet az analitikus (vagy esetleg a holisztikus gondolkodás) terén, de a kettő együtt való gyakorlása komoly kognitív teljesítményt jelent, amire sok felnőtt sem képes. Illetve a holisztikus gondolkodás a szakirodalomban többször, alapvetően egy nehéz gondolkodási műveletként szerepel.)

- **hibaforrások** meggondolása – Ez nagymértékben igényel magasabb szintű gondolkodási műveleteket, tekintve a Bloom-taxonómiát [1], [19] (1. ábra) és a gondolkodásról szóló egyéb elméleteket.

Kognitív követelmények szintjei (Bloom, 1956)	Ismeret	• Tények és elemi információk ismerete • Fogalmak, törvények, konvenciók és szabályok ismerete • Alapelvek, elméletek és rendszerek ismerete
	Megértés	• Egyszerű összefüggések megértése • Bonyolultabb összefüggések megértése (értelmezés, átkódolás, transzformálás, továbbfejlesztés)
	Alkalmazás	• Alkalmazás ismert szituációban • Alkalmazás új szituációban
	Magasabb rendű műveletek	• Analízis • Szintézis • Értékelés
Affektív követelmények szintjei (Bloom, Krathwohl és Masia, 1964)	Befogadás	készség érdeklődések, attitűdök és értékek befogadására
	Válaszadás	reagálás érdeklődések, attitűdök és értékek szerint
	Értékek kialakítása	értékbeli különbségek érzékeltetése
	Értékrendszer kialakítása	
	Az értékrendszer belső, jellemképző erővé alakítása (világnézet)	az affektív követelmények a beállítódással, meggyőződéssel, emocionális viselkedéssel kapcsolatos célokat rendszerezik a hierarchikus elrendezés vezérelve az interiorizáció.
Pszichomotoros követelmények szintjei (pl. Dave 1969)	Utánzás	mozgások másolása, izomkoordináció nélküli mozgások
	Manipuláció	szenzoros korrekciók végrehajtása, felesleges mozdulatok kiküszöbölése, a mozgási sebesség növelésének képessége, módosítások elvégzése
	Artikuláció	különböző mozgások koordinálása, hasonló mozgások szimultán és egymást követő végzésének képessége
	Automatizálás	rutin és spontán mozgások végrehajtása

1. ábra: a Bloom-féle taxonómiarendszer /forrás:[19]/

- **következtetések** levonása – Szintén magasabb szintű gondolkodási sémákat igényel: absztrahálást, szintetizálást, holisztikus megközelítést.
- **további kérdések és problémák felvetése** – Az előbbiekhöz hasonló okokból.
- **kutatások hatásai a jövőre és a társadalomra, segítő és gátló tényezők** – A feltételezés szintén az előbbiekkal indokolható.
- **áltudomány és tudomány elkülönítése** – Egyrészt a fentiekkel indoklom ezt a hipotézist is, másrészt azzal, hogy az életben vegyesen találkoznak a diákok valódi tudományos és áltudományos elemekkel, s nem nagyon tanulnak arról, hogyan különböztessék meg ezeket.

4. FELDOLGOZÁSRA JAVASOLT TANANYAGOK

Alább ismertetem az elmúlt időszak alatt készült feldolgozási javaslatokat, „műfaj” szerint csoportosítva: a korábban leírt eszközök szerint tekintve.

4.1. KUTATÁS ALAPÚ SZÖVEGFELDOLGOZÁS

Ebben a szakaszban bemutatom azokat a kutatási szövegeket és a hozzájuk tartozó kérdéseket, melyek például alkalmasak lehetnek kutatás alapú szemléletű szövegfeldolgozásra; a kipróbálás alapján ezeket javaslom tanórai vagy tanórán kívüli feldolgozásra.

A [„Mellékletek” részben](#) megtalálhatók a szövegek/azok internetes linkje, így megtekinthetők abban a formában, ahogyan azok a diákok kezébe kerültek.

A feldolgozott kutatási szövegekre teljesül a KAT/IBL-szemlélet koncepciója, és ennek előnyei. A szövegfeldolgozás műfajból eredendően, az ilyen jellegű tananyag-feldolgozás **jó természettudományos kompetenciák mellett segíthet a diákoknak a szövegértési kompetenciák fejlesztésében**; és viszont: **jó szövegértési kompetenciák mellett segíthet a tanulóknak a természettudományos szemlélet megkonstruálásában**.

Az aktuális szakaszban a következő szövegfeldolgozási munkalapok kerülnek bemutatásra:

1. A rádium felfedezése – kutatási szöveg feldolgozása fizika vagy kémia órán
2. A halevő madarak zsákmányszerzése és a fénytörés – biooptikai szöveg feldolgozása
3. A spektroszkópia (színképelemzés) tudománytörténeti megközelítése

4.1.1. A RÁDIUM FELFEDEZÉSE

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a [„Mellékletek” részben](#) olvasható. Ez egy eredeti, lefordított Curie-cikk [9], [10], apróbb átdolgozásokkal. A feladatlap kérdései az alábbiak voltak: *Kérdések a szöveggel kapcsolatban* [5]:

1. Mi volt a kutatási kérdés?
2. Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?
3. Milyen kísérleteket, méréseket végeztek a kutatók?
4. Milyen ellenőrző (kontroll) mérések voltak?
5. Hogyan elemezték a kapott adatokat?
6. Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?
7. Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?
8. Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?
9. Ti milyen vizsgálatokat terveztetek volna még?
10. A kutatók munkája milyen hatással van napjainkra?

Ennél a tananyag-javaslatnál fontosnak tarjuk Témavezetőmmel, hogy 1 oldalra kerüljön az elolvasandó szöveg. Véleményem szerint ez azért is fontos, mert sok idegen szó fordul elő az írásban, mely miatt pszichikai gát keletkezhet, s ezt valahol célszerű lehet kompenzálni. Egy terjedelem tekintetében rövid benyomást keltő szerkezet erre például megfelelő lehet. Ez a szöveg átlátását is segíti.

Természetesen amennyiben például diszlexiás diákunk is van, nagyobb betűméret javasolt, esetleg más betűtípus¹⁶, papírszín, szélesebb hasábtávolság, gyakoribb sortörés, jobbra vagy középre zárt elrendezés (sorkizárt helyett), a nevek színesen szedése, stb.

Részletes írás is készült a tanszöveg feldolgozásának kipróbálásáról, mely [5]-ben olvasható.

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika és a kémia interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

4.1.2. A HALEVŐ MADARAK ZSÁKMÁNYSZERZÉSE ÉS A FÉNYTÖRÉS (BIOOPTIKAI SZÖVEG)

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a „[Mellékletek](#)” részben olvasható, ez egy magyar tanulmányból [12] származott. A feladatlap kérdéseit kiemelve látható, hogy az előző tananyag-javaslatához nagyon hasonlóak voltak:

Kérdések a szöveggel kapcsolatban [13]:

1. Mi volt a kutatási kérdés?
2. Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?
3. Milyen egyszerűsítésekkel éltek a kutatók a vizsgálatok során?
4. Milyen mérés sorozatokat végeztek a kutatók?
5. Mi volt a kísérleti és az ellenőrző (kontroll) mérés?
6. Hogyan elemezték a kapott adatokat?
7. Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?
8. Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?
9. Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?
10. Ti milyen vizsgálati eljárást, kísérleti berendezést terveztetek volna?
11. Milyen egyéb mennyiségeket mértetek volna meg és hogyan?

A szövegre ezúttal is érvényes a tudatos formázás. Célszerű alapesetben úgy strukturálni az olvasmányt, hogy 2 gépelt oldalnál ne legyen nagyobb terjedelmű. Maga a szöveg fokozatokkal közérthetőbb nyelvezetű a Curie-szövegnél, terjedelme közelítőleg ezzel arányosan nagyobb. Szükség esetén: speciális szükségletű diákoknak a szöveg formázása szintén módosítandó.

Észrevehető, hogy a Curie-szöveghez képest a szöveggel kapcsolatos kérdések változtak jelen szövegnél. Ez utóbbi szöveg feldolgozási javaslata eredetileg a Curie-szöveg előtt született, de az első kipróbálás és a Curie-szöveg kipróbálási tapasztalatainak fényében a szöveghez tartozó kérdések

¹⁶ Például én a Georgia betűtípust jól tudom olvasni, mert széthúzott és nagyobb méretű.

átfogalmazásra és bővítésre kerültek. Véleményem szerint a diákoknak nem feltétlenül egy rövidebb szövegezésű kérdésfeltevést könnyebb megválaszolni; egy olyan kérdésre nagyobb valószínűséggel tudnak válaszolni, ami a korosztálynak megfelelő absztrahálási készséget igényel, és világosan strukturált.

Részletes írás készült ezen tanszöveg feldolgozásának kipróbálásáról is, mely [13]-ban olvasható.

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika és a biológia interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

4.1.3. A SPEKTROSKÓPIA (SZÍNKÉPELEMZÉS) TUDOMÁNYTÖRTÉNETI MEGKÖZELÍTÉSE

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a „[Mellékletek](#)” részben olvasható. Ezt a tanszöveget én készítettem el tudománytörténeti források [59], [60] felhasználásával. Ahogyan az már „[A kutatás eszközei](#)” részben szerepelt, a szöveggel kapcsolatos kérdések több elemben változtak jelen szövegnél:

Kérdések a szöveggel kapcsolatban:

1. Mi motiválta a legfontosabb, paradigmaváltó vizsgálatokat a spektroszkópia területén?
2. Mi volt a történeti előzmény (röviden)? Mik voltak a kutatást segítő (+), és mik voltak a nehezítő (-) tényezők?
3. Mik voltak Kirchhoff és Bunsen tudósok **kutatási céljai** vizsgálataikkal?
4. Ti milyen hipotéziseket állítanátok fel a kutatásra vonatkozóan? Mi volt a munkahipotézis?
5. Hogyan **valósították meg** ezen kutatási célokat? Sikeres volt próbálkozásuk?
6. Milyen **előnyei** vannak a Kirchhoff és Bunsen által kidolgozott koncepciónak?
7. Milyen **jelentősége** van a színképelemzés felfedezésének és előnyének a gyakorlati életben?
8. Mi az **újítás** ebben a gondolati koncepcióban?
9. Mik a **gondolatrendszer további folytatásai, további eredményei, további kutatási területek és kérdések**?
10. Érdekes volt számotokra a feldolgozott szöveg? Ha igen, miért? Ha nem, miért?
11. A feldolgozás során tanultatok fizikát? És más tantárgyat?
12. Milyen érzéseket váltott ki belőletek a szövegfeldolgozás?
13. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?
14. **Honnan tudjátok, hogy** az elolvasott szöveg **nem egy áltudományos leírás** volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

A szövegre ezúttal is érvényes a tudatos formázás. **Az eredeti szövegben a színek szövegértést-segítő szereppel bírnak, lehetőleg így adjuk a tanítványoknak.**

Szükség esetén: speciális szükségletű diákoknak a szöveg formázása szintén módosítható. A színek számukra is jelentősen segíthetik a feldolgozást.

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika, a kémia, valamint némileg a történelem interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

4.2. DIDAKTIKUS SZAKCIKKEK/ LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET-LEÍRÁSOK KUTATÁS ALAPÚ TANULÁSHOZ

Ebben a részben szerepelnek azok a középiskolás diákok számára is érthető, laboratóriumi mérésekről szóló didaktikus szakcikkek/leírások melyek például megfelelők lehetnek kutatás alapú szemléletű tanulásra/tanításra. Ezeket a kipróbálások alapján javaslom tanórai/tanórán kívüli feldolgozásra. Az itt szereplő leírásokhoz is tartoznak kérdések; ezeket utólag konstruáltam meg a kipróbáláshoz. A leírásokat és a hozzájuk tartozó kérdéssort abban a formában mutatom be, ahogyan az a diákok kezébe került.

Az alfejezetben a következő tananyag-javaslatok kerülnek bemutatásra:

1. A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában - a mérés elvi alapjai és érdekességek
2. A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában - a konkrét mérés és a kiértékelés
3. RFA (Röntgenfluoreszcencia-analízis) elvi alapjai
4. A spektroszkópia (színképelemzés) egy napjainkban való alkalmazása

4.2.1. A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRAFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A MÉRÉS ELVI ALAPJAI ÉS ÉRDEKESSEGEK

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a [„Mellékletek” részben](#) hivatkozva szerepel, ez a feldolgozásra javasolt leírás a Nukleon c. folyóiratban [14] jelent meg.

A szöveghez kapcsolódó kérdések:

1. **Mi motiválta** M. E. Phelps-t, hogy kifejlessze ezt a funkcionális képalkotó eljárást?
2. Mit értünk azon, hogy **funkcionális** a képalkotó eljárás?
3. **Milyen előnyei** vannak a PET-nek? Mi az újítás ebben? **Miért fejlettebb** ez a pl. a CT-nél és a RTG-nél?
4. **Milyen hipotézise** lehet egy orvosnak, ha PET-vizsgálatra küldi egy betegét?
5. **Hogyan valósítanak meg** egy PET-vizsgálatot a gyakorlatban? Mi a **menete** ennek?
6. **Mi a jelentősége** a PET-vizsgálatok lehetőségének?
7. **Miért kell** cukoranalóg izotópot alkalmazni a PET-vizsgálat során?
8. Milyen mélyre jut a PET-vizsgálat során a pozitron az emberi szövetekben?
9. **Kell-e félni, veszélyes-e** a PET-vizsgálat?
10. Mi a pozitron? Miért van rá szükség a PET-nél? Miben azonos és miben különbözik az elektrontól?
11. Ki **hipotetizálta** a pozitron létét? Ki és **hogyan támasztotta alá létezését**?
12. Mi az elektron-pozitron annihiláció? Mi keletkezik a folyamatban? Hány db keletkezik?
13. Melyik fontos fizikában és/vagy kémiában tanult szimmetriára (megmaradásra) lehet jól értelmezhető példa a jelenség?
14. Milyen **további kérdéseket és feltevéseket (hipotéziseket)** fogalmaznátok meg a PET-re vonatkozóan, amire esetleg nem tért ki a leírás?

15. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?
16. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?
17. **Honnan tudjátok, hogy** az elolvasott szöveg **nem egy áltudományos leírás** volt?

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika, a biológia és a kémia interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

További javaslat: Az érdeklődő diákok készíthetnek a témáról prezentációt is, amit bemutathatnak. További segítség hozzá: [\[17\]](#).

4.2.2. A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A KONKRÉT MÉRÉS ÉS A KIÉRTÉKELÉS

A diákok kezébe került feldolgozandó szövegre a [„Mellékletek” részben](#) hivatkozom. A feldolgozásra javasolt leírás a Nukleon c. folyóiratban [\[15\]](#) jelent meg.

A szöveghez kapcsolódó kérdések:

1. Mi a mérés **célja**?
2. Mi a mérés **hipotézise**?
3. **Hogyan valósítjuk meg** a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? **Milyen méréssorozatok**at végzünk?
4. **Hogyan elemezzük** az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógéppel.) Mit csinálunk?
5. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?
6. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?
7. Veszélyes a PET-mérés elvégzése?
8. Milyen elemekre kérdeznének rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?
9. Milyen más vizsgálatot végeznének el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?
10. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?
11. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?
12. **Honnan tudjátok, hogy** az elolvasott szöveg **nem egy áltudományos leírás** volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika és a biológia interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

További javaslat: Az előbbihez hasonlóan, az érdeklődő diákok készíthetnek a témáról prezentációt is, amit bemutathatnak. További segítség hozzá: [\[17\]](#).

4.2.3. RFA (RÖNTGENFLUORESZCENCIA-ANALÍZIS) ELVI ALAPJAI

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a [„Mellékletek” részben](#) hivatkozva megtekinthető. A feldolgozásra javasolt leírás a Nukleon c. folyóiratban [18] jelent meg.

A szöveghez kapcsolódó kérdések:

1. Mi a mérés **célja**?
2. Mi a mérés **hipotézise**?
3. Mi az RFA **jelentősége**?
4. Mi a **módszer lényege**?
5. **Hogyan valósítjuk meg** a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? **Milyen méréssorozat(ok)at végzünk?**
6. **Hogyan elemezzük** az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógéppel.) Mit csinálunk?
7. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?
8. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?
9. Veszélyes az RFA-mérés elvégzése?
10. Milyen elemekre kérdeznének rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?
11. Milyen más vizsgálatot végeznének el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?
12. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?
13. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?
14. **Honnan tudjátok, hogy** az elolvasott szöveg **nem egy áltudományos leírás** volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

Kiemelendő, hogy a tananyag jól segítheti a fizika és a kémia, valamint némileg a matematika és az informatika interdiszciplináris, kutatás alapú szemléletű tanulását/tanítását.

További javaslat: Az érdeklődő diákok készíthetnek a témáról prezentációt is, amit bemutathatnak.

Mivel elég hosszú a cikk, ilyen esetben *célszerű lehet, ha a feldolgozás nem egyénileg, hanem csoportmunkában történik (diákcsoport dolgozza fel közösen, s nem egyetlen tanuló egyedül).*

4.2.4. A SPEKTROSZKÓPIA (SZÍNKÉPELEMZÉS) EGY NAPJAINKBAN VALÓ ALKALMAZÁSA

A diákok kezébe került feldolgozandó szöveg a [„Mellékletek” részben](#) olvasható. A szöveghez kapcsolódó kérdések kiemelve:

1. Mi a mérés **célja**?
2. Mi a mérés **hipotézise**?
3. Mi a spektroszkópia **jelentősége**?
4. Mi a **módszer lényege**?
5. **Hogyan valósítjuk meg** a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? **Milyen méréssorozat(ok)at végzünk**?
6. **Hogyan elemezzük** az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógépet is használhatunk segítségként.) Mit csinálunk?
7. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?
8. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?
9. Veszélyes a spektroszkópia-mérés elvégzése?
10. Milyen elemekre kérdeznének rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?
11. Milyen más vizsgálatot végeznének el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?
12. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?
13. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?
14. **Honnan tudjátok, hogy** az elolvasott szöveg **nem egy általános leírás** volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

További javaslat: Az érdeklődő diákok készíthetnek a témáról prezentációt is, amit bemutathatnak.

4.3. LABORATÓRIUMI JEGYZŐKÖNYV-MUNKAFÜZETEK

Ebben a szakaszban laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzetek kerülnek rövid bemutatásra; ezek számítógépen kerültek a diákok elé, s ki kellett tölteniük a hiányzó részeket. Egészen pontosan a számítógépen egy-egy *Word-dokumentummal* és egy-egy *Excel-fájllal* dolgoztak a tanulók; az *Excel-fájlb*an lévő előre elkészített táblázatok megegyeztek a jegyzőkönyvekben üresen hagyottakkal. Valamint a diákok kaptak egy papír alapú rövid mérési leírást is, ami a kísérletezés alatt a résztvevőknél volt, és segítette munkájukat. Az alábbiakban ezek is szerepelnek.

4.3.1. KÉMIAI REAKCIÓ SEBESSÉGÉNEK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

A diákok elé került részletes mérési leírás, valamint a segítő kérdések az elvégzendő méréssorozathoz, és a hozzá tartozó kitöltendő laboratóriumi jegyzőkönyv-munkafüzet a [„Mellékletek” részben](#) olvashatók.

A mérés leírása röviden:

A legtöbb folyamat, kémiai reakció, különböző sebességgel megy végbe hideg és meleg környezetben. Az élőlényekben végbemenő biokémiai folyamatok jellegzetesen ilyenek. A mérés során egy olyan folyamatot fogtok vizsgálni, melynél ez a hőmérséklettől való függés jól megfigyelhető.

Feladat: *Vizsgáljátok meg a fixírsó-sósav reakció hőmérsékletfüggését! A reakció során vízben oldhatatlan, kolloid állapotú kén keletkezik, aminek megjelenése lehetőséget nyújt a reakció végbemeneteléhez szükséges idő mérésére.*

A feldolgozási javaslat leírása az *Iskolakultúra* c. folyóiratban [\[16\]](#) jelent meg.

4.3.2. ALKOHOL – VÍZ ELEGY VIZSGÁLATA AZ ÖSSZETÉTEL FÜGGVÉNYÉBEN

Az előbbihez nagyon hasonló volt a mérési leírás és a jegyzőkönyv-munkafüzet, mely [\[16\]](#)-ban látható (<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2015/01/04.pdf>).

Ennél a mérésnél a jegyzőkönyv-munkafüzetet nem én készítettem el, hanem Témavezetőm; a szerkezeten kívül nem volt benne részem.

5. KUTATÁSI EREDMÉNYEK: ELEMZÉSEK, TAPASZTALATOK

A dolgozat ezen részében a kutatási eredmények, kiértékelés, elemzések, didaktikai megjegyzések és segítő javaslatok szerepelnek.

5.1. KUTATÁS ALAPÚ SZÖVEGFELDOLGOZÁS

Az alábbiakban ismertetem a kutatás alapú szemléletű szövegek feldolgozása esetében adott tanulói válaszok elemzésének alappilléreit.

5.1.1. A RÁDIUM FELFEDEZÉSE

A javítókulcs (elvárt válaszok) és a diákok válaszainak részletes elemzése, kiértékelése cikkünkben tekinthető meg:

http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_6_3_144_Radnoti.pdf

„A legjobb válaszok a második kérdésre születtek. **A legnehezebbnek a hibaforrások tárgyalása és a kísérleti és a kontrollmérés elkülönítése mutatkozott.** Ez összhangban van a PISA mérések esetében a magyar tanulók eredményeivel, miszerint az ilyen jellegű kérdésekben gyengén teljesítenek. Tehát ez egy fejlesztendő területe a magyar természettudományos oktatásnak! Pont azokra a kérdésekre kaptuk a legkevesebb jó választ, amelyek leginkább a tudományos kutatás szemléletmódjával, a laboratóriumi kutatás módszertanával voltak kapcsolatban.

Érdekes, hogy átlagok tekintetében az osztályok közelítőleg egyformán teljesítettek, az 1-7. kérdések és a kreativitási kérdések esetében is közel 30%-os mértékben. Nem mutatkozott szignifikáns eltérés az általános gimnáziumba, illetve a gyakorlóiskolába járó gyermekek teljesítményében.

Az, hogy csak 30% körüli a teljesítmény, nem tekinthető rossz eredménynek, hiszen a feltett kérdések ténylegesen olyanok, amelyekkel nem találkozhatnak a gyerekek napi tanulmányaik során, s az alkalmazott módszer is új volt számukra. **A fizika, kémia vagy egyéb természettudományos tanórákon nem szokás ilyen jellegű kérdéseket megbeszélni. Ezen a gyakorlaton szerintünk változtatni kell, hiszen fontos kérdésekről van szó.**

Az utolsó három kérdés pedig kifejezetten az új ötletekre kérdezett rá, a diákok kreativitását igényelte, világszemléletét vizsgálta. Sokan, a diákok mintegy fele, inkább nem is válaszoltak ezekre a kérdésekre.

A 10 kérdésre adott válaszok alapján elmondható, hogy **problémát jelent a gyerekek számára a szakkifejezések használata**, viszonylag gyakran előfordulnak elvi hibák,

félreértések, abszurd gondolatok. Az **újszerű gondolatok** esetében **kismértékben** történik meg azok részletes, **precíz kifejtése**. Jellemzőek a **szövegértési és a fogalmazási gondok**. Többször megfigyelhető, hogy a diákoknak a **témakörrel kapcsolatban nincs globális, csak lokális szemléletük**. Van, hogy a diákok már **eredményt írnak például hipotézis vagy kérdés helyett. Sokszor nem a kérdésre válaszolnak.** [5]

5.1.2. A HALEVŐ MADARAK ZSÁKMÁNYSZERZÉSE ÉS A FÉNYTÖRÉS (BIOPTIKAI SZÖVEG)

A javítókulcs (elvárt válaszok) és a diákok válaszainak részletes elemzése, kiértékelése cikkünkben olvasható:

http://epa.oszk.hu/00000/00011/00177/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_09_096-108.pdf

Nagyon hasonló eredmények adódtak, mint a Curie-szöveg esetében, kiemelve néhány gondolatot: „Az elemzésre szánt szöveg után föltett 11 kérdésre adott válaszok alapján elmondható, hogy a gyerekek számára **problémát jelentett a szakkifejezések helyes használata**. A tanulói válaszokban gyakran voltak találhatók **elvi hibák, félreértések és téves gondolatok**. **Új gondolatok esetében csak kismértékben történt meg azok részletes, pontos kifejtése**. Jellemzőek voltak **szövegértési és fogalmazási gondok** is. A **pedagógiai transzferrel problémák** jelentkeztek. **A diákok absztrakciós képessége alacsony szintűnek volt mondható**. Több esetben megfigyelhető volt, hogy **a diákoknak nem volt globális, csak lokális szemlélete a témakörrel kapcsolatban**. Volt, hogy a diákok **eredményt írtak hipotézis vagy kérdés helyett. Sokszor nem a kérdésre válaszoltak.** [13]

5.1.3. A SPEKTROSKÓPIA (SZÍNKÉPELEMZÉS) TUDOMÁNYTÖRTÉNETI MEGKÖZELÍTÉSE

Alább olvasható a spektroszkópia tudománytörténeti vonatkozásának kutatás alapú szemléletű feldolgozásához tartozó javítókulcs (elvárt válaszok), megbeszélendő elemek és a diákválaszok kvalitatív elemzése, illetve érdekes válaszok kiemelése.¹⁷

1. Mi motiválta a legfontosabb, paradigmaváltó vizsgálatokat a spektroszkópia területén?

- A tudósokat már évszázadok óta foglalkoztatta a színeképek létrejöttének mechanizmusa, az effektus lehetséges ok-okozati következményei, és a jelenség lehetséges felhasználása.
- Kirchhoff és Bunsen korában (a szakmai felmenőiknek köszönhetően) a vonalas spektrumról sok egyedi tény volt ismeretes. Viszont ezeket képtelenek voltak egymással összefüggésbe hozni. Továbbá a heterogén (különböző) álláspontok, a kortársak kételkedése is elgondolkodtató és motiváló lehetett.

Erre a kérdésre többször furcsa válaszok születtek, **logikailag nem feltétlenül ideillő, konkrétumokban hiányos feleletek** is előfordultak. Egy diákválaszt kiemelve például:

¹⁷ A tanulói válaszok kvantitatív elemzése még nem tud a dolgozatban szerepelni, mert még több kitöltött válaszlapon és tapasztalati visszajelzés várható; valamint a minta további növelése szükséges a reális eredményhez.

„az elmélet bizonyítása”. Elmondható az is, hogy a válaszokban gyakran **szövegalkotási problémák** figyelhetők meg.

2. Mi volt a történeti előzmény (röviden)? Mik voltak a kutatást segítő (+), és mik voltak a nehezítő (-) tényezők?

- A színszórás és színek felfedezése. (+)
- A 18. században az IR (infravörös) és UV (ultraibolya) sugárzás felfedezése, azaz a “teljes színekép” megalkotása. Sokkal később a “teljes színekép” magyarázata (az elektromos fényelmélettel és a hullámelmélettel). (+)
- A 19. században törekvések minél tisztább színekép előállítására. (+)
- Először azt feltételezték a fekete vonalakról, hogy lencsehibák, és javítani próbálták a képet a vonalak vizsgálata helyett. (-)
- Fraunhofer munkássága (a Nap-színekép vizsgálata, Fraunhofer-féle vonalak, stb.), mely (többek közt) megalapozta Kirchhoff és Bunsen munkáját is. (+)
- Népszerű lángfestési kísérletek. (+) Herschel publikált lángspektrumai. (+)
- Kiderült, hogy a színekép ténylegesen az anyagtól függően változó. (+)
- A gondolatrendszerben még nem szerepelt az, hogy az anyagi minőség itt is a kémiai összetétellel lenne leírható. És az elmélet lehetséges alkalmazásáról, felhasználásáról sem volt még szó (ez motiváló, +)
- Elképzelés, hogy meghatározzák világító anyagok minőségét színeképük alapján. (+)
- Teret nyert az az elmélet, hogy a lángban lévő kémiai elemektől függ a színekép (+), de nem tudták ezt alátámasztani (-). Így a nem elég meggyőző érveket kételkedés fogadta. (-) A korszak tudományos elképzelései, tesztelésre váró hipotézisei heterogének voltak. (-)
- A Nap és a Na (nátrium) színeképében megjelenő azonos sárga vonal felfedezése. (+)
- Többen vitatták a sárga vonal nátrium színeképéhez való tartozását (Pl. Angström). (-)
- Azonban voltak, akik elfogadták a 2 vonal (a Nap D-vonalának és a Na sárga vonalának) „azonosságát”¹⁸ Pl. Stokes és Kelvin feltételezték, hogy valami közös tulajdonsága van a 2 jelenségnek. (+)
- A vonalas spektrumról sok egyedi tény volt ismeretes. (+) Viszont ezek kutatása során nehézséget jelentett, hogy ezeket képtelenek voltak egymással összefüggésbe hozni (-) A heterogén álláspontok és a kortársak kételkedése volt megfigyelhető (-)

A diákválaszok alapvetően jó elemeket tartalmaztak, de hiányosak voltak; érezhető, hogy szükséges a holisztikus gondolkodásmód fejlesztésének támogatása. Egy válasz volt például az alábbi: „+ elmélet kidolgozása; - heterogén álláspont volt a témáról”.

3. Mik voltak Kirchhoff és Bunsen tudósok kutatási céljai vizsgálataikkal?

Kirchhoff és Bunsen az eredeti szövegben ismertetett berendezés segítségével dolgoztak. **2 kutatási célt** tűztek ki:

1. Egyrészt meg akarták **vizsgálni a különféle anyagok emissziós színeképét.**
2. Másrészt **létre akartak hozni mesterséges Fraunhofer-féle fekete vonalakat.**

A kérdés megválaszolása sajnos csak kismértékben sikerült jól. Alapvetően **a kutatási cél fogalmával adódtak problémák, és több esetben nem a kérdésre válaszoltak** a diákok (például a 7. és 9. kérdéshez tartozó elemeket írtak ide). Egy ilyen kiemelve: „Később fel lehet majd használni a technikát egyéb kutatási célokra”.

4. Ti milyen hipotéziseket állítanátok fel a globális kutatási témakörre vonatkozóan? Mi volt a munkahipotézis?

1. **Azonos halmazállapotú anyagok spektruma azonos típusú** (vonalas vagy folytonos)
2. **A Fraunhofer-féle fekete vonalak léteznek, létrehozhatók.**

¹⁸ azonos jelentését

A diákválaszokban alapvetően munkahipotézis és valós elem szerepelt, viszont jellegzetes hiba volt, hogy **nem a globális témakörre vonatkozó elemet írták** ide, hanem rész kutatás munkahipotézistét. Azaz **többször itt sem a kérdésre válaszoltak** a diákok. Ez annak ellenére volt megfigyelhető, hogy a szövegben (ráadásul a szöveg elején) egzaktul szerepelt a válasz. Egy ilyen félreértést kiemelve: „A munkahipotézise Kirchhoffnak az volt, hogy ha áthalad a fény egy közegen, akkor a közeg azokat a hullámhosszakokat el fogja nyelni, amelyek kibocsátására önmaga is képes”.

5. Hogyan valósították meg ezen kutatási célokat? Sikeres volt próbálkozásuk?

1. Az első célkitűzést Bunsen valósította meg a **lángfestés módszerének tökéletesítésével**.
2. A második esetben a következőt tették: **mesterséges földi fényforrás fényét átvezették pl. Na-gőzön**. S ekkor sikeresen **“eltűntették”** a Na jellegzetes sárga vonalát, **fekete vonalat létrehozva a helyén**.

Mivel az előző kérdést is több esetben félreértették a tanulók, ennél a kérdésnél is többször azt a gondolatmenetet folytatták, azaz alapvetően valós elemet írtak, de **nem a kérdésre válaszoltak**. Egy érdekes válasz volt például: „Építettek egy a célra alkalmas eszközt, amellyel eredményes lett”. Ez azért is tárgyalandó példa, mert **nagyon általános válasz**, abszolút nem tartalmaz konkrét elemet, szinte bármely mérési eljárás kidolgozására igaz lehetne, **nem valódi válasz a kérdésre**; nem célszerű ilyen feleletek megfogalmazása.

6. Milyen előnyei vannak a Kirchhoff és Bunsen által kidolgozott koncepciónak?

Pl.: A színeképelemzés óriási előnye, hogy **nagyon érzékeny módszer az anyagi minőségre**. Egy vegyületben **jelenlévő legkisebb anyagmennyiséget is kimutatja**. Tehát ha egy anyag az alkotók közt van, **bármilyen kis koncentráció esetén megjelenik a spektrumban jellegzetes vonala**.

A kérdés megválaszolása **alapvetően jól sikerült, de előfordult itt is, hogy nem egészen a kérdésre válaszoltak a diákok**: például összekeverték a koncepció előnyeit a koncepció jelentőségével (amire a következő, 7. kérdés világít rá). Egy diákválasz kiemelve: „A színekép- és anyagkutatás legfontosabb eszközét és alapjait megalkották”.

7. Milyen jelentősége van a színeképelemzés felfedezésének és előnyének a gyakorlati életben?

- Egyrészt a **kémia** jutott rendkívül hasznos **eszközhöz az anyagi összetétel elemzése** (azaz az analitika) terén.
- Ami pedig a fizika terén fontosabb: lehetővé vált a **távoli csillagok anyagi összetételének meghatározása** is.
- S ezutóbbi azért is nagyon jelentős, mert ezáltal **alátámasztásra került az a hipotézis, hogy a világ anyagi egység**.

A kérdést **sikerült alapvetően jól megválaszolni, ami nagyon pozitív**. Érdekes, hogy erre a kérdésre azok is jól válaszoltak, akik az előző kérdést félreértették, és ahhoz is ide tartozó elemeket írtak. Jelen kérdésnél problémaként a **szövegalkotási és nyelvtani hibák** említendőek. Egy válasz volt például: „Meg tudjuk állapítani izzó anyagokról, hogy milyen összetételűek, a Nap színeképében a fekete vonalakat mi okozza”.

8. Mi az újítás ebben a gondolati koncepcióban?

- Arisztotelésznek még az volt az elméleti feltevése (hipotézise), hogy „a földi és az égi testeket más törvények kormányozzák, és teljesen más anyagokból vannak”. Ezt tanította hallgatóságának.
- Ehhez képest hatalmas gondolati váltást, mondhatni **paradigmaváltást jelent** a színeképelemzés alapkonceptiója, és a gondolat változása a történelem során:
 - Fraunhofer továbbfejlesztette, pontosabban elkezdte kibontakoztatni a színeképelemzés elméletét.
 - Majd pedig Kirchhoff és Bunsen ténylegesen megalkotta a színeképelemzés koncepcióját, ezzel paradigmaváltást végrehajtva a tudományban.

A diákválaszokban itt is az érhető tetten, hogy bár a szövegben megjelenő, valós elemet emelnek ki, **sokszor nem a kérdésre válaszolnak**. Például egy válasz: „A hangtannal való analógia”.

9. Mik a gondolatrendszer további folytatásai, további eredményei, további kutatási területek és kérdések?

- A két tudós, Kirchhoff és Bunsen felfedezett **addig ismeretlen alkálifémeket** is. Ezek a **Rb** (rubídium) és **Cs** (cézium) voltak.
- 1878-ban Lockyer talált a **Nap színeképében egy, a Földön ismeretlen anyagnak megfelelő vonalat**. Ezt **héliumnak** nevezték el a görög Helios = Nap szóból.
- 1895-ben Ramsay **megtalálta a Földön is ezt az elemet**. És kiderült róla, hogy az ún. **nemesgázok** egyike.
- A színeképek történetének viszont ezzel még távolról sincs vége! Nemcsak az **analitikai kémia területén** bontakozhatott ki ez a gondolatrendszer. A fizikusok saját területükön is igényelték az eredményeket. A következő **további kérdéseket** vizsgálták, a korábbinál részletesebb módon:
 - **Milyen mechanizmus útján jönnek létre a színeképvonalak?**
 - **Milyen folyamat játszódik le valamely anyag atomjai és molekulái között, amikor azok fényt bocsátanak ki vagy nyelnek el?**
- Kiderült, hogy **az atomok színeképe mindig vonalasnak látszik**. Ezzel szemben viszont **a molekulák spektruma első látásra folytonos**. Ám nagyobb felbontású berendezések alkalmazása esetében azt látjuk, hogy **ez a színekép is különálló részekből, sávokból áll**.
- A 19. század elején Young és Fresnel munkásságával megindult **a fény hullámelméletének** „térhódítása”, az **elektromágneses fényelmélet**. Majd ezt követte a **rádióhullámok felfedezése**.
- A 19. század végén megfigyelték azt is, hogy **a színeképben megjelenő vonalak és a sávok is szabályos elrendeződést mutatnak**. Mi több, ezeket **le tudták írni a matematika jelnyelvén** empirikus összefüggésekkel (matematikai reprezentációval).
- A 20. században derült csak fény arra, hogy **milyen folyamatok hozzák létre ezeket a vonal- és sáv sorozatokat**. Ez egyben a **modern atomkutatás és a kvantummechanika** előtörténete.
- A leírt fejlődés a mai tudományos világban nagyon sok időnek tűnik. Hiszen manapság szinte egyik napról a másikra reagálnak a fizikusok egymás kutatásaira (vagy legalábbis hónapról hónapra). Ez főként a modern technikának köszönhető (email, online-publikációk, a világ bármely területén elérhető folyóiratok).

Sajnos ennél a kérdésnél is **félreértelmezés** érhető tetten a tanulók válaszaiban. **Nem a kérdésre válaszolnak**, például az ezt megelőző kérdésre adandó helyes válasz egy részét írták ehhez a kérdéshez: „Paradigmaváltás”, miközben azt a kérdést nem vagy nem helyesen válaszolták meg.

10. Érdekes volt számotokra a feldolgozott szöveg? Ha igen, miért? Ha nem, miért?

Alapvetően pozitív visszajelzések érkeztek a diákoktól, négy diákválaszt kiemelve:

„Érdekes volt, mert a fizikájáról már tanultunk; és megismerni, hogy pontosan hogyan jöttek rá érdekfeszítő.”

„Nagyon érdekel a tudománytörténet, és tök érdekes kapcsolatok voltak a szövegben fizikusok között, ez nagyon tetszett.”

„Őszintén szólva a fizika nem a kedvenc tantárgyam, de nekem közérthetőnek tűnt a szöveg, és olyanokról olvastam, amit történelemből nem tanultunk. Nekem érdekes volt.”

„A szöveg érdekes dolgokat emel ki, és bár nem szeretem a fizikát, tetszett ez a feladat. Csinálhatnánk mindig ilyet fizika órán.”

A kipróbálási tapasztalatok alapján úgy gondolom, hogy ez a tanszöveg egy, a fizika iránt kevésbé érdeklődő csoport fizika órájára is nagyon hasznos lehet, mert reál/humán beállítottságtól függetlenül nagyon tetszett a fiataloknak. Véleményem szerint sok fizikát tanulhatnak belőle a diákok, miközben nem kell sok esetben megküzdenni a fizika tantárgy iránti ellenérzésekkel.

11. A feldolgozás során tanultatok fizikát? És más tantárgyat?

Érdekes, hogy ennél a szövegnél **nem mindig sikerült egyértelműen észrevenni a diákoknak, hogy a spektroszkópia a fizika és a kémia határterülete**, annak ellenére, hogy a leírás többször egyértelműen utalt erre. Két ilyen válasz volt például:

„A fizikai részét átismételtem vele, más tantárgyat nem nagyon.” ,

„A fizika mellett talán még egy kicsi kémiát éreztem benne, de lehet, hogy csak beleképzelem.”

Ezt a problémát mindenképp érdemes és fontos lehet megvitatni a tanulókkal. Elképzelhető például, hogy ilyen esetekben pszichikai gát miatt nem tud megvalósulni **a pedagógiai transzfer tudatosítása, mely fontos lenne.**

12. Milyen érzéseket váltott ki belőletek a szövegfeldolgozás?

A diákok pozitív visszajelzéseket adtak a válaszaikkal, alapvetően tetszett nekik a **módszer**. Érdekes volt, hogy előfordult olyan válasz, melyben a diák olyan érzéseket és gondolatokat írt le, amit a „kutatói szemmel” keltett benne a szövegfeldolgozás: „Nehéz valami új dolgot kutatni, amiről, korábról még nincs sikeres kutatás”. Az ilyen jellegű válaszok utalnak arra, hogy **a módszernek személyiségfejlesztő hatása is lehet** a fiatalokra, **például fejlesztheti az empátiás készséget.**

13. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

Erre a kérdésre **alapvetően sikerült válaszolniuk** a fiataloknak, **többnyire a tudományos forrásokat és az elméleti háttérrel írták érvként**. Egy diákválaszt kiemelve: „Részben az, hogy már volt egy elméleti háttérrel hozzá, a források és a logikai kapcsolatok.”

A kipróbálási tapasztalatok alapján (is) kiemelendő, hogy **fontos közösen megvitatni a kutatás és tudományos megismerés lépéseit, elemeit, a gondolatmenet alappilléreit**. Valamint **szükséges támogatni a kutatómódszertanban előforduló kifejezések¹⁹ elsajátítását**, mint például: *egy kutatás célja; (munka)hipotézis; egy gondolati koncepció előnyei; - újításai; - további folytatásai*. Valamint segíteni kell többek közt **a koncentráció, a figyelem, a**

¹⁹ melyek többször előfordulnak a mindennapi életben is

logika, a holisztikus gondolkodás, és a szövegértés és szövegalkotás fejlesztését. Az itt összefoglalóan szereplő elemek ugyanis sok esetben problémát jelentenek a diákoknak.

A fentiek fényében **a kutatás alapú szemlélet ihlette tananyag-javaslatok közös feldolgozása alkalmas lehet a problémás területek fejlesztésének kivitelezésére, támogatására.**

5.2. DIDAKTIKUS SZAKCIKKEK/LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET-LEÍRÁSOK KUTATÁS ALAPÚ TANULÁSHOZ

Ebben a szakaszban szerepelnek a kutatás alapú szemléletű feldolgozásához szolgáló, didaktikus szakleírásokhoz tartozó javítókulcsok (elvárt válaszok), megbeszélendő elemek és a diákválaszok kvalitatív elemzése, illetve érdekes válaszok kiemelése.²⁰

5.2.1. A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A MÉRÉS ELVI ALAPJAI ÉS ÉRDEKESSÉGEK

1. Mi motiválta M. E. Phelbs-t, hogy kifejlessze ezt a funkcionális képalkotó eljárást?

- Pontosan fel akarták térképezni a biológiailag aktív területeket, mint daganat, tumor (és egyéb);
 - elő szerették volna állítani ezek 2 vagy 3 dimenziós képét;
 - mindezt úgy, hogy ne kelljen megoperálni a beteget és idejekorán kiderüljön a probléma – előbb, mint RTG és CT segítségével –.
- ⇒ Így időben felállítható egy egzakt diagnózis, a kezelés megtervezhető.

Erre a kérdésre **többnyire jó válaszok tudnak születni.** Egyet kiemelve: „Hogy fel tudják térképezni a daganatokat, tumorokat, elő tudják állítani ezek 2 és 3 D-s képét, operáció elvégzése nélkül.” A válaszban azonban látható, hogy **a nyelvi kompetenciák is fejlesztésre szorulhatnak** (hogy-gyal nem kezdünk mondatot); **erre többek közt az ilyen típusú feladatlapok is alkalmasak.**

2. Mit értünk azon, hogy funkcionális a képalkotó eljárás?

Funkcionális képalkotáson azt értjük, hogy nem anatómiai viszonyok jelennek meg a képen, hanem működésbeli tulajdonságok, pl. glükóz anyagcsere (a beteg sejtek több cukrot vesznek fel), oxigén felhasználás vagy véráramlás. (Később, a már látható szervi elváltozások értelemszerűen azokon a helyeken láthatók, ahol a funkcionális változás is kimutatható.)

A diákok **szépen meg tudták fogalmazni saját szavaikkal ennek jelentését.** Egy válasz volt például: „Nem anatómiai viszonyokat jelenít meg, hanem működési tulajdonságokat. Pl. glükóz-anyagcsere.”

²⁰ A tanulói válaszok kvantitatív elemzése még nem tud a dolgozatban szerepelni, mert még több kitöltött válaszlap és tapasztalati visszajelzés várható; valamint a minta további növelése szükséges a reális eredményhez.

3. Milyen előnyei vannak a PET-nek, mi az újítás ebben? Miért fejlettebb ez a pl. a CT-nél és a RTG-nél?

- Funkcionális képalkotó eljárás. Így a lehető legkorábban megállapítható, hogy egy szerv vagy szervrendszer beteg, mert a funkcionális működést vizsgálja, melyben korábban láthatók változások, mint ahogyan a szervi elváltozás kimutatható RTG-vel vagy CT-vel. Tehát sokkal hamarabb (előre)jelzi a problémát.
- Gyors, járóbetegeken elvégezhető (ez a másik 2-re is igaz).

Ezt a kérdést **részben jól sikerült megválaszolni**. Ám itt már például **nem differenciálódott** a funkcionális és anatómiai viszonyok fogalma, amit érdekesen az előző kérdésben jól sikerült megválaszolni. Olyan benyomást kelt, mintha a funkcionális elváltozás nem a test szöveteiben történne. Egy válasz például: „Már kimutatható vele a sejtekben, szövetekben történő elváltozás is. CT-vel és RTG-vel csak az anatómiai változások figyelhetők meg. Így korábban rá lehet találni a problémára.” **Bár az is lehet, hogy a zavart „csupán” a szövegalkotási készségek problémája okozza, ezek mindenképp fejlesztésre szorulnának.**

4. Milyen hipotézise lehet egy orvosnak, ha PET-vizsgálatra küldi egy betegét?

Azt feltételezi, hogy a betegének a következők közül valamelyik problémája lehet:

- onkológiai – jó- vagy rosszindulatú daganat
- neuropszichiátriai – olyan betegségek, melyeknél a pszichiátriai/pszichés tünetek egyértelműen az agy szervi elváltozáshoz (pl. góckhoz) köthetők;
 - pl. epilepszia, Alzheimer-kór, Parkinson-kór, (SM, demencia, delírium, amnesztikus szindrómák), stb.²¹
- kardiológiai – pl. szívizom károsodás

Alapvetően **jól sikerült a tanulóknak saját szavaikkal megfogalmazni válaszukat**. Ám **néhol kiegészítették olyan elemekkel, amikhez nem a PET az adekvát vizsgálati eljárás**, hanem egy egyszerű vérvétel/ujjszúrás. Egy ilyen válasz: „Daganatos megbetegedés, szív és érrendszer megbetegedés, **cukorbetegség**, neuropszichiátriai problémák.” Ezek alapján a közös megbeszélésnél **érdemes lehet kitérni a PET vizsgálat anyagi vonzataira, és összegyűjteni, mire alkalmas és mikor célszerű a PET alkalmazása.**

5. Hogyan valósítanak meg egy PET-vizsgálatot a gyakorlatban? Mi a menete ennek?

1. pozitronokat emittáló izotóp bejuttatása a beteg szervezetébe injekciálással
→ kb. 1 óra várakozás
2. a beteget a PET-berendezésbe helyezik, amiben detektorgyűrűk vannak → pozitronok annihilációja
→ a pozitron-annihilációt a detektorok érzékelik
3. PET-felvételek kiértékelése

Erre a kérdésre **alapvetően jól válaszoltak a diákok**, meg tudták fogalmazni saját szavaikkal gondolataikat, ami véleményem szerint annak is köszönhető, hogy a cikkben elég egyértelmű leírás szerepelt. Egy tanulói válasz például: „1. Mesterséges izotópok szervezetbe juttatása; 2. A PET-berendezésbe helyezzük a beteget; 3. PET felvétel elemzése”

²¹ és a fentiek valamelyikével konzekvensen a pszichés tünetek pl. szorongás, depresszió, személyiségváltozás, hallucinációk, percepció, hangulat, (gondolkodási sémák, emlékezés), stb.

6. **Mi a jelentősége a PET-vizsgálatok lehetőségének?**

Hamarabb felderítik a rosszindulatú daganatokat, neoropsz. problémákat, kardiológiai eseteket, ismeretlen eredetű láz okát; ezáltal korábbi stádiumban kezdhető meg a kezelés, s nagyobb a valószínűség a teljes vagy részleges gyógyulásra.

Alapvetően jól tudtak válaszolni a diákok a kérdésre, de **nagy arányban kimaradt az a fontos elem, hogy a PET előbb tudja kimutatni az elváltozásokat a nem-funkcionális képalkotó eljárásoknál.** Egy ilyen válasz például: „Nem kell operáció, veszélytelen.” A közös megvitatásnál **érdemes kiemelni a többször hiányzó fontos elemet.**

7. **Miért kell cukoranalóg izotópot alkalmazni a PET-vizsgálat során?**

A funkcionális elváltozást szenvedett sejteknek (pl. rákos sejtek) fokozott a glükóz-anyagcseréje, azaz a beteg sejtek több cukrot vesznek fel.

Erre a kérdésre vonatkozóan **kisebb mértékű volt a válasz-helyesség,** ugyanis például előfordult az, hogy éppen **az a lényeges elem maradt ki a válaszból, hogy a tumor-sejtekre nagyobb glükóz-anyagcsere jellemző;** ezt **érdemes a megbeszélés során kiemelni.** Egy válasz volt például: „Hogy az izotóp a véráramba és a vizsgálandó területre kerülve feldúsuljon.” Továbbá ahhoz, hogy a véráramba kerüljön egy anyag, nem szükséges semmi egyéb, mint a beinjektálás.

8. **Milyen mélyre jut a PET-vizsgálat során a pozitron az emberi szövetekben?**

A pozitron 0,1 mm-nél kevesebb utat tesz meg.

Alapvetően jól sikerült válaszolniuk a diákoknak, ennél a kérdésnél **esetenként a kisebb egyenlő viszony okozott problémát** a válaszban. Egy tanulói választ kiemelve: „0,1 mm mélyre”

9. **Kell-e félni, veszélyes-e a PET-vizsgálat?**

Nem, néhány óra alatt kiürül a szervezetből a beinjektált anyag. (Félni az eredménytől lehet oka a betegnek.)

Többnyire jól feleltek a diákok, bár elég szűkszavúan válaszoltak erre a kérdésre, **indoklást nem írtak** (de nem volt a kérdésben, hogy kellene). Egy ilyen válasz: „Nem.” A kérdést érdemes átszerkeszteni úgy, hogy indoklást is kérjünk a tanulóktól.

10. **Mi a pozitron? Miért van rá szükség a PET-nél? Miben azonos és miben különbözik az elektrontól?**

Az elektron antirészecskéje, elemi részecske. Azonos tömege és élettartama. Eltérők töltés jellegű tulajdonságaik: töltés, mágneses momentum, kvantumjellemzők (spin²²).

A diákok saját szavaikkal elég jól tudtak válaszolni a kérdésre, viszont **annak felmérése nehézséget jelentett, hogy az egyező és a különböző adatok mennyisége (száma) hogyan viszonyul egymáshoz.** Valamint **a tömeg és a nagyság fogalmának nem differenciálódott mivolta is esetenként tetten érhető** volt. Egy ilyen választ kiemelve: „Elektron antirészecskéje. **Legtöbb** adatuk megegyezik. Töltés jellegű tulajdonságaik azonban ellentétesek. Megegyeznek: élettartam, **nagyság**. Eltérő: töltés, spin, mágnesesmomentum,

²² valamint paritás, hipertöltés, izospin, de nem hiszem, hogy ezekről hallottak már a diákok

paritás, hipertöltés, izospin.” Utóbb szereplő fogalmakat fontos lehet némileg megtárgyalni/átismételni a diákok előzetes tudásának függvényében. És általában ezt a kérdést érdemes részletesebben megvitatni.

11. Ki hipotetizálta a pozitron létét? Ki és hogyan támasztotta alá létezését?

A létezéséről szóló hipotézis P.A.M. Dirac állította fel, elméleti következtetések alapján.

A hipotézist Carl D. Anderson támasztotta alá kísérletekkel: a kozmikus sugárzást vizsgálta mágneses térbe helyezett ködkamrával, eközben (véletlenül) detektálta a részecskét.

Erre a kérdésre **alapvetően sikerült válaszolni**. Például egy helyes diákválasz: „P.A.M Dirac hipotetizálta. Carl D. Anderson támasztotta alá mágneses térbe helyezett ködkamra vizsgálta a kozmikus sugárzást.” Azonban a **nyelvi készségek hiányosságai** itt is megfigyelhetők; **célszerű lenne ezen kompetenciák fejlesztése, például több ehhez hasonló KAT-szemléletű szövegfeldolgozási feladatlap alkalmazása is támogathatja ezt.**

12. Mi az elektron-pozitron annihiláció? Mi keletkezik a folyamatban? Hány db keletkezik?

A részecske (elektron) és antirészecskéje (pozitron) találkoznak, és megsemmisítik egymást. 2 vagy 3 db gamma-foton keletkezik.

Erre a kérdésről leginkább az mondható el, hogy **részben sikerült jól megválaszolni**, nem tértek ki a diákok a 3 foton esetére. Egy válasz például: „2 db foton keletkezik, és szóródnak szét a folyamat során.” Ebben szerepel egy olyan kifejezés is, amit a fizika másként értelmez, mint valószínűleg a diák szánta mondaivalójában (szóródás).

13. Melyik fontos fizikában és/vagy kémiában tanult szimmetriára (megmaradásra) lehet jól értelmezhető példa a jelenség?

Energiamegmaradás és impulzusmegmaradás törvénye.

Az mondható el, hogy **az impulzusmegmaradás fogalma nem igen fordult elő diákválaszban, holott ez része az általános fizika tananyagának**. Kiemelendő még, hogy a tömegmegmaradásra utaltak a diákok. Egy tanulói válasz például: „energiamegmaradás, tömegmegmaradás.” Tehát **részben sikeres a fizikai szimmetriák és megmaradások azonosítása, de fontos lehet hangsúlyosabban foglalkozni ilyen kérdésekkel a tananyagok feldolgozásakor.**

14. Milyen további kérdéseket és feltevéseket (hipotéziseket) fogalmaznátok meg a PET-re vonatkozóan, amire esetleg nem tért ki a leírás?

Erre a kérdésre **50%-ban nem született válasz: kihúzták a diákok**, nem volt hozzáfűzni valójuk. **Akik válaszoltak, érdekes gondolatokat vetettek fel. Olyan válasz-elem is előfordult, amire a szöveg is utalt már.** Egy frappáns diákválasz például: „Mi történik, ha a mackót kicseréljük másra, például kísérleti állatra? Akkor is ugyanilyen a kísérlet? Milyen egyéb betegségeknél használható még a PET, ami nincs a szövegben?”. **Érdeemes lehet az itt előforduló válaszok közös kiértékelése a megbeszélés során**, ez motivációs és érdeklődésfelkeltő/fenntartó szereppel is bírhat.

**15. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért?
Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?**

A kérdésre **nagyon pozitív visszajelzések érkeztek**. Egy választ kiemelve: „Igen, nagyon érdekesnek találtuk ezt az új módszert. A szöveg tudományosan, de érthetően tárja az olvasó elé a tényeket. Olvasás közben **felcsigázottak, érdeklődők voltunk**.”

16. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?

A diákválaszokból az a nagyon pozitív elem tükröződik, hogy **abszolút siketült észrevenni és tudatosan kezelni a szöveg interdiszciplináris tartalmát, hogy általa több tantárgyat együttesen tanulhatnak**. Ezt nagyon fontos eredménynek tartom, hiszen a **pedagógiai transzfer alapját képezheti**. Érdekesen a biológia tantárgy megjelenése többször kimaradt a diákok válaszában. Egy ilyen válasz: „Sok új fizikai és kémiai ismeretekre tettünk szert.”

17. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt?

Erre a kérdésre **alapvetően sikerült válaszolniuk** a fiataloknak, **többször a tudományos forrásokra hivatkoztak** válaszaikban. Egy diákválasz például: „Forrásokkal volt alátámasztva, amik különbözőek és sokrétűek voltak.”

**5.2.2. A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS
FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A KONKRÉT MÉRÉS
ÉS A KIÉRTÉKELÉS**

1. Mi a mérés célja?

1. A laboratóriumi mérés egyik célja a módszer elvi alapjaival való megismerkedés.
2. Ennek keretein belül egy próbatestet (plüssmackót) vizsgálunk, melyben korábban béta-bomló radioaktív izotóp(ok) lettek elhelyezve. Ezek a tumor(ok) szerepét töltik be.
A mérés alkalmával lehetőség nyílik a sugárforrások („tumorok”) számának, és rájuk jellemző relatív aktivitásnak („azaz a daganat súlyosságának”) megadására, valamint síkbeli helyük lokalizálására.
3. Továbbá a mérés által betekintést nyerhetünk abba, miként épül fel egy PET berendezés, ugyanis annak egy egyszerűbb, 2 dimenziós modelljével dolgozunk.
4. A fentiek mellett a mérés a pozitron annihiláció jelenségének megértését is lehetővé teszi, hiszen mindvégig ezt a jelenséget tanulmányozzuk gyakorlati aspektusban.

Erre a kérdésről leginkább az mondható el, hogy **részben sikerült jól megválaszolni**. Egy tanulói válasz volt például: „A daganat pontos feltérképezése a „páciensben”. Ebből **nem derül ki az, hogy a tanuló tudja-e, hogy egy modellel dolgozott, melynek alapvető elvei egyeznek a valódi vizsgálattal, de (épp modell tulajdonsága folytán) több paraméterben eltér attól**. Felmerülhet az, hogy a kérdésfeltevés nem elég egyértelmű, illetve a szövegben nem biztos, hogy megfelelő utalás van az elvárt válaszra. Célszerű lehet a szöveg részbeni átszerkesztése, ezt figyelembe véve. Azonban **mindenképp célszerű lehet megtárgyalni a (fizikai) modellek fogalmát, jelentőségét és tulajdonságait**.

2. Mi a mérés hipotézise?

A kísérlet betege (a maci) rákos beteg. (A tumorok helye és relatív mérete megadható.)

Ezt a kérdést több esetben félreértették a diákok, mert csak kismértékben sikerült jól megválaszolni. Alapvetően igaz, amiket a tanulók írtak válaszként, de sokszor **nem hipotézist írtak le, hanem többnyire a mérés menetéhez vagy az az adatelemzéshez tartozó elemeket.** Illetve elvi probléma is megjelent. Egy ilyen diákválasz: „A két **detektor mozgatásával besugározható a daganatban felgyűlt kontraszt anyag**, és a körvonalak a fólián megmutatják a daganatot és az áttétet is.” A kipróbálási tapasztalatok alapján **szükséges a hipotézis fogalmának megvitatása, ami elengedhetetlen a hipotetikus gondolkodás formálásához és a gondolkodásfejlesztéshez.**

3. **Hogyan valósítjuk meg a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? Milyen méréssorozat(ok)at végzünk?**

- A mérőberendezések beállítása – ez előzetesen megvalósult. (Azért szükséges, hogy megfelelő energiatarományban mérjünk.)
- A beteget (maci) belehelyezzük a PET-berendezés modelljébe, azaz a detektorok közé –ez előzetesen megtörténik.
- 2 detektor műszerrel **vizsgáljuk a végbemenő pozitron-annihilációkat:** Az e^-e^+ annihilációs folyamatot jellemzik a keletkező fotonok, ezek 511 keV energiájúak.
 - **A méréskor a próbatestet végig pásztázzuk a mozgatható detektorok segítségével különféle szögek mentén.** (Minden szögállás mellett ugyanannyi ideig (a gyakorlaton egy percig) mérjük az egyes detektorokat ért, illetve a koincidenzában történő beütések számát. Ezeket táblázatban rögzítjük.)
 - Ez által vehetők fel azok az egyenesek, mikor az **annihiláló jelenségek** döntően a 2 detektor vonalában történtek: **a válaszegyenesek.**²³
 - A próbatest forgatásakor a sugárforrások pozíciója is változik. Tehát több méréssel a **sugárforrások helyei lokalizálhatók.**
- Az előbb leírtakat ismételjük a további daganatok megtalálásához. (A „pácienst” a függőleges tengelye körül 90°-kal elforgatjuk, és megismételjük a beütés-méréseket a detektorok minden szögállásánál.
Harmadik mérésünk előtt ismét elforgattuk a plüssmackót tartalmazó dobozt a korábbiaknak megfelelően, megismételtük a különböző detektor-állások melletti méréseket, és az adatokat ismét táblázatban rögzítettük.)

Erre a kérdésre alapvetően **részben jól sikerült válaszolniuk a diákoknak**, saját szavakkal össze tudták foglalni az elvégzendő tevékenységeket. Azonban előfordult olyan, hogy a diákok **azt feltételezték, a fotonokat közvetlenül meg tudjuk figyelni, illetve a laboratóriumi mérés és a valóság azonosságai és különbségei keveredtek.** Egy ilyen válasz volt: „A plüss mackót plexi dobozba helyezzük, és két detektor közé rakjuk. A detektorok 140-220°-közé zárnak be szögeket a mérés alatt. **Megfigyeljük az elektron-pozitron annihiláció során keletkezett gamma-fotonokat** és beérkezésüket. A daganat **jelzőanyagát béta-bomló sugárforrással**

²³ „Miután a teljes tartományon végig értünk, visszakeressük azt a szöget, amelyiknél a legtöbb koincidenzá-beütést mértük. A mozgatható detektort ide visszaállítva, bejelöljük a fólia szélén a két detektor pozícióját. Az így kapott két pontot egy vonalzó segítségével összekötjük, ezzel megkapjuk az első válaszegyenesünket. A „daganatnak” valahol ezen egyenes mentén kell elhelyezkednie.”

„2 sugárforrás helyének meghatározásához legalább 5 válaszegyenes berajzolása szükséges: ez már egyértelműsíti, melyik pontpárról lehet szó.

Ha még több sugárforrásunk lenne, a válaszegyenesek számát megfelelően növelve, ezek helyét is meghatározhatnánk a vonalak csomópontjaiból.”

helyettesítjük. A 140-től 220-ig tartó forgatást 5 fokenként végezzük. **Feljegyezzük az elváltozásokat a plexin,** majd a dobozt 90°-al elforgatjuk, és megismételjük a műveletet. A **közös metszésű pontokból** kiderül, hol a daganat, és van-e áttét, és ha igen, hol.” **Mindenképp javasolt a kérdés részletesebb megvitatása a közös megbeszélés során.** Lehetséges az is, hogy **nyelvi kompetenciák problémája** miatt nem azt fogalmazzák meg a diákok írásban, mint amire gondolnak; **ezek a készségek ismertén fejlesztendő területek. A fejlesztést segítheti a hasonló, KAT-szemléletű tananyagok feldolgozása.** Továbbá a korábbi szereplővel egyezően, e kérdésre adott válaszok alapján is elmondható, hogy **mindenképp célszerű lehet megtárgyalni a laboratóriumi modell mérés fogalmát, jelentőségét és tulajdonságait.**

4. Hogyan elemezzük az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógéppel.) Mit csinálunk?

Táblázatban rögzítjük a koincidenciában mért beütések számát és a hozzájuk tartozó a detektor(ok)-szögállást.

Számítógéppel ábrázoljuk (a számunkra leglényegesebb adatot,) a koincidenciában mért beütések számát a detektorok szögállásának függvényében, és összekötjük a pontokat.

A pontok láthatóan olyan beütés – szögállás grafikonra illeszkednek ²⁴, melynek jól kivehető kicsúcsosodásai vannak. Ez akkor van így, ha daganat van; s akkor van több lokális maximuma a függvénynek, ha több daganata van a betegnek.

A csúcsok egymáshoz képesti mérete a daganatok viszonylagos méretére utal. A kisebb csúcs a kisebb aktivitású, frissebb áttét; míg a nagyobb csúcs az eredeti gócpontot jelzi.

Számomra meglepő módon erre a kérdésre **igen jól sikerült válaszolniuk a diákoknak.** Egy tanulói válasz volt például: „A Gauss görbék metszéspontjai segítségével és a táblázat elkészítésével, vizsgálatával.” **Azonban nem derül ki, hogy a diákok mennyire tudják azt, hogy például mi a Gauss-görbe.** Attól függően, hogy a cikkben szereplő görbeillesztést mennyire taglaljuk a diák-válaszok és reakciók fényében, **célszerű lehet egy kicsit beszélni tanítványainkkal az eloszlások szemléletes jelentéséről.** Mondjuk, jó segédpélda lehet a kockadobás (vagy a 2 féltérben elhelyezkedő n db részecske) esete. És hasznos lehet rávilágítani arra, hogy számos valós jelenség követi az ún. normális eloszlást, ezt pedig a leírásban látott függvény reprezentálja matematikailag. (Nyilvánvalóan itt nem tényleges Diszkrét matematikához (ezen belül Valószínűségszámításhoz) tartozó egyetemi tudáselemekre kell gondolni.) Továbbá **érdemes tudatában lenni annak, hogy a diákok nagy valószínűséggel tudnak függvényeket illeszteni Excel programmal.**

²⁴ A beütés – szögállás grafikonon jól kivehető csúcs adódik. De ez nem egyenletesen nő a maximumhoz haladva. Erre „normális-eloszlás-görbe” illeszthető.

Azonban a görbe láthatóan nagy hibával követi csak az illesztést. Ezért egy ebből származtatott, másik függvényt illesztünk: 2 „normális-eloszlás-függvény” összegét. Ez már sokkal jobban illeszkedik. (Megjegyzendő, hogy az összeadott 2 függvény bizonyos esetekben (ld. a cikk 7. ábráját) erősen átfed, mert közel esnek egymáshoz.)

5. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?

Szögmérés pontatlansága, az egyenesek felvételének hibája – főleg az első; válaszegyenes behúzásának pontatlansága; a 2 dimenziós modell használatából eredő eltérések; beteg esetleges elmozdulása (maci megbillenése).

A diákok nagyon ügyesen tudtak válaszolni erre a kérdésre. Egy diákválaszt kiemelve: „Pontatlan szögmérés, beállítás, áttétellel való nem számolás, a 2 dimenziós technika hátrányai.”

Kisebb nyelvi hibák itt is érezhetők a válaszban.

6. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?

Megállapíthatjuk, hány „daganata” van a betegnek (maci), ezek hol helyezkednek el, valamint közelítést adunk méretükre (ennek arányára).

A macinak fejen lévő (vagy nyirokrendszeri) daganata van vese-áttétellel.

A tanulók válasza szerint **alapvetően érthették a mérést és a következtetéseket, de fogalmazási problémák voltak a diákválaszokban.** Előfordult **matematikai fogalmak nem differenciált mivolta:** keveredett a végpont, metszéspont és terület fogalom; egyenesek és pontok területéről is írtak. Ilyen diákválasz például: „A bejelölt **egyenesek és pontok közös területét** meghatározva, a **terület egyik erősebb végpontja** a daganat, a másik végpontja, amely **halványabb**, az áttét.” Itt a matematikai fogalmak problémái mellett nyelvi problémák is feltételezhetők. Tehát **további alátámasztást nyert a nyelvi – és a matematikai kompetenciák fejlesztésének szükségessége, melyre többek közt a KAT-szemléletű tananyagfeldolgozás is alkalmas lehet.**

7. **Veszélyes a PET-mérés elvégzése?**

Nem. Kis sugárdózis éri a résztvevőket, a biztonsági előírások betartása protokollként van jelen, nem pedig a veszélytől való védelem céljából. A mérésvezető csipesz segítségével helyezi a sugárzó anyagot a maci ruhája alá, s nincs semmi baja.

Ennél a kérdésnél **a diákok igen másképp gondolkodtak, mint az reális lenne;** nem gondoltak bele abba, hogy az alanyt terhelő sugárzás mekkora mértékű, holott szó szerint szerepelt a cikkben, hogy kis aktivitású izotóp szerepel a laboratóriumi mérésben, és hogy elsősorban a helyes gyakorlat elsajátítása céljából vannak a balesetvédelmi megkötések. Ez alapján úgy gondolom, **fontos lehet ilyen jellegű kérdéseket minél többször részletesen megvitatni a tanóra keretei közt.** Egy válasz volt például a következő: „A radioaktív izotópok ionizáló sugárzással terhelik a beteg szervezetét, ezért minél távolabbról (1 méter), és rövidebb ideig kell a vizsgálatot végezni.” Ebben nemcsak az előbb leírt hiba érhető tetten, hanem **elvi hibás is a válasz,** hiszen nem a vizsgálat idejétől függ az, hogy mennyi sugárzás éri a beteget (hanem a használt izotóptól), s az orvosi gyakorlatban a beteg elhelyezkedése fix a berendezésben. Persze lehetséges, hogy a válaszoló a labormérésre gondolt. Ez esetben, ahogy már többször szerepelt, **a modell-mérés és a valóság különbségeit érdemes megvitatni, illetve a nyelvi problémákat érdemes javítani.**

8. Milyen elemekre kérdeznétek rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?

A diákok válasza alapján az mondható el, hogy **több olyan elemet írtak, melyek szerepeltek már a leírásban.** Illetve **elvi hiba is előfordult,** aminek alapján némely kifejezés használatát célszerű lenne megvitatni; egy válasz volt például a következő: „Minden esetben **besugározható** egy test vagy egy adott végtag? Függ-e bármilyen biológiai változótól ez? Ha a daganatot felderíti, talál-e még valamit? Miért épp a daganatok vizsgálata?” Ez alapján **értelmes lehet az kérdésre adott, előforduló válaszok közös kiértékelése a megbeszélés során.** A diákválaszok a korábbiakkal összhangban **szövegértési és logikai hibákra** engednek következtetni. Azaz ismét alátámasztásra került, hogy **rendkívül szükséges lenne a gondolkodásfejlesztés és a kompetenciák fejlesztése, melyekben** (ahogy már szerepelt) **az ilyen jellegű tananyag-javaslatok közös feldolgozása segíthet.**

9. Milyen más vizsgálatot végeznétek el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?

A válaszokban **érdekes gondolatokat vetettek fel a diákok, viszont nem fejtették ki részletesen elképzeléseiket.** Olyan válasz-elem is előfordult, **amire a szöveg is utal.** Egy kiemelendő diákválasz volt például: „A mackó helyett mondjuk szövetre jobban hasonlító alanyt használnánk, például sertést vagy részét. Más nehezen gyógyítható betegségek felkutatása is érdekes lenne.”.

10. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?

A válaszok alapján az mondható el, hogy a résztvevők számára **eleinte ijesztő volt a szöveg, de ennek ellenére végül sikerült megválaszolniuk a kérdéseket; s a feldolgozás végére el tudta nyerni tetszésüket a feladat, fokozatosan meg tudott szűnni az elején fellépő feszültség.** Néhány véleményt kiemelve:

„A szöveg érthetősége egy középiskolás képességeit meghaladja, idegen szavak gyűjteménye, ami benne van. Az olvasás közben komoly fejtörést okozott, hogy hogy lesz ebből bármi.” (Ehhez képest elég jól sikerült az illetőnek a kérdésekre való válaszadás.)

„Izgalmas volt a szöveg, érdekes a kérdésfelvetés és a vizsgálat menete. A szöveg ijesztő volt, de sikerült végül összerakni.”

A válaszok alapján az előforduló idegen szavakat a korábban szereplő Curie-szöveghez hasonlóan lábjegyzetben vagy mellékletben magyarázni szükséges. Másrészt viszont fontos kiemelni, hogy egy ilyen típusú tananyag-feldolgozás esetében a **formatív (fejlesztő) értékelés és a facilitátor (tanár) segítő attitűdje nem hiányozhat a tudáskonstruálási folyamatból. Nem önállóan kell feldolgozniuk ilyen komoly írásokat a tanulóknak.**

11. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?

A diákok ennél a tananyag-javaslatnál is elég jól érzékelték, és tudatosan kezelték, hogy a szöveg segítségével több tárgyat egyszerre, együtt tanulhatnak. Ezt nagyon fontos eredménynek tartom. Egy diákválasz: „A fizika mellett matematika és kémia is van benne, természetesen uralkodóan a biológia mutatkozik meg”. Ennél a válasznál érdekes, hogy a fizikánál nagyobb hangsúlyt adtak a biológiának, ami jelzi, hogy a KAT/IBL szemléletű módszernél milyen elmosódott határok mutatkoznak az egyes diszciplínák közt.

12. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

A válaszban főként a forrásokra és a részletes téma-kifejtésre utaltak a diákok. Egy válasz volt például a következő: „A mély témaboncolás, kiterjesztés, forrásjegyzékek felhasználása, és maga az elvek felhasználása miatt feltételezhetően valós az írás”. A nyelvi problémák itt is enyhén megmutatkoznak.

5.2.3. RFA (RÖNTGENFLUORESZCENCIA-ANALÍZIS ELVI ALAPJAI)

1. Mi a mérés célja?

1. A laboratóriumi gyakorlat alkalmával megismerkedünk az RFA-módszerrel;
2. az eljárás segítségével vizsgálatokat végzünk:
 - meghatározzuk ismert és ismeretlen összetételű minták alkotóelemeit;
 - ékszerek összetételét elemezzük;
3. mennyiségi analízist végzünk, melyek során megadjuk adott minták egy elemre vonatkoztatott mennyiségét, nevezetesen levélminták ólomtartalmát
4. alátámasztjuk a Moseley-törvényt.

Erre a kérdésre a diákoknak alapvetően jól sikerült válaszolniuk. Nem feltétlenül pontosan azt emelték ki, ami az elvárt válaszban volt, azonban jól sikerült értelmezni a mérés alapvető célját. Egy ilyen diákválasz volt például: „A célja az anyag vizsgálata, úgy hogy a mintában nem történik károsodás”. Viszont azt nem szerepelt a válaszokban, hogy cél a Moseley-törvény alátámasztása. A kérdés megvitatásakor esetleg érdemes lehet kitérni arra, hogy a fizikában megjelenő (nem axióma jellegű) törvényszerűségek gyakorlatban megjelenő fontos tulajdonsága, hogy kísérletileg alátámaszthatók. És a mindennapi életben megjelenő elméleteknek is fontos eleme az, hogy azok alátámaszthatók legyenek. Ilyen jellegű kérdések tárgyalása lehetővé teszi a gondolkodásfejlesztést, leginkább a kritikus gondolkodás formálását a fizika tanórák keretein belül.

2. Mi a mérés hipotézise?

A falevélminták ólmot tartalmaznak, az ismeretlen összetételű is. (Az ismeretlen összetételű minta ólom-tartalma meghatározható.)

A kevert összetételű kapszula többfajta elemet tartalmaz. (Ezek a mérés által megnevezhetők.)

A fehérarany fülbevaló aranyat tartalmaz. (És az egyéb komponensek a mérés során megadhatók.)

Ennél a kérdésnél **változatos válaszok születtek**, melyekben **alapvetően jó elemek** voltak, **de nem minden esetben a kérdésre válaszoltak a diákok: nem a konkrét mérés, hanem az RFA elméletének hipotézisét írták**. Egy ilyen diákválasz: „Belső héjon lévő elektron elmozdításának következtében elektromágneses sugárzás keletkezik. A kisugárzott foton energiájából egyértelműen meghatározható az anyag.” Az ilyen jellegű válasz inkább megfelelő a 4. kérdésre, ami a módszer lényegére kérdez rá. Azonban **50%-ban sikerült az eredeti kérdésre válaszolni**. Például: „Mérésenként más, pl. hogy a szennyezett falevélmintában több ólom van”. Érdekes lehet a kérdést kiegészíteni azzal, hogy a konkrét mérésre vonatkozó hipotézisre vonatkozóan értelmezzék.

3. Mi az RFA jelentősége?

Az RFA roncsolás-mentes atomfizikai anyagvizsgálati módszer. Az eljárás semmilyen nyomot nem hagy az anyagon; a minta nem válik radioaktív; kémiai állapottól függetlenül használható; a mérés többször is elvégezhető – amivel a pontosság növelhető; új szempontok szerint másképpen is elvégezhető a módszer. Ez a kémiai módszerekénél nem lehetséges, hiszen ott a vizsgálandó anyag egy részét reakcióba kell léptetni, tehát a minta egy része „megsemmisül”.

Megvalósíthatók vele az 1. válaszban leírt elemek. Azaz a mindennapi életben is kiválóan használható laboratóriumi eljárásról van szó.

A kérdést **többször jól válaszolták meg**. Például egy helyes válasz: „Többször végezhető, nem hagy nyomot, nem lesz radioaktív a minta”. Megemlítendő, hogy előfordult néhány olyan válasz is, ami olyan elemet emel ki, mely minden analitikai módszerre teljesülő tulajdonság: „A sugárzás energiájából nemcsak az határozható meg, hogy az anyagminta milyen összetevőkből áll, hanem a pontos anyagi összetétel, azaz az egyes komponensek koncentrációja is megadható.” A tapasztalatok alapján érdemes lehet a kérdést részletesebben megvitatni a közös megbeszélés során, és némileg kitérni az anyagvizsgálat alapjaira.

4. Mi a módszer lényege?

Az RFA-módszer lényege, hogy a mérés elvégzése során az atom egyik belső héján lévő elektront röntgensugárzás (vagy gamma-sugárzás) segítségével eltávolítjuk. Ám a természeti rendszerek az energiaminimumra törekszenek, így a kiütött elektron helyére „be fog ugrani” egy elektron egy magasabb energiaszintű (külsőbb) héjról. A héjak közti átmeneteket elemezzük; ez az összetétel-meghatározás elvi alapja.

Nagyon jól sikerült megválaszolni ezt a kérést, mely valószínűleg annak is volt köszönhető, hogy a válasz egzaktul benne volt a szövegben. **Voltak, akik ezt szó szerint kimásolták a leírásból, és voltak, akik saját szavaikkal fogalmazták meg a választ**, utóbbi például: „Kilökünk egy külső elektront, a helyére ugrik egy belülről, közben az energiaszint különbségnek megfelelő energiát bocsát ki, és itt még valami arányosság van”. Rossz válasz eddig nem érkezett. Mivel több volt a szövegből való szó szerinti másolás, nem derül ki, hogy ténylegesen értik-e a diákok a módszer lényegét, **célszerű közösen megbeszélni mit is jelent az itt szereplő válasz**.

5. **Hogyan valósítjuk meg a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? Milyen méréssorozat(ok)at végzünk?**

- Kalibrációval kezdjük a mérést.
- Majd a tényleges vizsgálandó mintát felrakjuk a sugárzó ^{241}Am forrás fölé, egy vékony fóliára helyezve.²⁵
- Az elektron-lyuk párok létrehozásához (szétválasztásához) a félvezető lapkára 500 V egyenfeszültséget kapcsolunk. Ez nagy valószínűséggel fotoeffektust (szabad töltéseket) eredményez a detektorban.
- Detektálás: Ekkor az energiával arányos impulzus detektálható.
 - Az impulzust feszültséggé konvertáljuk, és ráadunk egy 610-szeres erősítést (mert a detektált impulzus elég kicsi).
 - A kimenő jelet analizátorba juttatjuk (úgy van összeállítva a berendezés, hogy ez megvalósul), és az így rögzített adatokat kielemezzük.

Ez a kérdés gondokat okozott a diákoknak: többször nem sikerült kiemelni és logikus összefüggésrendszerben, röviden összefoglalni az idetartozó választ, illetve nem a kérdésre válaszoltak, valamint nem értették a kérdést. Gyakran szó szerint kimásoltak a szövegből olyan elemeket, amik nem ide (hanem a 6. kérdésre való válaszhoz) tartoznának. Néhány tanulói válasz:

„Nem igazán értem a kérdést, vagy ahogyan én értem, és visszakerestem, szerintem az egész 2. és 3. oldal a válasz.”

„A fülbevaló spektrumát ábrázoltuk, és az adatokat táblázatba foglaltuk. A hipotézisek ismeretében a spektrumból és az ezt reprezentáló adatokból elmondható, hogy a fülbevaló fehérarany, ami tartalmaz ezüstöt, nikkelt, ródiomot, rezet, cinket, és kadmiumot. Az allergiát kiváltó anyag a nikkel és/vagy a kadmium. A fehérarany tulajdonságából ered, hogy kell lennie a mintában ródiumnak is, ami az anyag színét adja. Nem lehet azt mondani, hogy a fülbevaló ezüst vagy fehérarany, hanem a két feltételezett lehetőség közül mindkettő alkotja.”

A közös megbeszélés során mindenképp érdemes ezt a kérdést részletesebben megvitatni. A túlnyomóan problémás diákválaszok arra utalnak, hogy **rendkívül szükséges lenne a gondolkodásfejlesztés és a kompetenciák fejlesztése, melyekben az ilyen jellegű tananyag-javaslatok közös feldolgozása segíthet.**

6. **Hogyan elemezzük az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógéppel.) Mit csinálunk?**

- K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β} és L_{γ} átmenetek beazonosítása:
 - A mérés során a legintenzívebb sugárzási átmeneteket tudjuk jó eséllyel detektálni (ezek a K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β} és L_{γ} átmenetek).
 - A csúcs-duplettek illetve csúcs-tripletek beazonosításánál néhány ismert információt használunk (a cikkben elég részletesen leírva a K- és L-vonalak jellemzői).

²⁵ Ekkor:

A forrás (aminek aktivitása $0.1 \text{ Ci} = 3.7 \text{ GBq}$) kb. 60 keV energiájú fotonokat bocsát ki. Ez a sugárzás a mintát mindenhol éri, s minden irányból ugyanakkora gerjesztést „kap” (a gyűrű alakú elhelyezés miatt).

A leírt, karakterisztikus röntgensugárzás átjut a legalul lévő (SiLi) félvezető detektorba a gyűrű közepén (szintén a gyűrű-elhelyezkedés miatt megy ennyire flottul).

- Számítógépes elemzés:
 1. Adatok: A kimenő jel egy („Palmtop MCA 8k” jelű) analízátorba jut. Ez az energiaértékeket csatornákra osztja, 1024 csatornára; az impulzusokat pedig beütésszámként rögzíti. Ezek az értékek lesznek azok, amiket a számítógép adatként elment.
 2. Illesztés: A mért adatokból előállított grafikonokat a laboratóriumi számítógép programjával analizáljuk ki, haranggörbéket illeszthetünk²⁶.
 3. Minden adatsor kiértékelése előtt megadjuk a kalibrációs egyenes adatait, ezáltal a csatornaértékek megfeleltethetők később energiaértékeknek.
 4. Kiértékelés: A program („pea” kiterjesztésű fájlokban) lementi a gépre a csúcsokat jellemző információkat. Ezekből beazonosíthatók az elemek.

Meglepő volt, hogy **attól függetlenül, hogy az előző kérdésre mit válaszoltak a diákok, erre a kérdésre mindenki alapvetően teljesen jó vagy jó, de hiányos választ adott. Többen szó szerint kimásolták a szövegből** a számítógépes sokcsatornás analízis lépéseit, melyből nem derül ki, hogy mi az, amit ténylegesen megértettek a tanulók az adatelemzés folyamatából; ezért **erre érdemes kitérni a megbeszélés során. Azonban a diákok felének sikerült saját szavaikkal összefoglalni az adatelemzés szerintük kiemelendő pontjait**, egy ilyen válasz például: „Táblázatot készítünk a mért adatokból, ebből szépséges görbét hozunk létre, amik csúcsai beazonosítják a vizsgált anyagban lévő elemeket. Az, hogy miből mennyi van a mintában, a cikkben lévő egyenletekből jön ki.”. Megjegyzendő, hogy **nyelvi (szövegalkotási) problémák gyakran előfordulnak** a válaszokban.

7. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?

Egyrészt általánosságban a vizsgálat nem elég alapos, rövid a mérési idő, nem megfelelőek a kísérleti körülmények a pontos analízishez.

Másrészt a mi mérésünket tekintve:

- átmenetek felvételének nehézségei (Auger-effektus, a gerjesztő sugárzás fotoeffektussal más elektronokat is „kiűthet” az atomból, mátrixhatás, van belső gerjesztés),
- csatornaszám és görbe alatti terület hibája.

Ez a kérdés részben nehézséget okozott a tanulóknak: **többen nem válaszoltak a kérdésre, ezért mindenképp érdemes részletesebben megvitatni a kérdést. Viszont a diákok fele tudott válaszolni, ők maradéktalanul az átmenetek felvételi nehézségeit sorolták fel hibaként, a csatornaszám és a görbe alatti terület hibájáról nem esett szó, holott ezek a táblázatokban egyértelműen fel vannak tüntetve. Ez alapján célszerű lenne minél több táblázat alapján történő adatelemzést végezni a tanórán, az ilyen kompetenciák fejlesztése céljából. A kutatás alapú szemlélet ihlette tananyag-feldolgozás ebben láthatóan segíthet.**

8. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?

Meghatározhatjuk a vizsgált minta összetételét kvalitatív és/vagy kvantitatív aspektusból:

- a kevert minta tartalmaz vanádiumot, vasat, rezt, szelént, stronciumot és molibdént
- a hipotézissel összhangban, a levélmintákban tisztán azonosítható az ólom jelenléte
- a „p” falevélminta ólomtartalma: $M_{\text{ál}} = (15.01 + 16.90)/2 = 15.96 \pm 1.28 \mu\text{g}$

²⁶ Ehhez feltesszük, hogy minden intenzitáscsúcs Gauss-eloszlást követ.

- a hipotézisek ismeretében a spektrumból és az ezt reprezentáló adatokból elmondható, hogy a fülbevaló aranyékszer, méghozzá fehérarany, és tartalmaz még ezüstöt, nikkelt, ródiomot, rezet, cinket, és kadmiumot.

Kvalitatív mérésre a módszer kiválóan alkalmas. Tehát a mindennapi életben kiválóan használható eljárásról van szó. Magfizika szempontjából egy ismert törvény kísérleti alátámasztását jelenti a mérés, amiben karakterisztikus röntgenfotonok energiáját vizsgáljuk.

A kvantitatív mérés annyira pontos, amennyire a laborgyakorlat igényli: kis rendszámoknál a K-vonalak energiaértékei lesznek az irodalmi értékhez igen közeliek; nagy rendszámok esetében pedig az L-vonalak energiaértékei lesznek elég pontosak. A gyakorlatban pontos mérések nem ilyen körülmények közt végzendők és hosszabbak.

Nehézségeket okozott a diákoknak ez a kérdés, abszolút jó válasz egyáltalán nem született. A tanulók fele egyáltalán nem válaszolt a kérdésre. A válaszadók egy része pedig szó szerint a cikk összefoglaló részének elejét másolta le, mely szövegrész eredeti formában nem válasz erre a kérdésre. Viszont az említett részletben lehetett találni ide illő elemeket; ezt esetenként kihasználták, s így **néhányan részleges választ tudtak adni** a kérdésre, egy ilyen diákválasz: „Alaposabb vizsgálatok esetében hosszabb mérésre, más kísérleti körülményekre van szükség. Minőségi analízisre kiválóan alkalmazható a módszer.” Az előbbiek fényében **mindenképp tanácsos részletesebben megtárgyalni a kérdést a közös megbeszéléskor, mellyel támogatjuk a gondolkodásfejlesztést, amire érzékelhetően nagy szükség lenne.**

9. Veszélyes az RFA-mérés elvégzése?

Nem, ha betartjuk a leírt protokollt.

A teljes mérési elrendezés egy szükségesén vastag ólomlemez és ólomüveg mögött van elhelyezve. A sugárforrás környékére kizárólag az üvegen keresztül nézünk, hogy véletlenül se juthasson sugárzás a szemünkbe! A mintákat csipesszel helyezzük a tartóba, valamint tükrökből figyelve rakjuk oda és távolítjuk el őket. (A kivett mintákat viszont már kézben foghatjuk, mert a fluoreszcencia legerjesztődési effektusa nagyon gyors (10^{-15} s nagyságrendű).)

A kérdésre **összesen kétféle válasz született: indoklás nélküli helyes nemleges feleletek, és felelet nélküli indoklások a szövegből szó szerint kimásolva.** A kétféle diákválasz: „Nem.”, valamint „Mivel sugárveszélyes mérésről van szó, ezért a laborgyakorlat során be kell tartani az ide vonatkozó óvintézkedéseket.” A kérdést érdemes átszerkeszteni úgy, hogy indoklást is kérjünk a tanulóktól. **Illetve a közös megbeszélés során érdemes részletesebben megvitatni a problémát.**

10. Milyen elemekre kérdeznének rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?

Erre a kérdésre **50%-ban nem született válasz: kihúzták a diákok,** nem volt hozzáfűzni valójuk. **Akik válaszoltak, érdekes gondolatokat vetettek fel.** Egy meglepő diákválasz például: „Emberi vagy növényi szövetek elemzése, élet keletkezésének kutatása végett?”. Ez alapján **érdeemes lehet az itt előforduló válaszok közös kiértékelése a megbeszélés során,** ennek **gondolkodás- és személyiségfejlesztő feladata** egyaránt lehet, valamint **még inkább felkeltheti az érdeklődést.**

11. Milyen más vizsgálatot végeznének el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?

50%-ban erre a kérdésre sem válaszoltak a tanulók: kihagyták a kérdést. A válaszadók viszont kreatív gondolatokat tudtak megfogalmazni. Egy érdekes felmerülő kérdés volt például: „Ellenszérumok keveréséhez segítség lehet ez amériai berendezés? Ha igen, például mérgek elemzése jó eljárás lenne ehhez?”. Szokatlan lehet, hogy ez a gondolat egy fiútól érkezett annak ellenére, hogy ilyen kérdések a lányokat jobban szokták foglalkoztatni. **Ennél a kérdésnél is hasznos lehet az itt előforduló válaszok közös kiértékelése a megbeszélés során**

12. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?

A kérdésre nagyon pozitív visszajelzések érkeztek. A diákok jelezték azt is, hogy a szöveg néhol nehézséget okozott számukra, és kissé hosszú volt. Egy választ kiemelve: „Érdekes volt nagyon, szerintem minden fizika iránt érdeklődőnek tetszik. Nem mindig tudtam a kérdésekre válaszolni, mert ehhez kicsit tömény szöveg volt.” Ez alapján a **formatív/fejlesztő értékelés nagyobb mértékét látom indokoltnak, illetve a legalább 3 fős csoportokban történő csoportmunkát a feldolgozás alatt.**

13. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?

Ennél a didaktikus leírásnál is az az abszolút fontos pozitív elem látható a válaszokból, hogy **sikerült észrevenni és tudatosan kezelni a szöveg interdiszciplináris tartalmát, hogy általa több tantárgyat együttesen tanulhatnak. Ezt nagyon fontos eredménynek tartom, hiszen a pedagógiai transzfer alapját képezheti. Érdekesen a kémia tantárgy említése többször kimaradt a diákok válaszában, ellenben a biológia megjelent, ami nem volt tudatos cél.** Egy ilyen válasz: „Fizikát igen, mert ez egy fizikai mérés. És talán némi bioszt még, (ólom hatásai) - nekem a faleleveles mérés tetszett a legjobban”. **Ez a tapasztalat alátámasztja, hogy a KAT/IBL szemléletű módszernél milyen elmosódott határok mutatkoznak az egyes diszciplínák közt.**

14. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

Erre a kérdésre **jól sikerült válaszolniuk** a fiataloknak. Ennél a didaktikai leírásnál viszont újdonság volt, hogy elsősorban nem a tudományos forrásokra hivatkoztak válaszaikban a diákok, hanem **főként a részletesen taglalt elméleti háttérrel és a konkrét mérési adatokat emelték ki.** És ennél a tananyag-javaslatnál merült fel először a **bizonytalanság abban, hogy tudatosan miként lehet elkülöníteni a tudományt az áltudománytól.** Egy ilyen diákválasz például: „Fel sem merült. Úgy gondolom, hogy elég sok fizika volt benne ahhoz, és konkrét mérési adatok, hogy erre ne gondoljak, de az az igazság, hogy kicsit megfogott a kérdés.” Ennek alapján a közös megbeszéléskor **érdemes részletesebben megvitatni a témát, hiszen ez napjainkban igen releváns kérdés.**

5.2.4. A SPEKTROSKÓPIA/SZÍNKÉPELEMZÉS EGY NAPJAINKBAN VALÓ ALKALMAZÁSA

1. Mi a mérés **célja**?

- Egy Török-Barnabás-féle spektroszkóppal elemezzük a hidrogén és az alkáli atomok spektrumait (szemléljük a látott színeképek közti hasonlóságokat és különbségeket; vizsgáljuk, hogy mely hullámhossz-értékeknél látunk vonalakat a vizsgált elemeknél).
- Ezek által kísérletileg alátámasztjuk Bohr elméletének feltevéseit is.
- (Valamint a kapott adatok felhasználásával meghatározhatjuk az itt releváns fizikai állandókat: a Rydberg-állandót, a Planck-állandót, és a finomszerkezeti állandót.)

A tanulók válaszaiban a **komplex helyes felelet nem volt** olvasható, azonban **helyes elem/elemek voltak, csak hiányos volt a válasz**. Egy ilyen volt például: „A Bohr elmélet feltevéseinek kísérleti alátámasztása.” A szövegből a továbbiak is kiolvashatók lettek volna.

2. Mi a mérés **hipotézise**?

A mérés során az irodalmi értékekhez közeli hullámhossz-értékeknél látunk vonalakat a vizsgált elemek spektrumaiban. Ez által feltételezzük, hogy a Bohr-modell feltevései közel vannak a valóságban tapasztalható jelenségekhez. (Feltesszük azt is, hogy a vizsgált anyagok spektrumai a mérés során ténylegesen elemezhetők.)

Erre a kérdésre **az elsónél jobban sikerült válaszolni, valószínűleg mert kevesebb elemből állt a válasz**. Egy helyes diákválasz például: „Hogy Bohr elméleti feltevései közel vannak a valósághoz.” Ahogyan másik szöveg esetében is, itt is megjegyzendő, hogy a **nyelvi kompetenciák is fejlesztésre szorulhatnak** (hogy-gyal nem kezdünk mondatot).

3. Mi a spektroszkópia **jelentősége**?

A spektroszkópiát általánosságban különböző atomszerkezetek feltérképezésére, és anyagok vizsgálatára alkalmazzák a fizikában. Különböző atomszerkezetek is összehasonlíthatók, valamint információt ad a mintha összetételéről.

Alapvetően jó elemek szerepeltek a feleletekben. Egyik diákválasz például: „A kibocsátott spektrum alapján analizáljuk az anyagot és vonunk le konklúziókat a szerkezetükről, kvantumfizikai tulajdonságaikról.” Ebben a válaszban az érezhető, hogy valószínűleg a diák utána olvasott a kérdésnek az interneten, ami nem probléma, sőt pozitív, hogy motivációja van ilyenre.

4. Mi a **módszer lényege**?

Mikor az anyagban lévő elektron k (külső) pályáról n (belső) pályára ugrik (azaz magasabb energiaszintről alacsonyabbra lép), a 2 energiaszint különbségével egyenlő energiájú (hullámhosszú) gamma-fotonokat²⁷ sugároz ki. Hiszen érvényes az energiamegmaradás.

A mérésben emissziós spektrumokat vizsgálunk, színes vonalakat látunk a spektroszkópban. A vonalak helye a „hullámhossz-számegyenesen” (amilyen hullámhossz-értéknél látjuk) jellemzi a vizsgált atom energiaszintjeit (és információt ad a vizsgált minta gerjeszthetőségéről).

A válaszokban **az elméleti elvet nem nagyon sikerült leírniuk a diákoknak, ellenben a gyakorlati lényegét jól meg tudták fogalmazni, esetenként a mérés céljához tartozó elemeket írták**. Egy tanulói válasz például: „Hg, Cd, H, Na K elemek kibocsátási spektrumait

²⁷ elektromágneses sugárzást

analizáljuk”. Felmerül az, hogy a kérdésfeltevés nem utal egyértelműen arra, hogy a gyakorlati elv mellett ennek elméleti háttere is fontos lenne. Azonban a szövegben vastag betűkkel szerepel az energiamegmaradás, mint fontos elv, és annak kifejtése, hogy ez a mérésben miként jelentik meg. A kérdés kiegészítendő a következővel: *„Valamint mely fontos fizikai alapelv/megmaradás alátámasztása szerepel a leírásban, miként jelenik meg ez a mérésben?”*.

5. Hogyan valósítjuk meg a mérés célját, és támasztjuk alá a hipotézist? Milyen méréssorozat(ok)at végzünk?

A mérés alatt Hg, Cd, H, Na, és K elemek kibocsátási (emissziós) spektrumait analizáljuk (elemezzük). A spektrállámpák fényét a látható tartományban prizmával felbontjuk. És táblázatba vezetjük az emissziós vonalak hullámhossz-értékeit:

1. Először a TB-2 spektroszkóppal (ld.: 2.5. Mérési összeállítás) kalibráláshoz (=beállítás, hitelesítés) szükséges méréseket végzünk. Ekkor Hg és Cd lámpákkal dolgozunk.
2. Ezt követően hidrogén és alkáli fémek spektrumainak tanulmányozása következik: előállítjuk a vizsgálandó spektrumot, és feljegyezzük az emissziós vonalakhoz tartozó hullámhossz-értékeket.
3. Végül a mért eredmények kiértékelésére, irodalmi adatokkal való összevetésre kerül sor.

(A mérés folyamán hipotézisünk van arról, hogy közelítőleg hol kellene vonalat észlelni.)

A diákok **jó és igaz elemeket írtak ehhez a kérdéshez, de keverték a mérés menetét a mérés céljával és az adatelemzés menetével**. Egy diákválasz volt például az alábbi: *„Spektroszkóppal elemezzük a hidrogén és az alkáli atomok spektrumait, szemléljük a látott színeképek közti hasonlóságokat és különbségeket, vizsgáljuk, hogy mely hullámhossz-értékeknél látunk vonalakat. Ha elegendően az elméleti értékhez közeli hullámhossz értékeket mérünk, az azt jelenti, hogy Bohr elmélete helyes.”*. Ebben nemcsak a **kutatás menetének lépései keverednek, hanem az is látható, hogy nem differenciálódik 2 fontos jelentéstartalom különbsége: „helyes” és a „közelítőleg igaz” eltérése**. Ezen a problémán javíthat, ha tárgyaljuk a **modellek jelentését, határait és jelentőségét a diákokkal**; a szövegben szerepel ehhez való kiindulópont/segítség.

6. Hogyan elemezzük az adatokat? (Azon kívül, hogy számítógépet is használhatunk segítségként.) Mit csinálunk?

- Szemléljük a látott színeképek közti hasonlóságokat és különbségeket.
- Vizsgáljuk, hogy mely hullámhossz-értékeknél látunk vonalakat a vizsgált elemeknél. Ezeket táblázatban feljegyezzük: a színt és a hozzá tartozó hullámhossz-értéket.
- A hullámhossz-értékeket összehasonlítjuk az irodalmi adatokkal.
- A Bohr-elmélet alátámasztásához: A hullámhossz-értékeket (hibával korrigált alakban) beírjuk Bohr elméletének matematikai reprezentációjába (matematikai alakjába).

A tanulók **alapvetően jól meg tudták fogalmazni saját szavaikkal az adatelemzés legfontosabb elemeit, viszont hiányos vagy nyelvi hibás választ adtak**. Feltételezhető, hogy többször a teljesen jó válaszra gondoltak, de nem sikerült jól megfogalmazniuk gondolataikat. Egy diákválasz például: *„Táblázatba integráljuk és összevetjük az irodalmi értékekkel”*. Egyrészt hiányzik a válaszból az alany; illetve tartalmilag is hiányos: nem szerepel az, hogy megfigyelést végzünk, mit figyelünk meg, s hogy a megfigyelés eredményét vezetjük táblázatba.

7. Milyen **hibaforrások** lehetségesek?

A spektroszkóp mérési pontatlansága (a vonalak távolsága összemérhető a mérési pontossággal), a kísérletet végző esetleges látási zavarai.

Erre a kérdésre **jól tudtak válaszolni** a diákok a szöveg alapján. Az utóbbi elemet nem írták, de ez nem is feltétlenül volt elvárt. Egy tanulói válasz például: „*Műszer pontatlansága*”.

8. Milyen **következtetésekre** juthatunk a mérést elvégezve, a mérési adatokat értelmezve?

- *(A spektroszkópiai mérés során tapasztalt jelenségekben mutatkozik hasonlóság és eltérés egyaránt: a hidrogénatom spektrumában megjelenő hasonló helyeken szemlélhetők a spektrumvonalak; ellenben a hidrogénnél megfigyelt éles különálló vonalak helyett itt 2 közeli vonalra hasadnak fel ezek, azaz vonal-dublettek szemlélhetők.)*

Ez alapján az alkáli atomok sokban hasonlítanak a hidrogénhez, de van, amiben eltérnek tőle.

- *vegyértékelektron-szerkezetük megegyezik $\Rightarrow$ egyező tulajdonságok*
- *alkáliak esetében viszont az atomtörzset az atommag és a lezárt héjak együttesen alkotják. $\Rightarrow$ nem minden jellemzőben fognak egyezni a hidrogénnel*

Összességében az adódik, hogy az alkáli atomok energiaszintjei nem térnek el számottevően a hidrogén atom esetében megjelenőktől.

- *A hipotézisek helytállóak: A mérés során az irodalmi értékekhez közeli hullámhossz-értékeknel látunk vonalakat a vizsgált elemek spektrumaiban. Bohr elméletének feltevései ténylegesen közel vannak a valóságban tapasztalható jelenségekhez.*

A fiatalok **alapvetően jól írtak** válaszukban, **viszont teljesen komplex válasz nem érkezett** a kérdésre. Lehetséges, hogy teljesen jó válaszra gondoltak a diákok, de nem tudták megfogalmazni gondolataikat. Egy ilyen elgondolkodtató válasz például: „*A felírt formula nagy vonalakban helyes.*”. Nem fejti ki, melyik formula, sem pedig azt, mire következtetünk abból, ha a formula közelítően jó.

9. **Veszélyes a spektroszkópia-mérés elvégzése?**

Nem, amennyiben pl. nem nézünk bele a higanygőz-lámpába.

A PET méréshez hasonlóan itt is igen **másképp gondolkodtak a diákok, mint az reális lenne**. Ez alapján úgy gondolom, **fontos lehet ilyen jellegű kérdéseket megvitatni a tanóra keretei közt**. Egy tanulói válasz volt például a következő: „*Minden lehet veszélyes, de főleg az, ha részecskét piszkálunk*”. Ez azért is érdekes válasz, mert a mérés esetében nem volt szó ilyenről. Például egy magfizikai mérésnél adekvát lehetne ilyenre gondolni, itt nem igazán.

10. **Milyen elemekre kérdeznének rá a laboratóriumi méréssel kapcsolatban, melyek esetleg nem szerepelnek a szövegben?**

Alapvetően a diákok **érdekes gondolatokat vetettek fel**. Egy érdekes tanulói válasz: „*Radioaktív anyagokra*”. Ez a felelet utalhat egyrészt arra, hogy esetleg a diák olvasott arról, hogy létezik nukleáris analitika is, de arra is utalhat, hogy a tanuló keveri a radioaktivitás a spektroszkópia témakörét. **Hasznos közösen beszélni azokról a kérdésekről, amiket a diákok írnak a kérdésre adott válaszaikban**. Egyrészt valószínűleg érdekli őket a kérdés, másrészt fennálló tévképzeteket orvosolhatunk a megbeszélés segítségével.

11. Milyen más vizsgálatot végeznének el ilyen berendezéssel? Mit akarnátok megtudni? Mit módosítanátok az eljáráson ehhez?

Erre a kérdésre elég **meghökkenően válaszoltak** a diákok. Egy tanulói válasz például: „Az idődilatació vizsgálatához nem használható ez a készülék”. A választ olvasva felmerül, hogy lehetséges az, hogy egy csillagászat iránt érdeklődő fiatal írta, aki esetleg olvasott arról, hogy nagy felbontású spektroszkópokkal vizsgálnak ilyesmiket; vagy az is lehetséges, hogy valahol hallotta a válaszoló ezt a kifejezést és érdekelné. **Mindenképp érdemes közösen beszélni azokról a témákról, amiket a diákok felvetnek erre a kérdésre adott válaszaikban. Egyrészt valószínűleg érdekli őket az, amit felvetettek, másrészt didaktogén tévképzetek kialakulását előzhetjük meg.**

12. Tetszett a szöveg? (Érdekes volt számotokra?) Ha igen, miért, ha nem, miért? Hogyan éreztétek magatokat a szöveg olvasása közben?

A diákok **legalább egyes elemeket érdekesnek találtak** a feldolgozott tananyagból. Azonban **jelezték azt is, hogy az értelmezés részben problémát jelentett**. Egy válasz volt például a következő: „Őszintén szólva nem a kedvenc témám, bár találtam benne érdekes elemeket; de amit nem értek teljesen, nem is szerethetem”. Ez a válasz azért is elgondolkodtató, mert véleményem szerint a természettudományokban számos olyan elem van, amit nem érthetünk meg teljesen, „csak” természettudományos axiómarendszerünk alapján logikus lehet, vagy még nem született az adott elképzelésnél jobb leíró elmélet. Éppen a még meg nem értett/válaszolt kérdések köre az, ami az aktuális diszciplináris kutatások tárgyát képezi. Az atom- és részecskefizika egy ilyen, kutatások tárgyát képző témakör.

Attitűdformálás szempontjából is fontos lehet arról beszélgetni, hogy teljesen meg kell-e/tudjuk-e érteni valamit ahhoz, hogy szerethessük? Például szeretheti valaki a fizikát vagy a matematikát attól, hogy nem lesz fizikus/matematikus, és nem ért magasabb szintű elemeket a diszciplinákból. Analóg ezzel a következő: szerethet valaki rajzolni vagy énekelni attól függetlenül, hogy nincs olyan tehetsége/érzéke ezekhez, mint egy festőművésznek vagy operaénekesnek. További analógia: ha valakit szeretünk, az adott ember személyiségét és lényét sem érthetjük teljesen, mégis szerethetjük, az őt jellemző tulajdonságokkal együtt. A fizikát is szerethetjük és láthatjuk szépnek úgy, hogy nem vagyunk birtokában annak a tudásrendszernek, amivel például egy atomfizikus rendelkezik.

13. Tanultatok a szöveg által fizikát? És más tantárgyat? Mit?

A diákok elég jól érzékelték, hogy a szöveg segítségével több tárgyat egyszerre, együtt tanulhatnak. Ezt nagyon fontos eredménynek tartom. Egy szép diákválasz volt például: „Több tudás birtokába kerültem a munka elolvasásával, hiszen fizikai, kémiai és matematikai vonatkoztatásokat is használ”.

14. Honnan tudjátok, hogy az elolvasott szöveg nem egy áltudományos leírás volt? Milyen elemek segítenek ennek eldöntésében?

A válaszban **főként a forrásokra hivatkoztak** a diákok (a korábbi szövegekhez hasonlóan). Egy válasz volt például a következő: „Az elméletem az, hogy egy tanár nem ad olyat, ami haszontalan és ráadásul téves, hogy a tanulónak azt a kevés tudást is összekeverje a fejében, így ez nem lehet áltudományos. De a sok internetes hivatkozás is ezt támasztja alá.” A kiemelt válasz alapján én úgy gondolom, célszerű lehet beszélgetni tanítványainkkal arról, hogy lehet, hogy egy tudóshoz képest az Ő tudásuk kevés, de ettől még szó sincs arról, hogy ez mindenhez viszonyítva kevés volna, ne volna értékes.

5.3. LABORATÓRIUMI JEGYZŐKÖNYV-MUNKAFÜZETEK

A diákok által kitöltött jegyzőkönyv-munkafüzetek elemzése, a javítókulcsok, valamint a válaszok elemzése, kiértékelése [16] cikkünkben olvasható. A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt itt csak részben szerepelnek a cikkben megjelenő elemek.

5.3.1. KÉMIAI REAKCIÓ SEBESSÉGÉNEK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

Az általam készített javítókulcs-jegyzőkönyv a [„Mellékletek” részben](#) olvasható. A csapatverseny laboratóriumi feladatainak elemzése az *Iskolakultúra* c. folyóiratban [16] jelent meg. A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt nem részletezem; a cikk elérési útvonala:

<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2015/01/04.pdf>

Kiemelendő, hogy a feladatrendszer jól segítheti a fizika és a kémia interdiszciplináris, kutatás alapú megközelítését.

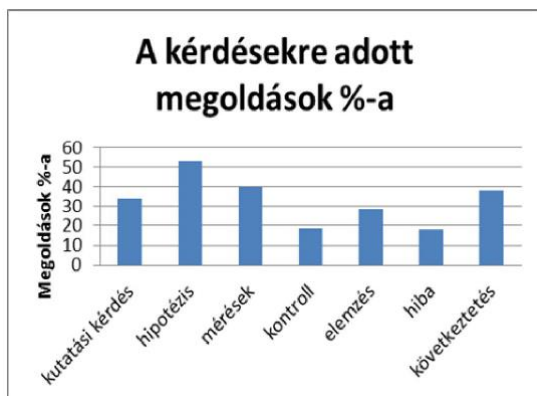
5.3.2. ALKOHOL – VÍZ ELEGY VIZSGÁLATA AZ ÖSSZETÉTEL FÜGGVÉNYÉBEN

Ezt a jegyzőkönyvet nem én készítettem el a tanulói laborgyakorlatokhoz. A javítókulcs a tapasztalatokról szóló cikkben olvasható. [16]

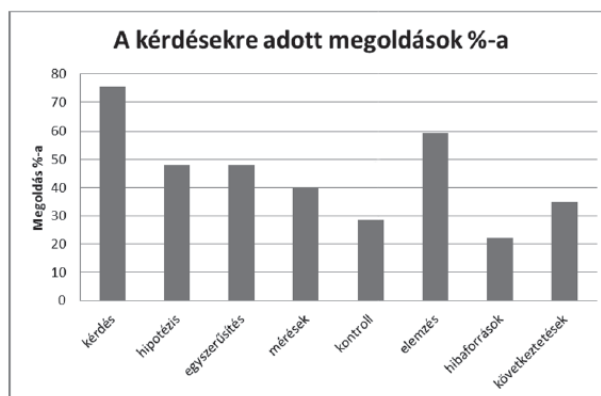
6. REFLEXIÓ

Az alábbiakban reflektálok a vizsgálat tapasztalatait a kipróbálás, az elemzések és a tudásrendszerem alapján.

Úgy gondolom, ez a megfelelő pont, hogy bemutassak 2 oszlopdiagramot (1. és 2. oszlopdiagram), ami az egyes kérdések esetében született pontszámokat szemlélteti, két tananyag-javaslatra vonatkozóan. (Az 5. fejezet elemzéseinél a linkeken ezek megtekinthetők voltak; a TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt nem szerepelnek két helyen a diagramok).



1. oszlopdiagram: az egyes kérdések pontszámai %-ban a Curie-szövegnél [\[5\]](#)



2. oszlopdiagram: az egyes kérdések pontszámai %-ban a biooptikai tanszövegnél [\[13\]](#)

A diagramokról leolvasható, hogy mely kérdések taglalása jelentett nagyobb problémát a diákoknak, s mely részek mentek könnyebben és jobban számukra. A többi tananyag-javaslatnál is sokszor hasonló eredmények adódtak.

Elmondható, hogy **hipotéziseim nagy vonalakban teljesültek.**

Globális hipotézisekre való reflexió:

- A kidolgozott tananyag-javaslatok eleget tesznek a KAT/IBL szemléletű módszer megfogalmazott előnyeinek.
- Csoportmunkában történő feladatmegoldás esetében fejlődnek a tanulók szociális, kommunikációs, nyelvi és diszciplináris készségei/képessége egyaránt. Egyéni munka esetében is van kompetenciafejlesztési kvalitás: utóbbiak akkor is formálódnak. A felsoroltak közül a szociális készségek fejlesztése a személyiségfejlesztéshez fontos összetevő/komponens.
- A megbeszélés után a kipróbálók közül, volt olyan, aki beszámolt olyanról, hogy a diákok „aha-élményt” tapasztaltak, ami a szemléleti (paradigma)váltások alapja.
- **A feladatokat szívesen végzik a diákok, nyitottak az ilyen típusú tanulás felé; ezt a fajta tanulást jobban élvezik, mint a konzervatív módszereket.**

- Az elemzéseknél már utaltam arra, hogy az elért pontok tekintetében kapott eredmények (és a visszajelzések) arra utalnak, hogy **ilyen jellegű tanulási módszerekkel és tananyagokkal még nem vagy kis mértékben találkoztak csak a résztvevő diákok.**
- Az előbbi mellett is többnyire jobb eredmények születtek, mint ha tekintjük az (országban) általánosan nem kedvelt természettudományos tárgyak rossznak mondható eredményeit.

Lokális hipotézisekre való reflexió:

- A természettudományos kutatás bizonyos lépéseinek átlátása valóban nehezebben ment a diákoknak, mint a lexikális tudásrendszer elemeit érintő elemek.
 - Ám az egyik hipotézisem **cáfolásra került, miszerint könnyebb lett volna az egyszerűsítés és az elemzés a tanulóknak.**
 - **Az a hipotézisem is megcáfolásra került, miszerint ne tudnák a tanulók, hogyan kell elkülöníteni az áltudományos és tudományos elemeket.** Eszerint nem a koncepció ismerete hiányzik, amikor ilyen hibával találkozunk a gyakorlatban. **Valószínűleg az elméleti tudás alkalmazásával akadnak problémák.**
 - A valóságban is **nehezen mentek a magasabb szintű gondolkodási műveleteket: például nagyobb absztrahálást, holisztikus gondolkodást, és kevésbé gyakran használt gondolkodási sémákat igénybe vevő elemek:** ilyenek voltak a **hipotézisalkotás; hibaforrások** meggondolása –bár ez nem minden javasolt tananyagnál okozott nehézséget!–, **következtetések** levonása, **további kérdések és problémák felvetése, kutatások hatásai és jelentősége,** valamint **eljárások komplex ismertetése.** Legutóbbi esetében a hipotézisemmel összhangban, sokan *részben* jól válaszolnak ilyen kérdésekre, de maximálisan jól kevesen tudtak teljesíteni. Ez **konzekvens a PISA mérések eredményeivel,** amik azt tükrözik, hogy ilyen típusú feladatok a magyar tanulóknak nehézséget okoznak. **Ezzel mindenképp érdemes lenne foglalkozni, s fejleszteni az ehhez kapcsolódó kompetenciákat.** **Problémát jelentett a hibaforrások végiggondolása is.** Ám nemcsak a hibaforrásokra vonatkozó kérdés ment gyengébben, hanem többnyire **a természettudományos gondolkodás/szemlélet** elemeit érintő feladatok is nehézséget okoztak; például **a laboratóriumi kutatás módszertana, szakkifejezések használata, elvi meggondolások.**

Ez alapján **fontosnak tekintendő a természettudományos szemlélet fejlesztésének támogatása, az ehhez kötődő kompetenciák fejlesztése.** Ehhez a tapasztalat alapján **hatékony lehet a kutatás alapú szemléletű módszert alkalmazni az oktatásban, minél több ilyen típusú tanórai tevékenységet a tudáskonstruálási folyamatba iktatni.**

Szövegértési és fogalmazási problémák is általánosan megfigyelhetők²⁸. Felmerülhet, hogy *a kérdések további átfogalmazásával jobban sikerülne-e megoldani a feladatokat?*

Kvantitatív elemzés alapján bizonyos tananyag-javaslatnál, a megoldásokért kapott pontok nem függenek attól, hogy alap vagy középfokú intézmény diákjai töltötték-e ki a feladatlapokat. Ez nem

²⁸ a tanulási zavarral nem együtt élő gyermekek esetében is

lehetetlen, hiszen **a feladatok nem is elsősorban szaktárgyi tudásról adnak információt, hanem kompetenciákról és szemléletről.** Előfordul, hogy általános iskolás tanulócsoport jobban teljesít egy gimnazistánál, de szignifikáns különbségről nem beszélhetünk egyik esetben sem.

A számszerű összteljesítmény tekintetében az mondható el, hogy jelentős mértékben fordul elő 50% alatti eredmény. Ez azonban nem feltétlenül rossz teljesítmény. Egyrészt ez mindenképpen jobb, mint az átlagosan nagyon népszerűtlen természettudományos tárgyak eredményei. Másrészt itt **olyan típusú feladatokkal találkoztak a növendékek, mely számukra ismeretlen volt,** ami pszichológiai és diszciplináris tekintetben is vezethet rosszabb pont-eredményhez.

Ugyanakkor a nem kiemelkedő elért pontok mellett is megvalósulhat kifejezetten hatékony tanulási folyamat: a megbeszélés után, a feldolgozás végére érve számottevő **fejlődés tud történni a diákok szemléletében és tudásrendszerében.** A fejlődés mértékére vonatkozó hipotézisemet azonban nem tudom alátámasztani, mert nehezen mérhető és kimutatható feltevést állítottam fel.

Felmerülhet a kérdés, hogy **amennyiben a tanulók tudáskonstruálása ideálisan megvalósul a megbeszélés, a helyes válaszok végiggondolása közben, mennyire probléma, ha eleinte nem tudtak jól válaszolni a kérdésekre?**

Esetleg érdemes lehet akár speciálisan, az adott tanulócsoporthoz, vagy akár diákhoz szólóan átalakítani a szövegeket, feladatokat és kérdéseket, hogy biztosan **megfelelő szintről indítsuk a tudáskonstruálási folyamat támogatását.** Azonban az eredeti kérdések válaszainak megtárgyalását is tudjuk ideális szintről indítani, s ekkor dolgozhatunk az eredeti feladatlapokkal.

Kiemelendők azok a tananyag-javaslatok, melyeknél nem maguk a tanulók végzik el a kutatási tevékenységet, hanem közvetve ismerkednek meg a természettudományos kutatás elveivel: kutatási beszámoló segítségével.

Fontos kiemelni azt a tapasztalatot, hogy **az ilyen fajta feladatok sok esetben tetszenek az iskolásoknak. A nem kimagasló számszerű eredmény és az ismeretlenfajta feladatok ellenére is jól érzik magukat a diákok egy ilyen tanulási helyzetben.** Szívesen foglalkoznak a feladatlapokkal, ilyen típusú problémákkal. Tehát **a KAT/IBL szemléletű feldolgozás akár intrinzik motivációt jelenthet.** Ezáltal az általánosan nem kedvelt fizika óra tanulási környezetében is esetleg eljuttathatjuk diákjainkat a flow-élményhez.

7. ÖSSZEFOGLALÁS, KONKLÚZIÓ

A TDK-dolgozatban **ismertettem egy jelenleg modern didaktikai módszer, a kutatás alapú szemlélet bizonyos felhasználási lehetőségeit a fizika tanításában.** Az elméleti és kutatómódszertani részt a KAT-módszerhez alkalmasnak tartott, bizonyos szempontból különböző típusú tananyag-javaslatok követték, melyekhez elemzés és kipróbálási tapasztalatok leírása is

tartozott. Munkám során alátámasztandó²⁹ hipotézisek segítették az okfejtést. Igyekeztem az eredetileg deklarált célkitűzést követni, filozofikus és szakmai berkekbe kitekinteni, miközben törekedtem egyes elemek kiemelése mentén, komplexen kezelni a témakört. A kutatási tevékenységeim **projekttermékei** a [Mellékletek](#) és [Függelék](#) részekben látható **tananyag-javaslatok, elemzések és publikációk**.

További feladatok: további kipróbálások; a folyamatosan visszaérkező válaszok további elemzése; kvantitatív vizsgálat azon tananyag-javaslatok feldolgozási tapasztalatról, melyeknél ilyen még nem szerepel (amikor ehhez több adat lesz); kontrollcsoporttal való összevetés (az ehhez tartozó feladatlapok részben készen, javítás alatt vannak), a hatékonyság további elemzésének, további lehetőségek és kérdések felvetésének céljából.

Összefoglalóan elmondható, hogy **a kutatás alapú szemlélet jól szolgálhatja pedagógiai-pszichológiai és tantárgyi (diszciplináris) célok megvalósulását is.**

A módszer **aktív tanulást és magas fokú személyes érintettséget** von magával. Ezáltal **adekvát arra, hogy a diákok affektív élményben részesülhessenek a tanulás során, s egyúttal támogassuk a tanítványok aktív tudáskonstruálási folyamatát, segítsük a természettudományos szemlélet és számos kompetencia fejlesztését, valamint ezek együttes működésének hatékonyságát.**

Például a fizikai témájú kutatási szövegek feldolgozása fejlesztheti a szövegértést, és jó szövegértési készségek pedig segíthetik a természettudományos szemlélet felépítését. Ezek az elemek fontosak, és fejlesztésre szorulnak a PISA vizsgálatok eredményeinek fényében.

Az előbbiekkal összhangban a KAT/IBL szemlélet esetében **nagyon kifejezett szerepe van a pedagógiai transzfernek.**

Továbbá **a módszer háttérében lévő tanulás/tanítás-filozófia nagymértékben hatékony lehet személyiségfejlesztéséhez, a diákok gondolkodási sémáinak kidolgozásához is** a korábban említett célok mellett.

Ezzel összefügg, hogy egy **ilyen jellegű tanulási folyamatban a tudáskonstruálásnak önmagában élvezeti értéket adhatunk.**

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Témavezetőm, Dr. Radnóti Katalin munkáját, támogatását, a publikációk elősegítését, a szakmai lehetőségeket, tevékenységébe való bevonást, hozzájárulását fejlődésemhez, a dolgozat előzetes elolvasást, javaslatait, részánt idejét, pozitív értékelését!

²⁹ (vagy megcáfolandó)

9. HIVATKOZÁSOK

- [1] Vámos Ágnes, Falus Iván, Nahalka István, Ballér Endre, Golnhofer Erzsébet, Kotschy Beáta, M. Nádaszi Mária, Petriné Feyér Judit, Réthy Endréné, Szivák Judit: *Didaktika – elméleti alapok a tanuláshoz*
Nemzeti tankönyvkiadó, 2003.
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_42498_2/ch16.html)
- [2] Radnóti Katalin, Nahalka István, Wagner Éva, Poór István: A fizikatanítás pedagógiája
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
(http://members.iif.hu/rad8012/fizika/fizikatanitas_pedagogiaja.pdf)
- [3] N. Kollár Katalin, Szabó Éva: Pszichológia pedagógusoknak
Osiris kiadó, 2004.
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_520_pszichologia_pedagogusoknak/ch18s05.html)
- [4] Golnhofer Erzsébet (2005): Különleges pedagógiai bánásmódot igénylő gyermekek, csoportok
<http://sztzs.szigbp.hu/pedszakv/jegyzet/eloado/golnhofer/kulonlegesspecszakkepzes.ppt>
- [5] Radnóti Katalin – Nagy Mária (2013): A rádium felfedezése. Kutatási szöveg feldolgozása a fizika- és/vagy a kémiaórán.
Nukleon. VI. évfolyam 3. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_6_3_144_Radnoti.pdf)
- [6] Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása.
Iskolakultúra. 2010./12. szám 31-51. oldalak
(<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00153/pdf/2010-12.pdf>)
- [7] Fejlesztő- és gyógypedagógusok honlapja: Fejlesztő- és gyógypedagógiában használt szakkifejezések gyűjteménye
<http://fejlesztok.hu/segedletek/pedagogiai-segedletek/186-fejleszt-es-gyogypedagogiaban-hasznalt-szakkifejezesek-gyujtemenye.html>
- [8] Patkós András (2008): Pillantás PISA-ra.
Fizikai Szemle, 1. sz. 25-30. oldalak
(<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fszo801/patkos0801.html>)
- [9] Curie, P., Curie, Mme P., Bémont, G. (1898) Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechleude
Compt. Rend., 127, 1215.

-
- [10] Magyar változat: Vértes Attila (Szerk.): Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből. Akadémiai Kiadó. Budapest. 2009., 25-27. oldalak.
Silberer Vera és Kárpáti Szilvia fordítása
- [11] Korom Erzsébet: Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás.
Műszaki Kiadó. Budapest. 2005., 43. oldal
- [12] Horváth Gábor: A geometriai optika biológiai alkalmazása.
ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2004.
- [13] Nagy Mária – Horváth Gábor – Radnóti Katalin (2013): Kutatási szöveg tanórai feldolgozása.
Iskolakultúra 2013/9. 96-109. oldalak
(http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2013/2013_9.pdf)
- [14] Nagy Mária – Zsámberger Noémi Kinga – Pávó Gyula (2013): A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában I. rész *Nukleon*. VI. évfolyam 4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_150_Nagy_1.pdf)
- [15] Zsámberger Noémi Kinga – Nagy Mária – Pávó Gyula (2013): A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában II. rész *Nukleon*. VI. évfolyam 4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_151_Nagy_2.pdf)
- [16] Nagy Mária – Radnóti Katalin (2014): Híd a közoktatás és a felsőoktatás között *Iskolakultúra* 2015/1. 51-76. oldalak
(<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2015/01/04.pdf>)
- [17] Nagy Mária (2016.): PET – Pozitronemissziós tomográfia
Szemináriumi előadás (Modern fizika szeminárium), ELTE TTK Fizikai Intézet
(<http://atomfizika.elte.hu/akos/orak/modfizszem/2016pdf/nagym.pdf>)
- [18] Nagy Mária (2014): A röntgenfluoreszcencia-analízis elvi alapjai
Nukleon, 2014/4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/7_4_172_Nagy_0.pdf)
- [19] Brédács Alice Mária: A mérhető és az értékelhető tudás jellemzői
Kiadta a BME Tanárképző Központ, 2013.
(http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412b2/2013-0002_a_hagyomanyos_es_az_ikt-vel_tamogatott_meres_es_ertekeles_a_szakkepzesben/HI/shijs23g.scorm)
- [20] Vámos Ágnes: *Esélyegyenlőtlenség és méltányos pedagógia*
Kiadta a Bölcsész Konzorcium, 2006.
(<http://mek.niif.hu/05400/05467/05467.pdf>)
- [21] Radnóti Katalin – Nagy Mária (2015): A kutatásalapú tanulás, tanítás, és tanárképzés gyakorlata
-

In: Diszciplínák tanítása – a tanítás diszciplínái I., *Tanulmányok a tudós tanárképzés műhelyeiből*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015., Szerk.: Károly Krisztina és Perjés István (http://www.eltereader.hu/media/2016/01/Tanulmányok_READER.pdf)

- [22] Index: Kijöttek a PISA-eredmények
http://index.hu/tudomany/2016/12/06/pisa_felmeres_eredmenyek/
- [23] Radnóti Katalin – Adorjánné Farkas Magdolna (2012): A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – I. rész.
Fizikai Szemle. LXII. évfolyam. 11. szám. 391-395. oldalak
(http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1211/RadnotiK_AdorjanneFM.pdf)
- [24] Radnóti Katalin – Adorjánné Farkas Magdolna (2012): A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – II. rész.
Fizikai Szemle. LXII. évfolyam. 12. szám, 422-425. oldalak
(http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1212/RadnotiK_AdorjanneFM.pdf)
- [25] Radnóti Katalin (Szerk.): *A természettudomány tanítása. Szakmódszertani kézikönyv és tankönyv*. MOZAIK Kiadó, Szeged, 2014.
- [26] Radnóti Katalin – Adorjánné Farkas Magdolna (2015): A kutatás alapú tanulás lehetőségei a fizikaórán.
Fizikai Szemle. LXV. évfolyam. 6. szám. 198-204. oldalak
(http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1506/RadnotiK_AdorjanneFM.pdf)
- [27] Radnóti Katalin – Adorjánné Farkas Magdolna (2016): A kutatás alapú tanulás, tanítás és tanárképzés lehetőségei a fizika oktatásában.
Iskolakultúra 26. évfolyam 2016/3. 70-81. oldalak
(<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2016/03/06.pdf>)
- [28] Az egész életen át tartó tanuláshoz szükséges kulcskompetenciák
Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet. Budapest.
<https://www.ofi.hu/tudastar/nemzetkozi-kitekintes/egesz-eleten-at-tarto#1>
- [29] Molnár Éva: Az önszabályozó tanulás.
Iskolakultúra, 2002., 9. sz.
(<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00063/pdf/tanulm2002-9.pdf>)
- [30] Molnár Éva: Az önszabályozás értelmezései és elméleti megközelítései.
Magyar Pedagógia, 2009., 4. sz.
(http://www.magyarpedagogia.hu/document/Molnar_MP1094.pdf)
- [31] Knowledge and Skills for Life.
First results from PISA 2000.
Párizs, OECD, 2001d.
(<https://www.oecd.org/edu/school/programme-for-international-student-assessment-pisa/33691620.pdf>)

- [32] Nahalka István (Szerk.): Hatékony tanulás
In: *A gyakorlati pedagógia néhány alapkérdése*, 3. kötet
ELTE TTK Neveléstudományi Intézet, Budapest, 2006.
(<http://mek.niif.hu/05400/05446/05446.pdf>)
- [33] Ernst von Glasersfeld (1993): Konstruktivista diskurzusok, Fordította: Szijj Ferenc
Helikon, 1., 76–90.
(http://real-j.mtak.hu/1221/1/HELIKON_1993.pdf)
- [34] Ernst von Glasersfeld (1995): Radical Constructivism.
Way of Knowing and Learning,
London, Washington D. C., The Palmer Press
(<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED381352.pdf>)
- [35] Ernst von Glasersfeld: Die Wurzeln des "Radikalen" Konstruktivismus.
In: *Die Wirklichkeit des Konstruktivismus*. Zur Auseinandersetzung um ein neues Paradigma.
Hans Ruedi Fischer (Hrsg.). Heidelberg: Carl Auer Verlag 1995, S. 35-46.
- [36] Nahalka István: A természettudományos nevelés és a tudományelméletek.
Magyar Pedagógia 1995, 3–4. szám, 229–250. oldalak
- [37] Nahalka István: A konstruktivizmus tanulásszemlélete a természettudományos nevelésben.
Pszichológia 1996, 4./449–460.
- [38] Nahalka István: Konstruktív pedagógia. Egy új paradigma a láthatáron. Iskolakultúra 1997, (I., II., III.), 2, 3, 4, szám, 21–33., 22–40., 3–20. oldalak
(<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00122/pdf/1997-2.pdf>)
(<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00123/pdf/1997-3.pdf>)
(<http://epa.oszk.hu/00000/00011/00124/pdf/1997-4.pdf>)
- [39] Ernst von Glasersfeld: Einführung in den radikalen Konstruktivismus.
In: *Die erfundene Wirklichkeit*. Hrsg. P. Watzlawick. München – Zürich, Piper 1981., 16-38
(http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-91089-9_17)
- [40] Ernst von Glasersfeld (1995): Aspekte einer konstruktivistischen Didaktik.
In: *Lehren und Lernen*. Konstruktive Tätigkeit. Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Bönen. 7–13.
(http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/phil_Fak_II/Grundschul_Paedagogik/content/GlasersfeldLehrenundLernen0001.pdf)
- [41] Ernst von Glasersfeld (1991): Constructivism in Education.
In: *Lewy, Arie (ed.): The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergamon Press, Ixford etc.

- [42] Fischer, Ruedi: Abschied von der Hinterwelt? Zur Einführung in den Radikalen Konstruktivismus.
In: *Die Wirklichkeit des Konstruktivismus*. Zur Auseinandersetzung um ein neues Paradigma.
Hans Ruedi Fischer (Hrsg.). Heidelberg: Carl Auer Verlag 1995, S. 11-34.
- [43] Nahalka István: Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- [44] Flow (psychology)
Wikipedia
[https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_\(psychology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_(psychology))
- [45] Vass Vilmos: A kompetencia fogalmának értelmezése
In. *A kompetencia*. Kihívások és értelmezések. Országos Közoktatási Intézet. Budapest. 2006.
139-161.
<http://ofi.hu/tudastar/hazai-fejlesztési/kompetencia-fogalmanak>
- [46] Tóth Eszter: Fizika IV.
Tankönyvkiadó, 1984.
- [47] Nagy Mária (2012): A fizikatanítás pedagógiája: Matematikai eszközök alkalmazása a fizika tanításában. TDK-dolgozat. Témavezető: Dr. Radnóti Katalin
- [48] Dr. Radnóti Katalin (2002): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai
Új Pedagógiai Szemle. LII. Évfolyam 5. szám 38-50. oldal.
(<http://epa.oszk.hu/00000/00035/00060/2002-05-hk-Radnoti-Fizika.html>)
- [49] Dr. Radnóti Katalin (2003): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai egy vizsgálat tükrében
Fizikai Szemle LIII. évfolyam 2003/5. 170-176. oldal.
(<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fszo305/radnotio305.html>)
- [50] Dr. Radnóti Katalin (2005): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai egy vizsgálat tükrében – 2.
Fizikai Szemle. LV. Évfolyam 2005/8. 268 - 273. oldalak
(<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fszo508/radnotio508.html>)
- [51] Dr. Radnóti Katalin (2005): A fizika tantárgy helyzete egy vizsgálat tükrében.
Iskolakultúra. XV. évfolyam 2005/március 81-95. oldalak
(http://epa.oszk.hu/00000/00011/00091/pdf/iskolakultura_EPA00011_2005_03_081-094.pdf)
- [52] Oktatási Hivatal: PISA 2015 mérés
https://www.oktatas.hu/koznevelas/meresek/pisa/pisa_2015_meres
- [53] Minner, D.D. et al. (2010): Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter?
Results from a research synthesis years 1984 to 2002.
Journal of Research in Science Teaching, 47 (4), 474–496

- [54] Hofstein, A., Kempa, R. F. (1985): Motivating strategies in science education: attempt of an analysis.
European Journal of Science Education, 3, 221–229.
- [55] Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. E., Chinn, C. A., (2007): Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning:
A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006).
Educational Psychology, 42, (2), 99–107.
(Kirschner, P. A., Sweller, J., Clark R. E. (2006): Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching.
Educational Psychology, 41, (2), 75–86.)
- [56] PISA - Internationale Schulleistungsstudie der OECD: PISA 2015 Infomaterial
<http://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/>
- [57] OECD (2016): PISA 2015 Ergebnisse im Fokus
(http://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA_2015_Zusammenfassung.pdf)
- [58] Tarkó Klára (1998): A metakogníció fogalma a pedagógiában és a pszichológiában
Iskolakultúra, 1998/8., 117-119. oldalak
(http://epa.oszk.hu/00000/00011/00018/pdf/iskolakultura_EPA00011_1998_08_117-120.pdf)
- [59] Zemlpén Jolán – Szabadváry Ferenc – Kontra György: A kísérletezés úttörői a XIX. században.
A fény hullámelmélete és az elektromágneses fényelmélet c. fejezet, 5. rész.
Gondolat kiadó, Budapest 1963.
- [60] Dieter B. Herrmann: Az égbolt felfedezői.
Gondolat Kiadó, Budapest, 1981.

10. MELLÉKLETEK

A mellékletben a szerepelnek a diákok elé került, feldolgozandó szövegek vagy ehhez tartozó linkek. A publikációkban megjelent szövegek a TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt hivatkozás formájában szerepelnek.

4. FEJEZETHEZ TARTOZÓ MELLÉKLETEK

4.1.1.-HEZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A RÁDIUM FELFEDEZÉSE

A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt a szöveget nem másolom be, a diákok elé került formában itt érhető el, a cikk 2. oldalán található:

http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_6_3_144_Radnoti.pdf [5]

4.1.2.-HÖZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A HALEVŐ MADARAK ZSÁKMÁNYSZERZÉSE ÉS A FÉNYTÖRÉS (BIOOPTIKAI SZÖVEG)

A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt a szöveget nem másolom be, a diákok elé került formában itt érhető el, a cikk 2-4. oldalán található (a folyóirat 97-99. oldalai):

http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2013/2013_9.pdf [13]

4.1.3.-HOZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A SPEKTROSKÓPIA (SZÍNKÉPELEMZÉS) TUDOMÁNYTÖRTÉNETI MEGKÖZELÍTÉSE

Az egyik legfontosabb inspiráció volt a modern fizika kialakulása számára az atomok vonalas színekének felfedezése, és a színeképvonalak között megállapítható tapasztalati összefüggések magyarázata.

A spektroszkópia fejlődésében rendkívül jelentős szerepe volt több kutató munkásságának. A legismertebbek: Fraunhofer, Kirchhoff, Balmer és Bunsen.

A spektroszkópia alapjai azonban sokkal korábbi idősakra nyúlnak vissza.

A 18. században pedig már észrevették azt is, hogy a színszórás (a "kisugárzott" fény) szoros kapcsolatban áll a hővel. Ugyanis érzékeny hőmérővel kimutatható volt a láthatatlan infravörös = IR³⁰ sugárzás létezése. (Az infra latin eredetű szó, azt jelenti lent, alatt, után, később). Az IR tartomány kisebb frekvenciájú (azaz nagyobb hullámhosszú) a látható vörös félynél. Tehát a vizsgálatoknak fontos újszerűsége volt: felismerték, hogy nincs vége a színeknek a látható fény-intervallum vörös oldalán.

A kutatási algoritmus menete:

- Fel kellett tenni azt a kutatási kérdést, hogy létezik-e szemmel már nem látható fénysugárzás?
- Az volt a munkahipotézis/kutatási feltevés, hogy igen, létezik, nemcsak látható fénysugárzás van.
- A hipotézist valahogyan meg kellett próbálni alátámasztani. Érzékeny hőmérővel tudták kísérletileg alátámasztani a hipotézist, tényként is kimutatni ennek létezését: Annál erősebb hőhatást észleltek a mérésekben, minél távolabb kerültek a látható spektrumtól (színektől).
- Tehát a következtetés az volt, hogy nincs vége a színeknek a látható fény-intervallum vörös oldalán.
- Ez viszont további kutatási kérdést vet fel: létezik-e láthatatlan sugárzás a színek ibolya oldalán túl is?

Elmondható, hogy ugyanígy nincs vége a színeknek a látható ibolya színnél sem. Itt is találhatók láthatatlan sugarak. Ezek kimutatása vegyi hatásuk által lehetséges. Ezt a tartományt ultraibolya = UV³¹ vagy ibolyán túli sugárzásnak nevezzük. A látható színtartomány másik (nem a vörös) végén túl található.

A kutatási algoritmus menete:

- Kutatási kérdés: létezik-e szemmel már nem látható fénysugárzás a spektrum ibolya oldalán is?
- Munkahipotézis/kutatási feltevés: igen, létezik.
- Hipotézist alátámasztása: a sugárzások vegyi hatása által
- Következtetés: nincs vége a színeknek a látható fény-intervallum ibolya oldalán sem.

A fentiekkel kibővített spektrumot "teljes színeknek" nevezték.

A "teljes színek" vizsgálata és értelmezése csak később volt lehetséges. Ehhez a hullámelméltre volt szükség. Igazából a "teljes színek" tanulmányozásához az elektromágneses fényelmélet³² is szükséges. Ezzel már a tényleges teljes eddig ismert spektrumot jellemezzük: a rádióhullámoktól a radioaktív gamma sugárzásig (és még az ennél is rövidebb hullámhosszú kozmikus sugárzásig).

A "teljes színek" felfedezése jelentős lépés volt "a valóság sokszínű megnyilvánulásaiban uralkodó egység megismerése felé". [1]

A 19. század elején pedig már ismert volt az is, hogy nagyon fontos a színek minél tisztább és technikailag minél tökéletesebb előállítás. És nagyon jelentős ezen spektrum vizsgálata.

Ehhez tökéletesen csiszolt prizmákra, jó, akromatikus (színi hibáktól mentes) távcsövekre volt szükség.

³⁰ infra red, infra rot, vörösonn inneni

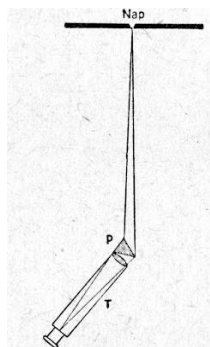
³¹ ultraviolet

³² Azaz a látható fényt, mint elektromágneses hullámot kell tárgyalni, melynek hullámhossza 380 nm és 780 nm közt van.

Joseph Fraunhofer (1787-1826) *kutatói célként* arra törekedett, hogy *minél pontosabban* *határozza meg az egyes színekhez tartozó törésmutatókat eszközével*. Ekkor még hullámhossz-mérés nem volt, ezért mért ehelyett törésmutatókat.

- A **törésmutató és a szín (hullámhossz) kapcsolata** részletesebben olvasható: <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/093/pco09335.html#8>

A színek előállításánál fényforrásként a Nap fényét használta. Távcső végére szerelt prizma keresztül vizsgálta a napfényt (1. ábra).

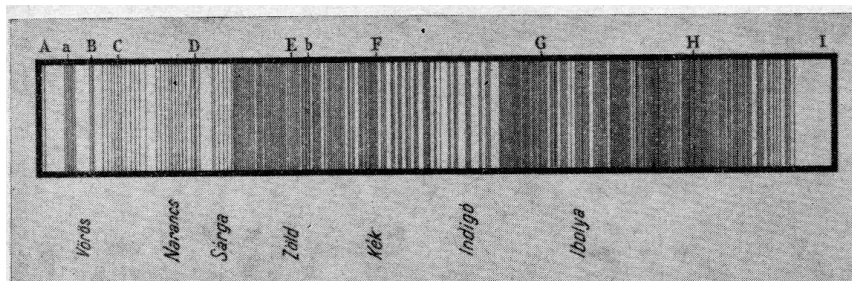


1. ábra: Fraunhofer készüléke a Nap-színkép vizsgálatához /forrás: [1]/

Ekkor, a *munka közben* nagyon *érdekes felfedezésre* jutott: azt találta, hogy *a folytonos színek* *szabályos időközönként fekete vonalak szakítják meg*. Ezeket a vonalakat már **Wollaston** is észlelte 1802-ben, azonban ő nem tulajdonított jelentőséget az effektusnak. **Fraunhofer** is valamiféle *készülékhibának vélte/feltételezte* eleinte. Ezért a “hiba” kikerülése végett igyekezett minél pontosabban, különböző körülmények között ismételt méréseket végezni.

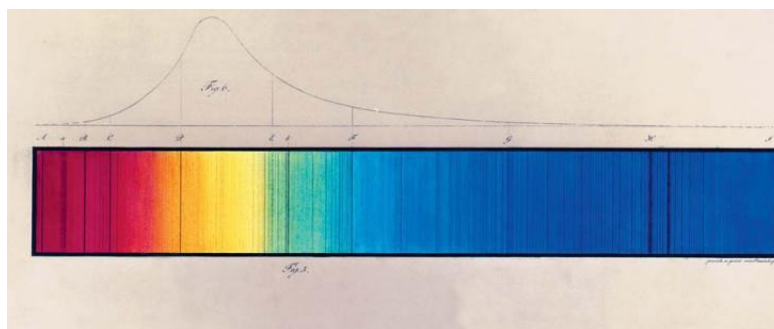
Azonban a fekete vonalak sehoggy sem tűntek el. Ellenben a törésmutatókat mérve azt meg tudta állapítani, hogy milyen törésmutatójú (színű) vonalak helyén jelennek meg. A, B, C, D, ..., stb. betűvel jelölte meg ezeket a vonalakat (2. ábra).

Jelölése a mai vonalkódra emlékeztet, valószínűleg innen származik az ötlet.



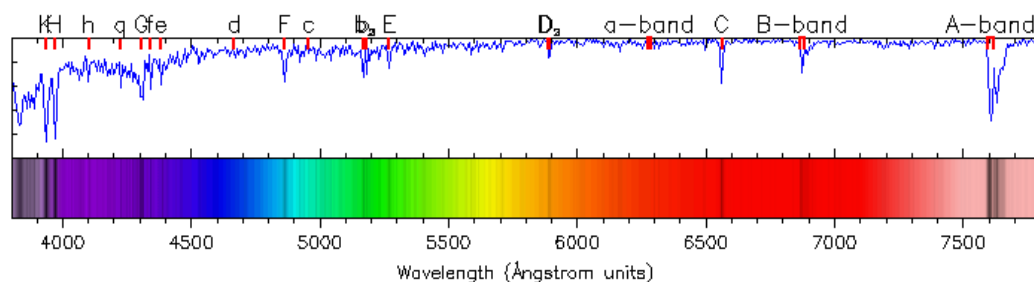
2. ábra: Fraunhofer-féle vonalak /forrás: [1]/

Interneten is megtalálható színes ábrák alább szemlélhetők (3.-7. ábra).

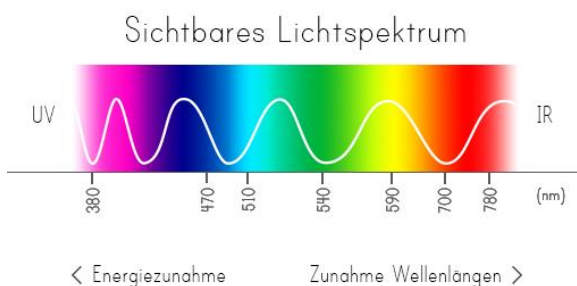


3. ábra: Fraunhofer-vonalak³³

³³ forrás: <https://ipon.hu/userfiles/Image/Jools/2014/apr22-27/fraunhofer-lines.jpg>



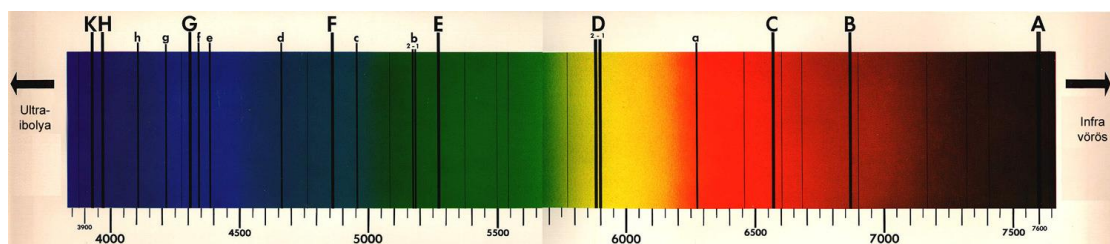
4. ábra: Fraunhofer-vonalak újabb ábrán³⁴



5. ábra: A látható spektrum³⁵



6. ábra: Fraunhofer-vonalak egy német bélyegen³⁶



7. ábra: A Nap színeképe³⁷

Fraunhofer fent leírt munkásságának köszönhetően - gyakorlatilag **a kutatás következményeként - egyértelműen megállapításra került a Nap spektrumvonalainak jelenléte (azaz létezése), és pontos helye.** Valamint **már kétségtelenné vált a vonalak Naptól való eredete is.** Ezt a **tesztelendő hipotézist** az **támasztotta alá**, hogy előfordultak olyan bolygók színeképeiben is, melyek fényüket a Naptól kapják. Az állócsillagok színeképe viszont eltérő volt ezektől.

Fraunhofer eddig a gondolat-szintig jutott el törésmutató-méréseivel. Ez nagy **előrelépés és újszerűség** volt. Azonban a korszak feltételei és korai halála megakadályozták további nagy eredményeit. Viszont **módot adott a meg nem válaszolt kutatási kérdések megválaszolására és új kérdések felvetésére** szakmai utódainak, az őt követő kísérleti fizikusoknak.

Joseph Fraunhofer (8. ábra) rövid életrajza:

1787-ben, Strasbourgban született. Egy szegény munkáscsalád 10. gyermeke volt. Apja üveges volt. 11 évesen Fraunhofer is üvegcsiszoló inasként kezdte szakmai életét. Először Münchenben dolgozott. Majd később az volt első önálló feladata, hogy lencsét készített a budai csillagdnak. Ezt a munkát olyan sikeresen végezte, hogy mestere társa lett. Ezt követően Fraunhofer képezni kezdte magát. Elsősorban matematikát és optikát tanult. Illetve emellett kísérleti eszközeit is mindig maga készítette el. Mint az fentebb szerepelt, korán elhalálozott, 40

³⁴ forrás: http://admin.sathvasibaba.hu/spaw/uploads/images/quest_of_infinity/part_01/fraunhofer-lines.gif

³⁵ forrás: http://www.medien-azubis.de/Dateien_ka/20132014/alle/Infografiken/infografik_frede/img/rays/spektrum_sichtbar.png

³⁶ forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a4/DBP_1987_1313_Joseph_von_Fraunhofer_Sonnenspektrum.jpg/138px-DBP_1987_1313_Joseph_von_Fraunhofer_Sonnenspektrum.jpg

³⁷ forrás: http://www.konkoly.hu/~kovari/CSILLAGASZAT/tananyag/CSILLAGASZAT/2/1_1/hq/napszinkep.jpg

éves korában. Ez a tudomány számára nagy veszteséget jelentett. Egyébként 1826-os halálakor a müncheni optikai intézet professzori rangját tudhatta magáénak, és pályája csúcsán volt.

[1']

További olvasmány róla:

https://ipon.hu/elemezsek/az_uvegmuves_aki_a_spektroszkopia_atyja_lett/2104/2



8. ábra: Fraunhofer képe³⁸

A későbbi tudósok így folytathatták *Fraunhofer* kutatásait a “**fekete vonalak rejtélyének megfejtésével**”, és a **sugárzás mechanizmusának mélyebb tanulmányozásával**. [1']

Mint az fentebb szerepelt, a 19. század elején már ismert volt, hogy **nagyon fontos a színek vizsgálata**.

A spektroszkópai vizsgálatok fejlődésében jelentős szerepe volt annak is, hogy **adott korszak tudományos megközelítésmódja** nem utasította el az ilyen témájú kutatásokat. Nagy népszerűségnek örvendtek a **lángfestéses kísérletek**. Ezekben a tudományos elemzésekben **különböző sókkal megfestett lángokat tanulmányoztak**.

Amit **tapasztaltak**:

- Például a konyhasó (NaCl) erősen sárgára festette a lángot. Ekkor fényes sárga vonal volt látható a spektrumban.
- Más sóknál más-más jellegzetes vonal volt látható.

Többek közt számos angol tudós foglalkozott a színes lángok spektrumának elemzésével.

- Kiemelendő közülük **John Herschel** (1792-1871). Ő **Wilhelm Herschel** kitűnő megfigyelő (például, a Tejútrendszer csillagainak vizsgálata, stb.) és műszerkészítő fia volt. **John számos lángspektrumot publikált**. Ezek közt volt a K (kálium) és a Sr (stroncium) színeképe.

Hamarosan **kiderült, hogy a színek ténylegesen az anyagtól függően változó**. Ezt az **elképzelést** a színek pontos megfigyelésével tudták **kísérletileg alátámasztani**. Ebben a **gondolatrendszerben még nem szerepelt** az, hogy az anyagi minőség a kémiai összetétellel lenne leírható. És **az elmélet lehetséges alkalmazásáról, felhasználásáról sem volt még szó**.

Ezen túlmutató elképzelés és reménység volt, hogy a későbbiekben **meg lehet majd határozni a világító anyagok minőségét színekük alapján**.

Egyre inkább **teret nyert az az elmélet, hogy a lángban lévő kémiai elemektől függ a színkép**. Azonban ezt még egyetlen kutató sem tudta **kísérletileg alátámasztani**.

A **vizsgálatok folytatását a következő tudta segíteni**: volt egy rendszeresen **megfigyelhető jelenség**, amit több tudós **észrevett, de nem tudták magyarázni**. Ezzel tehát érdemes volt tovább foglalkozni.

- A jelenség a következő: a Na (nátrium) lángjának színképében is fényes vonal található ott (ugyanott!), ahol a Nap színképében a **Fraunhofer** által D betűvel jelölt vonal van.

Ellenben ahogy az már szerepelt, a tudósok nem tudtak **semmilyen alátámasztható tény**t a sárga vonal keletkezéséről.

³⁸ forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Joseph_v_Fraunhofer.jpg

Ebből a szempontból a korszak tudományos elképzelései, tesztelésre váró hipotézisei heterogének voltak. Tehát **nem léteztek egyhangú vélemények és megállapítások.**

- **Többen vitatták a sárga vonal nátrium színeképehez való tartozását.** Például **Anders Jans Angström** (1814-1874) svéd fizikus és csillagász is közéjük tartozott. **Azt hitték**, hogy egy általánosságban elterjedt, minden fémnél előforduló vonalról van szó. És **azt gondolták**, ez nem egészen "helystabilis".
- **Azonban voltak, akik elfogadták a 2 vonal** (a Nap D-vonalának és a nátrium sárga vonalának) **azonosságát.** Ők igen elcsodálkozhattak az egyezésen. 1850 táján **George Habriel Stokes** (1819-1903) és **William Thomson (Kelvin)**, 1824-1907) angol fizikusok **úgy vélték**, hogy **valami közösnek kell lennie azon folyamatokban, amik a 2 spektrumban azonos helyen lévő vonal létrehozásáért felelősek.** Azonban nem tudták megmondani, hogy mi az összefüggés az ezeket létrehozó effektusokban, mi a hasonló vagy egyező a két folyamatban. Elsőre nagyon különbözőnek tűnik a Nap spektrumában látható D-vonalak létrehozásáért felelős folyamat és a nátrium spektrumának sárga vonaláért felelős folyamat.

Vagyis a 19. század közepén ott tartott a színeképelemzés elmélete, hogy **a vonalas spektrumról sok egyedi tény volt ismeretes. Viszont ezeket képtelenek voltak egymással összefüggésbe hozni.** És a **heterogén álláspontok, a kortársak kételkedése** sem segítette ezt az állapotot.

Két német tudós ebben az időszakban foglalkozott üvegprizmával felbontott fényjelenségekkel.

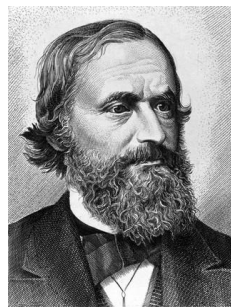
Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) fizikus volt, **Wilhelm Bunsen** (1811-1899) pedig kémikus. Mondhatni, ők voltak **a spektroszkópia (színeképelemzés) tényleges megvalósítói.**

1860 nyarán a badeni nagyherceg a heidelbergi kastély vendége volt. A látogatás alkalmából éjszakai ünnepélyt tartottak. Ekkor a kastélyt bengáli tűzzel világították ki, ami messziről látható volt. Az anekdota szerint **Kirchhoff és Bunsen** laboratóriumuk tetején állva gyönyörködtek a nem messzi kastély "színes lángjainak játékában". Ekkor **Bunsen** kihozott egy **prizmasorozatot** a laboratóriumából. És **ezen a színeképelemző készüléken át szemlélte a lángokat.** Ez a munka egyébként is a két híres kutató mindennapi feladata volt. **Bunsen** (9. ábra) rögtön felismerte a Ba (bárium) tipikus sárgászöld és a Sr (stroncium) jellegzetes vörös vonalait és a az ünnepi kivilágítás spektrumában. Ekkor állítólag a következőt mondta Kirchhoffnak:

"Ha ilyen nagy távolságból fel tudjuk ismerni, hogy a lángokban milyen anyagok izzanak, miért nem tudjuk felismerni, hogy az égitestek milyen anyagból állnak?" [2']



9. ábra: Bunsen képe³⁹



10. ábra: Gustav Robert Kirchhoff⁴⁰

Kirchhoffnak is természetesen voltak innovációs gondolatai.

Kirchhoff rövid életrajza:

Gustav Robert Kirchhoff (10. ábra) 1824-ben, Königsbergben született. Egyetemi tanulmányait szülővárosában kezdte meg. A híres elméleti fizikus, Franz Neumann (1798-1895) tanítványa volt. Ezt követően, 1838-ban a berlini egyetemen magántanár lett. Ezt professzori kinevezése kísérte 1850-ben, Boroszlóban. 1854-ben pedig Heidelbergben is kinevezték ilyen tisztségre. Utóbbi magyar vonatkozása

³⁹ forrás: http://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/s--891cHpPp--/c_fit,fl_progressive,q_80,w_320/hh2cci4gef2jk4ec47a.jpg

⁴⁰ forrás: <http://www.eeweb.ir/wp-content/uploads/89584.jpg>

említésre méltó: Heidelbergben Kirchhoff hallgatója, tanítványa volt többek közt Eötvös Loránd is. A színeképelemzés mellett Kirchhoff a hőtan és az elektromosságtan területén végzett kutatásairól nevezetes. 1887-ben vesztette életét. [1]

Ő először az alábbi **hipotézisek alapján, elméleti megközelítésből, a hullámelmélet alapján vizsgálva foglalkozott “a sugárzással”** (a színeképek kapcsán).

- Minden sugárzó test meghatározott hullámhosszúságú (rezgésszáma=frekvenciájú) sugarakat bocsát ki.
- Izzó, szilárd és cseppfolyós testek esetében a színek folytonos. Azaz a színek megszakítás nélkül mennek át egymásba. Azonban izzó gázok és gőzök csak néhány sugarat bocsátanak ki, ezek **az illető anyagra jellemzők**.

Ilyen módon jönnek létre tehát az **emissziós színeképek**.

- Az előbbieket értelmében ezekről is elmondható, hogy izzó szilárd és cseppfolyós anyagok esetében folytonosak, míg gázok és gőzök esetében néhány jellegzetes vonalat tartalmaznak. Utóbbiak az úgynevezett **vonalas emissziós színeképek**.

Kirchhoff egy **hangtannal való analógiát is sikeresen alkalmazott**, aminek **jelentős újszerűsége, következménye is** volt:

- **Analógia alapján felállított tesztelendő hipotézise a következő volt:**
A jelenség során olyan sugarak haladtak át gázon vagy gőzön, amik egy folytonos színeképet kibocsátó fényforrás sugarai. Ekkor a hullámelmélettel konzekvensen elmondható, hogy fellép a hanghullámoknál megismert **rezonancia jelensége**.
- **Majd az eredetileg tárgyalt, sugárzási effektus elméleti törvényszerűségére hivatkozott: Kirchhoff sugárzási törvénye** szerint igaz a következő: ha valamely sugárzás áthalad egy idegen anyagon, akkor az anyag el fogja nyelni mindazokat a sugarakat, amelyek kibocsátására ő maga is képes.
- **Majd a munkahipotézis szerint, “lefordította” a fenti törvényszerűséget a sugárzási effektussal analógiában álló rezonancia jelenségre (aminek a hipotézis szerint itt is teljesülnie kellene). Így kapott egy megállapítást:**
Ugyanez a “rezonancia nyelven” a következő: ha valamely fényforrás színekéből való sugárzás áthalad más anyagokon is, akkor **a végén adódó színekéből hiányozni fognak az adott anyag által kibocsátott színeképvonal rezgésszámával (frekvenciájával) egyező színeképvonalak**.
- Tehát a (hangtannal ismert rezonanciával állított) tárgyalt **analógia alapján megállapításra jutott: Megmagyarázta azt, hogy a sötét (elnyelési) és világos (kibocsátási) vonalak miért azonos helyen** (azonos színnél, hullámhossznál) **vannak**.
- **Az elméleti megállapítás következménye, újszerűsége:**
 - Ezáltal **megadható, hogy mik, hogyan keletkeznek, honnan származnak a Nap színekéből hiányzó fekete vonalak**. Ezek megfelelnek a Napot illetve a Földet körülvevő gőzkör azon anyagainak, amiken a napfénynek keresztül kell haladnia, míg eléri a prizmákat.
- **Az elméleti megállapítás további jelentős hatása és újszerűsége:**
Ebben a gondolatmenetben azonban szerepel egy sokkal fontosabb elem is, ez egy analitikát illető **paradigmaváltás**, nevezetesen a **színeképelemzés alapkoncepciója**:
 - Ha sikerül izzó állapotba hozni egy vegyületet gázlángban vagy ívfényben, akkor színeképének vizsgálatával meg tudjuk adni a vegyület anyagi minőségét, összetételét. Ugyanis az izzó anyag színeképében megjelenő vonalak felvilágosítást adnak a vegyületben jelenlévő anyagok minőségéről, sőt mennyiségéről is (az újabb mérési eljárások esetében). Ezt a kémiai analitikus eljárást nevezzük **színeképelemzésnek**.
 - Például ilyen az, hogy a Nap színeképében megjelenő D vonal például megfelel a gázlánggal izzásba hozott Na (nátrium) jellegzetes sárga vonalának. Azaz a folytonos napfény áthalad Na-gőzön is valahol az atmoszférában. **Ezért fekete vonal jelenik meg a Nap színeképében a Na jellegzetes sárga vonala helyett.**

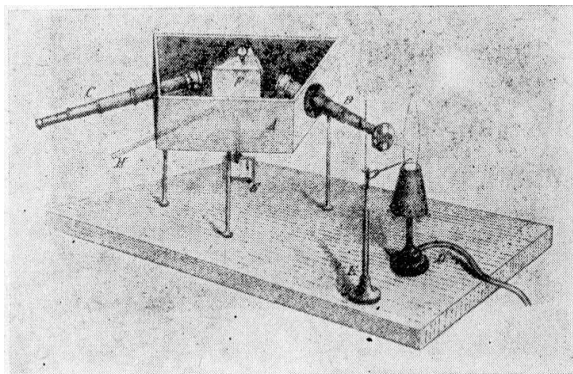
- **Vagyis: minden anyag jellegzetes színű (frekvenciájú, hullámhosszú) színeképvonalat bocsát ki, amennyiben az anyag izzó gáz- vagy gőzállapotban van.**

Megjegyzendő, hogy a koncepció megkonstruálásában *Bunsen* jelentősen segítette *Kirchhoff*-ot. [1']

Filozófiailag lényeges a gondolatrendszerben, hogy *Kirchhoff elméleti megfontolások, hipotézisek alapján* jutott a *rezonanciátétel* megfogalmazásához és az ún. *abszorpciós színeképek feltételezéséhez*. Azonban a *hipotézisek* akkor kapnak gyakorlati létjogosultságot is, ha *kísérletileg alátámasztásra* kerülnek.

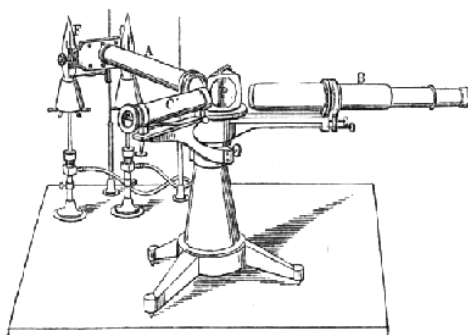
Kirchhoff elsősorban kísérleti fizikus volt, így egyértelmű volt, hogy hipotéziseit kísérletileg alátámasztására ő *tervezte meg és végezte el a vizsgálatokat, kísérleteket*.

- **Az analógia alapján felállított elméleti megállapítás kísérleti alátámasztása:** *Kirchhoff* egy újfajta eszközt (ld.: lentebb, 11. ábra) konstruált, és ezzel dolgozott.

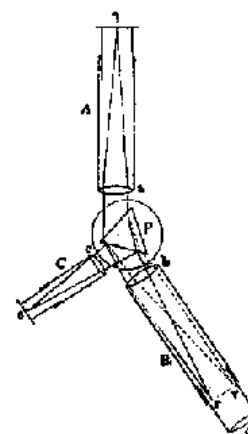


11. ábra: Kirchhoff első spektroszkópja (forrás: [1'])

Kirchhoff-Bunsen-féle spektroszkóp további ábrái az internetről alább láthatók (12.-13. ábra).



12. ábra: Kirchhoff-Bunsen-féle spektroszkóp⁴¹



13. ábra: Kirchhoff-Bunsen-féle spektroszkóp prizmás része közelről⁴²

Berendezését **spektroszkópnak**, illetve **spektrométernek** nevezzük, és ma már a színekép- és anyagkutatás legfontosabb eszköze. Ez összetettebb, mint *Fraunhofer* "készüléke" volt; hiszen abban a Nap fénye közvetlenül jutott a prizmára, és úgy vizsgálták azt távcsövön keresztül.

⁴¹ forrás: <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/kepek/spektroszkop1.png>

⁴² forrás: <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/kepek/spektroszkop2.png>

Kirchhoff berendezésének leírása eredeti szöveggel: "A egy alulról trapéz alakú, belülről befeketített szekrény, amely három lábon nyugszik: ennek két ferde fala, amelyek egymással 58° -os szöget zárnak be, tartják a két kis távcsövet, B-t és C-t. Az előbbi szemlencséi bizonyos távolságra vannak egymástól, helyettük két sárgaréz lemezből kiképzett rés van az objektív gyújtópontjába helyezve. A rés előtt áll a D lámpa úgy, hogy lángjának fénye a B cső tengelyében legyen. Valamivel a tengely alatt fut egy finom platínadrót, amely az E tartóhoz van erődítve. Ez tartja azt a gyöngyöt, amelyre a megvizsgálandó, víztelenített klórvegyületet olvasztják rá. A B távcső objektívje és C között van egy 60° -os törőszögű üvegprizma, amely szén-dioxiddal van megtöltve. A prizma sárgarézlemezén nyugszik, mely függőleges tengely körül forgatható. Ezen a tengelyen alul van a G tükör, fölötte a H kar, amely a prizma és a tükör forgatására szolgál. A tükörrel szemben egy kis távcső van felszerelve, amelyen keresztül egy közelre elhelyezett vízszintes skála látható. A prizma forgatásával a láng egész színe elvezethető a C távcső fonálkeresztje előtt és a színek minden része fedésben tartható a fonállal. A színek minden helyének megfelel a skálának egy-egy leolvasása..."[1]

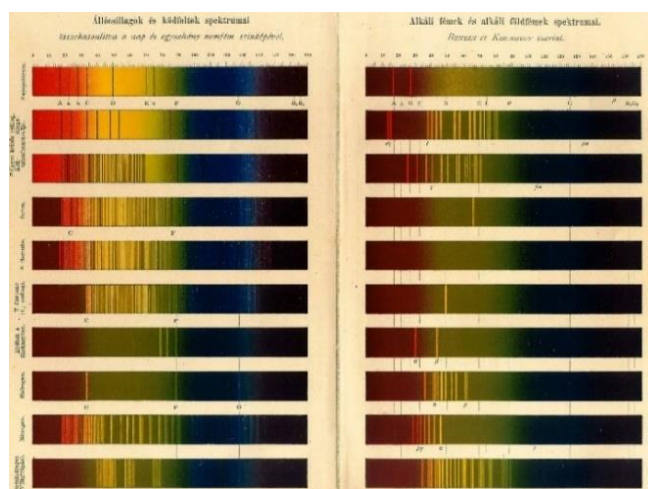
Az eredeti szöveg értelmezése:

A színek vizsgálata (a fenti leírással konzekvensen) a következők segítségével történik:

- o. A spektrum előállításához szükséges egy erős fényforrás. Ez lehet
 - a. folytonos színek esetében a Nap vagy ívlámpa (ma pontlámpa),
 - b. vonalas színek esetében gázláng, ami a vizsgálandó anyaggal, illetve annak valamely vegyületével van megfestve; vagy ívfény, mely a vizsgálandó anyag elektródjaiból áll.
1. Az így előállított fény ráesik egy résre. A rést tartalmazó cső neve kollimátor.
2. A kollimátor lencséje párhuzamosan bocsátja a prizma az eredetileg divergens (szétágazó) sugarakat.
3. Ma már 3.-ként szokott szerepelni a skalárcső. Ez a végtelenre állítva a távcső látóterére egy skálát vetít. Ez teszi lehetővé a hullámhosszmérést a színekben. Abban az esetben, ha ez megjelenik, már **spektrométerről** van szó. Modern eszközökben fényképező lemezt helyeznek el a távcső látóterébe, és a színek skálával együtt lefényképezik. Az így készített képet kinagyítva a fényképen pontos mérések végezhetők. Ezt a készüléket **spektrográfnak** nevezik. Ha nincs ilyen skála, és mérés nélkül csupán kvalitatív vizsgálatokat végzünk, **spektroszkópnak** hívjuk az eszközt.
4. A spektroszkóp következő alkotórésze a távcső. Ennek látóterében vizsgáljuk a prizma vagy más elhajlító berendezés (ld. lejjebb: "Alternatív módszer színek előállítására") által létrehozott sugarak színekét.

Összefoglalás: Így jutunk el tehát Arisztotelész gondolatvilágától Fraunhofer munkásságáig, majd a 19. század és 20. század kutatóinak vizsgálataihoz. S ezáltal eljutunk a **távolsági csillagok anyagi összetételének vizsgálatához és az anyag szerkezeti összetevőinek elemzéséhez** is. Mindennek alapját pedig a színek elemzés (spektroszkópia) jelenti.

Alább látható kép az állócsillagok, ködfoltok, alkáli fémek és alkáli földfémek spektrumairól (14. ábra).



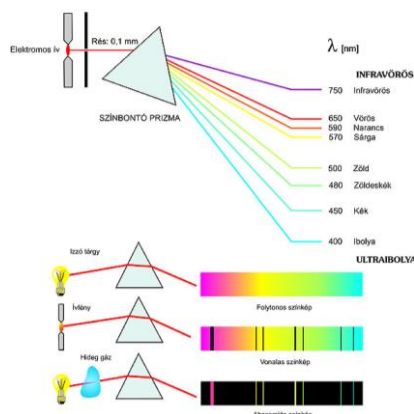
14. ábra: állócsillagok, ködfoltok, alkáli fémek és alkáli földfémek spektrumai (eredeti méretben)⁴³

⁴³ forrás: http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/kepek/spektral_dka.jpg

További történeti elemeket is tartalmazó olvasmány a spektroszkópiáról:

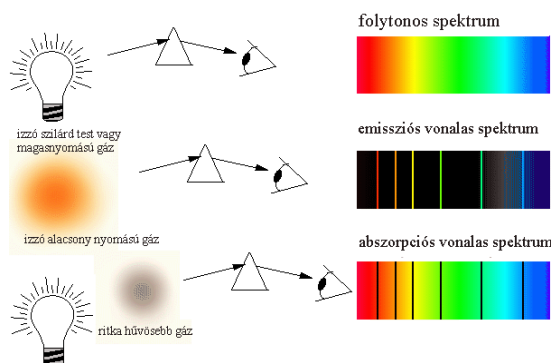
<http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/o93/pc009335.html>

A színbontás elve tömören ábrával:

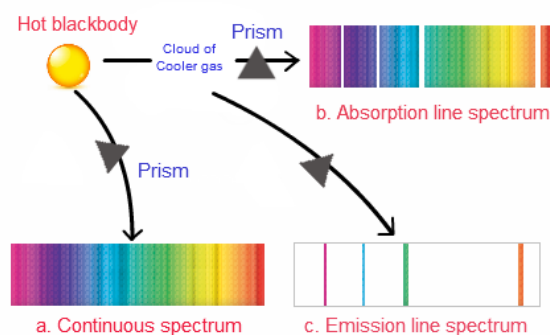


15. ábra: színbontás⁴⁴

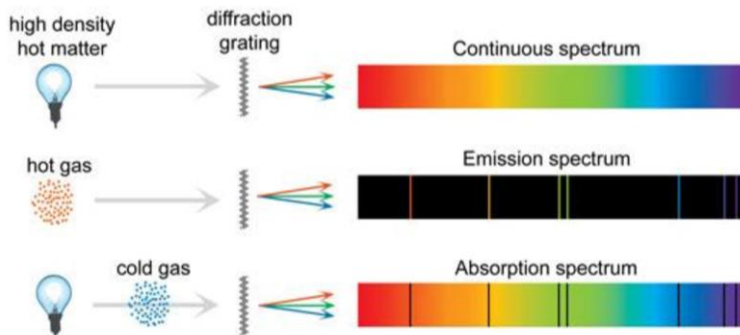
Lejebb ábrák láthatók az emissziós és abszorpciós spektrum kapcsolatáról (16.-18. ábra).



16. ábra: színekép⁴⁵



17. ábra: atomi spektrum⁴⁶



18. ábra: a spektrum 3 típusa⁴⁷

⁴⁴ forrás: <http://www.sasovits.hu/cnc/vegyes/szinkep.jpg>

⁴⁵ forrás: <http://astro.u-szeged.hu/spectra/szinkep.gif>

⁴⁶ forrás: <http://images.tutorvista.com/cms/images/46/atomic-spectrum.png>

⁴⁷ forrás: <http://img.docstoccdn.com/thumb/orig/144412314.png>

Alternatív módszer színek előállítására, az optikai rács:

- Nemcsak prizmával lehet színek előállítását, hanem elhajlással is. Erre alkalmas:
 - rés
 - rések sorozata = ún. *optikai rács*
- Az optikai rács lehet
 - 1 dimenziós
 - 2 dimenziós
- Az optikai rács készítése:
 - egy átlátszó (üveg) vagy visszaverő (fém) felületen sűrű bevágásokat karnak
 - ahol karnak van, ott a felület üveg esetben átlátszatlan, fém esetben nem veri vissza a fényt
 - a karnakok között a fény felület esetében áthalad, üveg felület esetében visszaverődik
- Didaktikai javaslat:
 - Tanulóinkkal szemléljük egy optikai rácsot, először megvilágítás nélkül
 - Tegyük fel a kérdést: “Mit várunk, mit fogunk látni? Miért?”
 - Majd nézzük meg az effektust, és jellemezzük közösen a látottakat.
- Az átmenő vagy visszaverődő, elhajlított sugarakat a vizsgálatok során ernyőn fogjuk fel, és a következők igazak az effektusra:
 - a fényugarak különböző útkülönbségekkel találkoznak
 - ennek következtében az ernyőn az interferenciacsíkokhoz hasonló csíkok lesznek láthatók, melyek
 - homogén fény esetén sötét és világos színűek,
 - fehér fény esetén színesek.
- A megjelenő csíkok távolságán és szélességén ugyanolyan hullámhossz-mérések végezhetők, mint a Fresnel-féle interferencia-csíkokon.
- Érdekesség: A 19. században *Jedlik Ányos* (1800-1895) is készítette a “legfinomabb”, világszerte is elismert optikai rácsokat. Ezt az általa feltalált osztógéppel tudta kivitelezni.

Források:

[1’]: Zemlpén Jolán – Szabadvary Ferenc – Kontra György: A kísérletezés úttörői a XIX. században.

Gondolat kiadó, Budapest 1963.

A fény hullámelmélete és az elektromágneses fényelmélet c. fejezet, 5. rész.

[2’]: Dieter B. Herrmann: Az égbolt felfedezői.

Gondolat Kiadó, Budapest, 1981.

4.2.1.-HEZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A MÉRÉS ELVI ALAPJAI ÉS ÉRDEKESSÉGEK

A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt a szöveget nem másolom be, a diákok elé került formában itt érhető el:

http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_150_Nagy_1.pdf [14]

4.2.2.-HÖZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A POZITRONEMISSZIÓS TOMOGRÁFIA (PET) ELVI ALAPJAI ÉS FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZÉPISKOLÁBAN – A KONKRÉT MÉRÉS ÉS A KIÉRTÉKELÉS

A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt a szöveget nem másolom be, a diákok elé került formában itt érhető el:

http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_151_Nagy_2.pdf [15]

4.2.3.-HOZ TARTOZÓ MELLÉKLET: RFA (RÖNTGENFLUORESZCENCIA-ANALÍZIS) ELVI ALAPJAI

A TDK-dolgozat terjedelmére vonatkozó korlátok miatt ezt a szöveget nem másolom be, a diákok elé került formában itt érhető el:

http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/7_4_172_Nagy_0.pdf [18]

4.2.4.-HEZ TARTOZÓ MELLÉKLET: A SPEKTROSKÓPIA (SZÍNKÉPELEMZÉS) EGY NAPJAINKBAN VALÓ ALKALMAZÁSA

1. *Hogyan történik Bohr elméleti feltevéseinek kísérleti alátámasztása a mai gyakorlatban?* [1*]

- Török-Barnabás-féle **spektroszkóppal** (ld.: *Mérési összeállítás*) **elemezzük a hidrogén és az alkáli atomok spektrumait**;
- **szemléljük a látott színeképek közti hasonlóságokat és különbségeket**;
- vizsgáljuk, hogy **mely hullámhossz-értékeknél látunk vonalakat** a vizsgált elemeknél;
- ezeket feljegyezzük (szín és a hozzá tartozó hullámhossz-érték);
- a hullámhossz-értékeket (hibával korrigált alakban) beírjuk Bohr elméletének matematikai reprezentációjába (matematikai alakjába):
 - A mért adatokat beírjuk az ún. Rydberg-formulába. Ez az atomfizika egyik összefüggése, mellyel **leírható a hidrogén színe: az összes hullámhossz, amelyen a hidrogén képes elektromágneses hullámot kibocsátani és elnyelni.**
Továbbiak erről:
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Rydberg-formula>
https://en.wikipedia.org/wiki/Rydberg_formula
 - (Kiszámíthatjuk az itt releváns fizikai állandókat is
 - a Rydberg-állandót,
 - a Planck-állandót
 - és a finomszerkezeti állandót;)
- **ha elegendően "jó" (az elméleti értékhez közeli) hullámhossz-értékeket mérünk, az azt jelenti, hogy Bohr elméletének feltevései közel vannak a valóságban tapasztalható jelenségekhez.**

2. *A mérés menete röviden*

A mérés alatt Hg, Cd, H, Na, és K elemek kibocsátási (emissziós) spektrumait analizáljuk (elemezzük).

A spektrállámpák fényét a látható tartományban *prizmával* felbontjuk. És táblázatba vezetjük az emissziós vonalak hullámhossz-értékeit:

1. Először a TB-2 spektroszkóppal (ld.: 2.5. *Mérési összeállítás*) **kalibráláshoz** (=beállítás, hitelesítés) **szükséges méréseket** végzünk. Ekkor Hg és Cd lámpákkal dolgozunk.
2. Ezt követően **hidrogén és alkáli fémek spektrumainak tanulmányozása** következik.
3. Végül a mért eredmények kiértékelésére kerül sor.

Meg kell jegyezni, hogy a mérés folyamán úgy érdemes keresni a spektrumvonalakat, hogy hipotézisünk van arról, hogy közelítőleg hol kellene vonalat észlelni. Ennek a logikusság mellett **filozófiai** okai vannak.

3. *Tudományfilozófiai kitekintés*

A hipotézisalkotásról: a kísérletezés értelmetlen, ha nincs elképzelésünk arról, mit várunk, mit szeretnénk alátámasztani a kísérletsorozat elvégzésével. Hipotézisünket annak tükrében állítjuk fel, hogy ismert elméleti megfontolásokra, intuíciókra, a korábbi ismert tényezőkre, és matematikai reprezentációra támaszkodunk.

4. Mérőeszközök

- Török-Barnabás-féle TB-2 spektroszkóp (ld.: 2.5. Mérési összeállítás)
- Kalibráláshoz szükséges spektrállámpák
 - Hg (higany)
 - Cd (kadmium)
- H (hidrogén) spektrállámpa
- Alkáli spektrállámpák
 - Na (nátrium)
 - K (kálium)

5. Mérési összeállítás [1*]

Egy TB-2 típusú spektroszkóp (21. ábra) teljesen ideális a mérések elvégzésére.

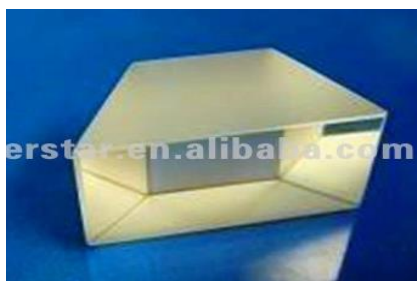


1. ábra: a mérésben használt TB-2 spektroszkóp /az ábra forrása [2*]/

Ez egy állandó eltérítésű színbontó rendszer.

A leglényegesebb tulajdonságai:

- Általa **igen jól kiküszöbölhető minden anyag, bele értve a prizmák törésmutatójának hullámhosszfüggését.**
- Az eszköz megfelelő működése úgy érhető el, hogy **Abbe-féle prizmat** (ld.: lejjebb a képen és a “A spektrum előállítása” c. rész, 4. lépésénél is) **használják** a TB-2 spektroszkópban (ld. később, 3. ábra).
 - Az Abbe-féle prizmáról (2.ábra):
A német fizikusról, Ernst Abbe német fizikusról kapta nevét, más néven loxodroma prizma. Ez egy speciális diszperziós prizma. Állandó fénynyaláb-eltérítő hatása van: konstans 60°-os elhajlást eredményez.



2. ábra: Abbe-prizma /forrás:[3*]/

Továbbiak az Abbe-prizmáról az interneten:	Ernst Abbe életrajzok az interneten:
https://de.wikipedia.org/wiki/Abbe-Prisma	https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Abbe
http://www.spektrum.de/lexikon/physik/abbe-prisma/9	http://www.britannica.com/biography/Ernst-Abbe
https://de.wikipedia.org/wiki/Abbe-Prisma	https://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Abbe https://hu.wikipedia.org/wiki/Ernst_Abbe



3. ábra: az eszköz belső szerkezete, ahol látható a prizma is /az ábra forrása [2*]/

6. A spektrum előállítása [1*]

1. lépés: Ahhoz, hogy a spektrumot analizálhassuk, először **létre kell hozni a spektrumot.**

A fényt a vizsgálatban **spektrállámpákkal** állítjuk elő. A lámpában az elemezni kívánt anyag van.

A spektrállámpák működése eltér a mindennapokban használt fényforrásokétól: azok valójában **speciális kisülési csövek.**

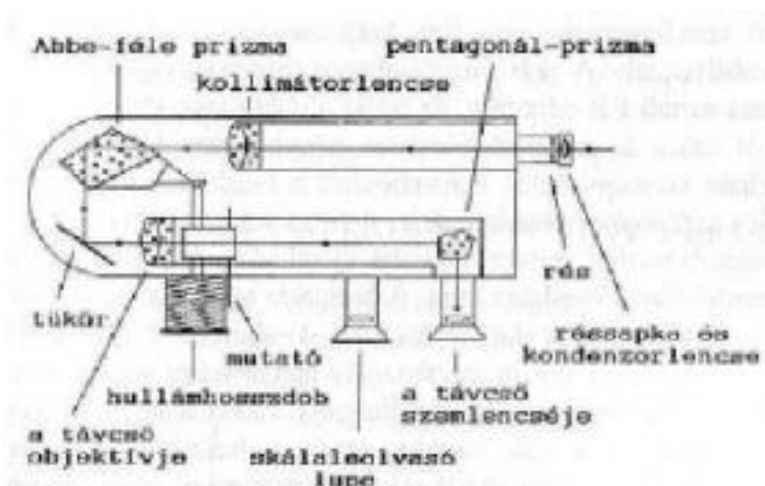
Tehát

1. amennyiben a lámpába helyezett **légnemű anyag atomjait elektromos térrel gerjesztik,**
2. **kisülések** jönnek létre,
3. melyek során a „töltő”-**anyagra jellemző hullámhosszban fényt bocsát/sugároz ki;** így zajlik a felvett energia leadása.
→ Tehát **kibocsátási spektrumot** fogunk vizsgálni!

Abban az esetben, *ha szobahőmérsékleten nem légnemű anyag* található a spektrállámpában, akkor azt légneművé kell tenni. Ez 2 úton lehetséges:

- az anyag *felmelegítése,*
- az anyag *elpárolgatatása segítő elektromos térrel, mely így légnemű lesz, azaz benne létre hozhatók kisülések.*

2. lépés: A spektrállámpa fényét a használt spektroszkóp részére kell fókuszálni. A fény onnan folytatja útját a Török-Barnabás-féle spektroszkópban (4. ábra).



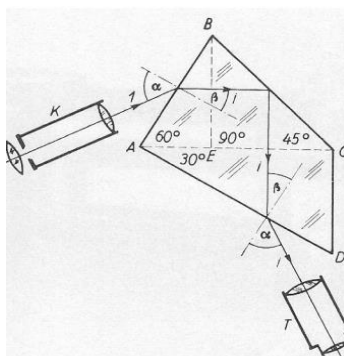
4. ábra: Török-Barnabás-féle spektroszkóp felépítése vázlatosan /az ábra forrása [4*]/

3. lépés: A fókuszált fény ezt követően egy **kollimátoron** halad át.

Ez olyan optikai eszköz, ami párhuzamos nyalábokat tud előállítani.

4. lépés: Így jut el a fény az **Abbe-féle prizma**hoz (5. ábra, ill. ld.: korábban).

Ez egy különleges, három darab háromszögből összeillesztett, négyszög alakú prizma. (Jellegzetes, és a mérésben fontos tulajdonsága, hogy **lehetővé teszi azt, hogy minden sugármenet a bázissal párhuzamos lehessen.**)



5. ábra: Abbe-prizma /az ábra forrása [2*]/

5. lépés: A prizmán való áthaladást követően → **színeire bomlott fény adódik.**

A különböző komponensek különböző mértékben térülnek el, tehát a prizma forgatásával el lehet érni azt, hogy kiválasztott hullámhosszú összetevő érkezzon csak az objektívbe.

Az előbbi jellegzetesség azért lehet érdekes, mert a fény hullámhossza mérhető egy skálázott szögmérővel (hullámhosszdob).

6. lépés: Amikor **végül a fény a távcső szemlencséjébe ér, erős vonalak lesznek láthatók.**

A vonalak élessége állítható a rés szélességének és a szemlencse nagyításának változtatásával.

7. A mérés elmélete

- 1. Hidrogén esetében** a látható **spektrumvonal színe (az energia) attól függ**, hogy melyik külső pályáról melyik belső pályára "ugrik" az elektron a hidrogénatomban.
- A vizsgálat tárgya **fényt sugároz ki** (1.7.-ben leírtak alapján), ami azt jelenti, hogy "**kibocsátja**" az **energiát**. Ezért nyilván **kibocsátási spektrumot** tudunk vizsgálni a spektrállámpával.

- Másrészt mivel energiát bocsát ki, nyilván energiája csökkenni fog. Ez abban nyilvánul meg, hogy a hidrogén elektronja valóban a **nagyobb energiájú, külső elektronpályáról** → **kisebb energiájú, belső elektronpályára** “ugrik”. (Fény-elnyeléskor pedig a kisebb energiájúról → nagyobbra “ugrik”).
- A kibocsátott energiára érvényes az **energiamegmaradás**. Ez alapján a következő teljesül: *Mikor az elektron k (külső) pályáról n (belső) pályára ugrik, a 2 energiaszint különbségével egyenlő energiájú (hullámhosszú) gamma-fotonokat sugároz ki.*
- A Bohr-modell ezen feltevésének matematikai alakja: a foton energiája (frekvenciája) meghatározható az alábbi összefüggéssel

$$E = E_2 - E_1 = h \cdot f$$

2. Az alkáli atomok sokban hasonlítanak a hidrogénhez, de van, amiben eltérnek tőle:

- Külső vegyérték-héjukon a hidrogénhez hasonló módon 1 db elektron tartózkodik, tehát **vegyértékelektron-szerkezetük megegyezik**. Ez egyező tulajdonságokat okoz.
- Alkáliak esetében viszont az **atomtörzset az atommag és a lezárt héjak együttesen alkotják**. Ennek következtében **nem minden jellemzőben fognak egyezni a hidrogénnel**.
- A **spektroszkópiai mérés során tapasztalt jelenségekben is mutatkozik hasonlóság és eltérés egyaránt**:
 - A hidrogénatom spektrumában megjelenthez **hasonló helyeken szemlélhetők a spektrumvonalak**.
 - Ellenben a hidrogénnél megfigyelt **éles különálló vonalak helyett itt 2 közeli vonalra hasadnak fel** ezek, azaz **vonaldublettek** szemlélhetők. (Emiatt viszont lehetőség adódik a finomszerkezeti állandó megadására is.)

Itt hosszan nem részletezett elméletek alapján összességében pedig az adódik, hogy **az alkáli atomok energiaszintjei nem térnek el számottevően a hidrogén atom esetében megjelenőktől**.

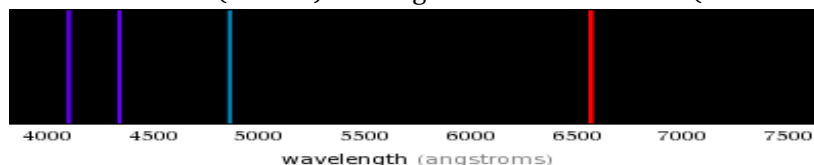
Rövid magyarázat: az alkáliatomok vegyérték-elektronjai egy módosított hidrogénatommag terének érzik a külső teret. Ez a tér = az atommag tere + a belső elektronok együttes elektrosztatikus tere.

Ezért tapasztalhatók a hidrogénhez nagyon hasonló jelenségek az alkáliak vizsgálata során.

8. A mérésben szereplő elemek színeképe

1. Hidrogén-deutérium spektruma H₂O-D₂O lámpával:

A spektrumvonalak ábrázolása (6. ábra) és a rögzített adatok táblázata (1. táblázat) alább látható.



6. ábra: hidrogén vonalai /ábra forrása:[5*]/

$\lambda_{\text{mért}} (\text{nm})$	$\lambda_{\text{korrigált}} (\text{nm})$	$\lambda_{\text{irodalmi}} (\text{nm})$	$\Delta \lambda (\text{nm})$
490	489,4	486,1	3,3
535	537,9	-	-
546	548,8	-	-
620	636	-	-
650	653,1	656,2	3,1

1.táblázat. A H adatai

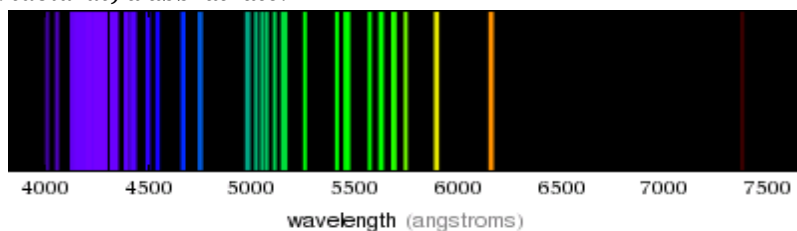
A mérés eredménye kissé eltér az elméleti értéktől. Ennek az az oka, hogy a spektrállámpában található deutérium ($\text{H}_2\text{O}+\text{D}_2\text{O}$ lámpa).

A deutérium esetében az atommag tömege közel kétszerese a hidrogén atommaghoz képest, hiszen a deutérium magja nemcsak egy protonból hanem egy protonból és egy neutronból áll (a két részecske tömege nagyjából azonos ($m_p c^2 = 938 \text{ MeV}$, $m_n c^2 = 939 \text{ MeV}$), innen a kétszeres magtömeg)

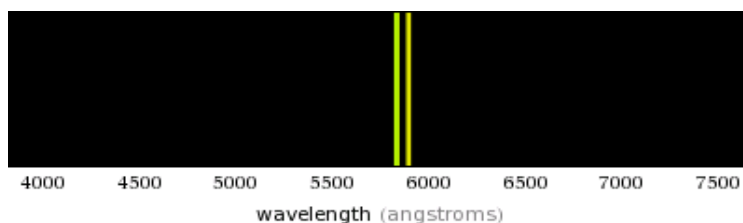
2. Alkáli fémek spektruma:

1. Na (nátrium)

A nátrium-spektrumvonalak az alábbi ábrán szemléltethetők (27. és 28. ábra), és a rögzített adatok táblázata (2. táblázat) alább látható.



7. ábra: a Na spektrumvonalai 1 /ábra forrása: [6*]/



8. ábra: a Na spektrumvonalai 2 /ábra forrása: [7*]/

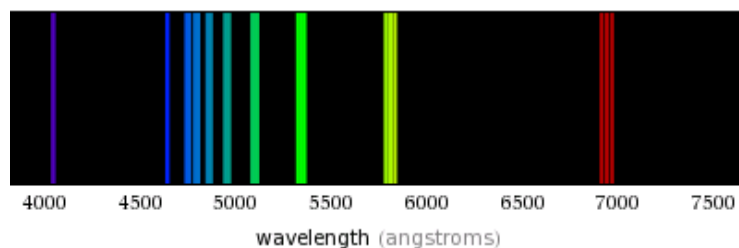
$\lambda_{\text{mért}} (\text{nm})$	$\lambda_{\text{korrigált}} (\text{nm})$	$\lambda_{\text{irodalmi}} (\text{nm})$	$\Delta \lambda (\text{nm})$	Átmenet
500	497,5	497,9	-2,5	$5d \rightarrow 2p_1$
504	501	498,3	-3	$5d \rightarrow 2p_2$
573	572,7	568,3	-0,3	$4d \rightarrow 2p_1$
574	573,7	568,8	-0,3	$4d \rightarrow 2p_2$
585	587,5	588,9	2,4	$2p_2 \rightarrow 1s$
584,5	588	589,6	3,5	$2p_1 \rightarrow 1s$

5. táblázat: Na esetében mért adatok

Az eltérés nagyságát a spektroszkóp mérési pontatlansága adja. Mivel a két vonal távolsága összemérhető a mérési pontossággal, ezért hibahatáron kívüli eltérések is lehetnek.

2. K (kálium)

A kálium-színkép (9. ábra), és a rögzített adatok táblázata (3. táblázat) alább látható.



29. ábra: a K spektrumvonalai /ábra forrása: [8*]/

$\lambda_{\text{mért}} (nm)$	$\lambda_{\text{korrigált}} (nm)$	$\lambda_{\text{irodalmi}} (nm)$	$\Delta \lambda (nm)$	Átmenet
401				
427				
502	498,1	496,5	-3,9	4d $\rightarrow$ 2p ₁
524	527,7	535,4	3,7	7s $\rightarrow$ 4p ₂
583	582,6	581,2	-0,4	5d $\rightarrow$ 4p ₂
624	627		2,7	

3. táblázat: K esetében mért adatok

9. A mérés elmélete röviden, a matematika nyelvén (*) [1*]

1. Hidrogén

A színeképvonalak kvalitatív jellemzésére Balmer adott először **matematikai formulát**:

$$\lambda = b \frac{k^2}{k^2 - n^2} \quad (1)$$

Itt

- b : a Balmer-állandót jelöli,
- n : a belső pálya főkvantumszáma
- k : a külső pálya főkvantumszáma.

Az egyenlet jelentése szövegesen:

Megadja hogy a látható spektrumvonal színe⁴⁸ (ami itt a λ hullámhosszal van jellemezve) hogyan függ attól, hogy melyik külső pályáról (k) melyik belső pályára (n) "ugrik" az elektron a hidrogénatomban.

A felírt formula **nagyvonalakban helyes** lehetett. Ugyanis ismert volt a Kvantummechanika kialakulása előtt is, hogy a hidrogénatom energiaszintjei csak a főkvantumszámtól függenek. Később ezt a Schrödinger-egyenlettel is alátámasztották.

A felírt összefüggés **pontosítása** már más kutatók munkásságához köthető. Rydberg a következő pontosítást konstruálta:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad (2)$$

Az itt újonnan megjelenő R_H paraméter a Rydberg-állandó.

Szövegesen: Mikor az elektron k pályáról n pályára ugrik, a 2 energiaszint különbségével ekvivalens energiájú (hullámhosszú) gamma-fotonokat sugároz ki.

Itt nem részletezendő kvantummechanikai elméletek felhasználásával (2) tovább alakítható:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = \frac{m_e e^2}{8 \epsilon_0^2 h^2 c} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) = R_\infty \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad (3)$$

ebben az eddig nem szereplő paraméterek:

- c : a fénysebesség,
- R_∞ : a végtelenül nagy tömegű test Rydberg-állandója.

⁴⁸ pontosabban **energiája**

R_∞ eltér R_H -től, de létezik kapcsolat a 2 közt:

$$R_H = R_\infty \left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right)^{-1} \quad (4)$$

Az eddigiekből az következik, hogy **meg tudjuk adni a Rydberg-állandót** a megfelelő paraméterek ismeretében. Ezek közül mind adott és/vagy mérhető.

Itt nem fejtjük ki jobban, de ismert, hogy megfelelő pontossággal (egzaktsággal) leírható a hidrogén atom spektruma. Ez a *fél-klasszikus Bohr-Sommerfeld-féle atommodellel* lehetséges.

A hidrogén atom energiaszintjeire teljesül, hogy az alábbi értékeket vehetik fel:

$$E_j = -\frac{m_e e^2}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{j^2} \quad (5)$$

$$T_n = -\frac{E_n}{hc} \quad (6)$$

T_n a term-energiát jelenti.

(A "term" angol szó jelentése "kifejezés". Tehát itt egy T_n energia-kifejezés szerepel. Ezt azért találták ki, mert T_n -el könnyebb számolásokat végezni, mint E_n -el.)

Ebben az egyenletben (=mennyiségek közti függvény-kapcsolatban) láthatóan szerepel a **Planck-állandó**. Tehát a kapcsolatot leíró matematikai egyenlet átrendezve **kvantitatív érték adódik h -ra**, az elektron és a közeg tulajdonságainak ismeretében.

2. Alkáli atomok

Az alkáli atomok sokban hasonlítanak a hidrogénhez, de van, amiben eltérnek tőle:

- Külső vegyérték-héjukon a hidrogénhez hasonló módon 1 db elektron tartózkodik, tehát **vegyértékelektron-szerkezetük megegyezik**. Ez egyező tulajdonságokat okoz.
- Alkáliak esetében viszont az **atomtörzset** az atommag és a lezárt héjak együttesen alkotják. Ennek következtében nem minden jellemzőben fognak egyezni a hidrogénnel.

A spektroszkópiai mérés során tapasztalt jelenségekben is mutatkozik hasonlóság és eltérés egyaránt:

- A hidrogénatom spektrumában megjelenő hasonló helyeken szemlélhetők a spektrumvonalak.
- Ellenben a hidrogénnél megfigyelt éles különálló vonalak helyett itt 2 közeli vonalra hasadnak fel ezek, azaz vonal-dublettek szemlélhetők. Emiatt viszont lehetőség adódik a finomszerkezeti állandó megadására is.

Ténylegesen egzaktul azonban csupán a Kvantummechanika tudja leírni az atomok szerkezetét.

Amennyiben a **Dirac-elmélet** szerint *figyelembe vesszük a relativisztikus effektusokat és a spin-pálya kölcsönhatást*, az adódik, hogy **az alkáli atomok energiaszintjei nem térnek el számottevően a hidrogén atom esetében megjelenőktől:**

$$T_{n,j} = -R_M \frac{Z^{*2}}{n^2} \left[1 + \frac{\alpha^2 Z^{*2}}{n} \cdot \left(\frac{1}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right) \right] \quad (7)$$

$$\Delta \tilde{\nu}_{n,j_1,j_2} = R \frac{\alpha^2 Z^{*4}}{n^3} \left[\frac{1}{j_2 + \frac{1}{2}} - \frac{1}{j_1 + \frac{1}{2}} \right] \quad (8)$$

az utóbbi összefüggésekben

- R_M : (4) alapján megadható érték, kiszámításánál az összefüggésben m_p -t az M mag tömeggel cseréljük fel,
- $\alpha = \frac{e^2}{2\epsilon h c} \approx \frac{1}{137}$: finomszerkezeti állandó,
- n : a dublett főkvantumszáma,
- j_1, j_2 : felhasadt termekhez tartozó ún. belső kvantumszámok,
- Z^* : effektív magtöltés, mely arra utal, hogy a vegyértékelektron olyan mag terében mozog, aminek töltése $Z^* > (Z-1)$ elektron által leárnyékolta mag töltése (a mag elektrosztatikus terét részben leárnyékolják a belső pályákon lévő elektronok).

Megjegyzendő, hogy a fentiekkel is megfogalmazható az, ami az alkáliak és a hidrogén vegyértékelektron-szerkezetének egyezésénél szerepelt:

*Az alkáli atomok kívül elhelyezkedő elektronjai egy **közelítőleg Z^* töltésű hidrogénatommag terének érzik a teret.** Ez a tér = az atommag tere + a belső elektronok együttes elektrosztatikus tere.*

Ezért tapasztalhatók a hidrogénhez nagyon hasonló jelenségek az alkáliak vizsgálata során.

Források:

- [1*] Kovács György: 5. Hidrogén és alkáli fémek spektruma
In *Modern fizika laboratórium egyetemi tananyag*, 5. mérés
<http://wigner.elte.hu/koltai/labor/parts/modern5.pdf>
- [2*] Modern fizika laboratórium honlapján található fényképek a mérésekről
<http://wigner.elte.hu/koltai/labor/2014tav/laborfenykep.php>
- [3*] Abbe-féle prizma képe
http://io1.i.aliimg.com/img/pb/220/906/483/483906220_764.jpg
- [4*] Korábbi Modern fizika laboratórium egyetemi tananyag, 8. mérés
<http://wigner.elte.hu/koltai/labor/parts/8jegyzet.pdf>
- [5*] Wolfram Alpha – Hidrogen Spectral Lines;
<http://www.wolframalpha.com/input/?i=hidrogen+spectral+lines>
- [6*] Wolfram Alpha – Natrium spectral lines:
<http://www.wolframalpha.com/input/?i=sodium+spectral+lines>
- [7*] Wolfram Alpha – Natrium D lines:
<http://www.wolframalpha.com/input/?i=sodium+D+lines>
- [8*] Wolfram Alpha – Kalium spectral lines:
<http://www.wolframalpha.com/input/?i=kalium+spektral+lines>

4.3.1.-HEZ TARTOZÓ MELLÉKLET: KÉMIAI REAKCIÓ SEBESSÉGÉNEK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE [16]

Mérési leírás:

Kémiai reakció sebessége hőmérsékletfüggésének tanulmányozása

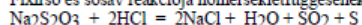
Eszközök és anyagok:

7 db kémcsőpár 5-5 cm³ oldattal, kémcsőtartó, jég és meleg víz a vízfürdőhöz, hőmérő, nagyobb méretű főzőpoharak, időmérő eszköz (ez lehet a mobiltelefon)
A méréshez 0,1 mólos HCl oldatra és 0,1 mólos fixirsóra van szükség.
A fixirsóoldat készítése: A fixirsó 1 mólja 5 mól kristályvízzel együtt kristályosodik. Móltokegye így $158 + 90 = 248$ g. Ennek tizedét 24,8 g-ot oldjunk fel 1 liter vízben.

A legtöbb folyamat, kémiai reakció, különböző sebességgel megy végbe hideg és meleg környezetben. Az élőlényekben végbemenő biokémiai folyamatok például jellegzetesen ilyenek. A mérés során egy olyan folyamatot fogtok vizsgálni, melynél ez a hőmérséklettől való függés szépen látszik.

Feladat

Fixirsó és sósav reakciója hőmérsékletfüggésének vizsgálata.



A reakció során vízben oldhatatlan, kolloid állapotú kén keletkezik, aminek megjelenése lehetőséget jelent a reakció végbemeneteléhez szükséges idő mérésére.

A csoport vezessen jegyzőkönyvet a munka során, amely tartalmazza:

- a kísérlet megtervezését és az előzetes elképzeléseket, hipotéziseket,
- konkrét függvénykapcsolat hipotézisként való megfogalmazása,
- a kísérlet során felmerülő problémákat, azok megoldásait,
- a kísérlet során tett megfigyeléseket, eredményeket, mérési adatokat,
- a mérési adatok felhasználásával készült Excel grafikonokat, és az azokhoz tartozó függvényillesztéseket, melyek jóságáról az R^2 ad felvilágosítást,
- az előzetes hipotézissel való összevetést,
- a következtetéseket.

Segítő kérdések:²

- Mit gondoltok, hogyan változik a reakció sebessége, ha növeljük a hőmérsékletet?
- Mi a hipotézisek a mérendő mennyiségek közti matematikai kapcsolat formuláját illetően? Mire számítottok, milyen függvénykapcsolat lehet a hőmérséklet és a reakciósebesség között? Milyen matematikai kifejezés reprezentálja a kapcsolatot?³
- Hogyan fogjátok biztosítani a reakció idejére az állandó hőmérsékletet? (Mit mibe tesztek bele, vagy mivel és hogyan kötik össze a rendszert?)
- Hogyan fogjátok biztosítani
 - a hideg,
 - és a meleg környezetet?
- Mennyi ideig tartjátok a reagálандó anyagokat tartalmazó kémcsöveket a vízfürdőben mielőtt összeöntitek?
- Milyen egyszerűsítési lehetőségeket szeretnétek alkalmazni a vizsgálat során?⁴
- Milyen mennyiségeket fogtok mérni?⁵
- Hol méritek a hőmérsékletet?
- Mivel méritek a reakcióidőt?
- A reakció mely fázisáig méritek az időt
 - amikor elkezd opálósodni az oldat,
 - amikor már sárgás színű?
- Hány mérési pontot szeretnétek felvenni? Hány különböző hőmérsékleten nézitek meg a reakciót?
- Hogyan fogjátok az adatokat felvenni, rögzíteni, ábrázolni, esetleg átalakítani (milyen adatformálást csináltok)?
- Milyen adatot lehet még meghatározni a mérési adatok felhasználásával?⁶
- Olyan-e a kapott összefüggés, amelyre számítottatok? Teljesül-e a hipotéziseitek?
- Mik lehetnek a mérés hibái?
- Keressetek példákat olyan folyamatokra, melyeket kifejezetten
 - lassítani szeretnétek, ezért hűtést alkalmazunk,
 - gyorsítani szeretnétek, ezért melegítjük!⁷

1 A kolloidok olyan oldatok, amelyekben igen apró – 1-500 nanométer – részecskék vannak eloszlva.

2 Ha az ezekre való válaszokat kijelentő mondatban fogalmazzatok meg, a jegyzőkönyv megkövetelt elemei (amik az előbbi felsorolásban szerepelnek) benne is lesznek munkátokban. Tehát az itt feltett kérdések legyenek írásbeli irányító komponensei.

3 Pl. egyenes = lineáris kapcsolat, parabola = négyzetes függés, hiperbola = fordított arányosság, stb.

4 Egyszerűsítés például, ha minden esetben azonos térfogatú oldatokat öntötök össze.

5 Például hőmérséklet, stb.

6 Korábbi kémiai tanulmányaitok alapján tudjátok megválaszolni ezt a kérdést. Gondoljatok egy energia típusú mennyiségre.

7 Ennél is korábbi kémiai tanulmányaitokból meríthettek, továbbá a fizika órákon is hallhattok ilyenről, illetve a mindennapokban megjelenő gyakorlati példák is jók ide.

Jegyzőkönyv-munkafüzet:

1. Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése

*Bugát Pál Országos Középiskolai
Természetismereti Műveltségi Vetélkedő*
Laboratóriumi feladat

A mérést végezték:
Csapat száma:
Csapattagok nevei:

A mérés dátuma: 20

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	3
1.1. Mérés célja.....	3
1.2. Mérőeszközök	3
1.3. A mérés menete	3
1.4. Hipotézis	4
1.5. A mérés elmélete röviden	4
2. MÉRT ADATOK ÉS KIÉRTÉKELÉS	5
2.1. Kapott adatok értelmezése, adatformálás	5
2.2. Görbeillesztés	5
4. KONKLÚZIÓ	7
5. IRODALOMJEGYZÉK:.....	8

1. BEVEZETÉS

1.1. Mérés célja

A mérés célja:.....
..... Hipotézisalkotás a várható
hőmérsékletfüggésre. A hipotézis és a tényleges mérési eredmények összevetése.

1.2. Méréseszközök

- 7 x 2 = 14 db kémcső
- kémcsőállvány
- mérőhenger
- cseppentő
- 7x 3cm³ reagens sósavoldat (HCl vizes oldata)
- 7x 5cm³ 0,1 M-os fixirsóoldat (Na₂S₂O₃ vizes oldata)
- desztillált víz
- digitális hőmérő
- Bunsen-égő
- kémcsőfogó
- főzőpohár
- jég

1.3. A mérés menete

A következő kísérletet végezzük el:
.....
.....
.....

Reakcióegyenlet: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2 \text{HCl} = 2$

A kísérletben csapadék képződik: kénkiválást tapasztalunk, azaz oldatunk megsárgul (1. ábra).



1. ábra: kénkiválást a mérés során

Azt az időkülönbséget kell feljegyeznünk, ami az oldatok összeöntése és az opalosodás között telt el.

Megismétljük a kísérletet melegebb hőmérsékletű vízfürdőben ($T_2 = \dots$), ekkor is leírjuk a

Elindítjuk a reakciót további is
(.....),
.....
.....

1.4. Hipotézis

A kísérletben azt várjuk, hogy.....
.....
.....

1.5. A mérés elmélete röviden

Ismert, hogy a kémiai reakciókhoz nem elég találkozniuk a molekuláknak, az is kell, hogy elég nagy energiával ütközzenek. Azaz szükséges aktiválási energia elérése a kémiai reakciók végbe menetéhez. Így lesz megbolygatva a molekulaszervezet. Tehát egy meghatározott értéket elérő elegendően nagy energiával kell bekövetkeznie a molekulák ütközésének.

2. MÉRT ADATOK ÉS KIÉRTÉKELÉS

2.1. Kapott adatok értelmezése, adatformálás

Megfigyelés:

A mért adatainkat táblázatba vezetjük (1. táblázat), ahol szerepelnek a reakcióidők, valamint a hőmérsékletek:

A vízfürdő hőmérséklete (°C)	A kénkválás megkezdődéséhez szükséges idő (s)

A következő adatformálást hajtottuk végre:

A vízfürdő hőmérséklete (°C)	

2.2. Görbeillesztés

Az hőmérséklet-reakcióidő (x-y) adatpárokat ábrázoljuk Descartes-koordinátarendszerben (1. grafikon).

Az adatformálás után kapott pontok ábrázolása:

Arról, hogy a függvények közül melyik illeszkedik a legjobban a mérési adatokra, az R^2 értéke ad felvilágosítást.
Különböző illesztésekkel próbálkoztunk:

4. KONKLÚZIÓ

Méréseink alapján előzetes hipotézisünk.....

Csak 1 vizuálisan detektálható ponthoz tartozó időt tudjuk mérni, melynek a következő hibái vannak:

- az opálosodáskor nem ismerjük a valódi tioszulfát-koncentrációt,
- a kén a különböző hőmérsékleteken másképp oldódik, így a detektálásban adódik hiba,
- az opálosodás nem jól definiált időpont.

Továbbá meg kell jegyezni:

- az oldatok és a környezet termikus egyensúlya sincs biztosítva,
- az időmérésnek is van pontatlansága,
- az oldatok keveredése inkoherens.

Ezekkel a hibákkal viszont nincs probléma, hiszen a demonstrációs kísérletnek nem kell kinetikai vizsgálat szempontjából korrektnek lennie.

5. IRODALOMJEGYZÉK:

A letöltés dátuma 2014. augusztus 2.

- [1] Radnóti Katalin (1982): A Boltzmann-eloszlás alkalmazása kémiai példákra. *Fizikai Szemle*. 1982/5. 178-182.o.
- [2] Tóth Eszter (1982): *Fizika IV*. Tankönyvkiadó. Budapest.
- [3] Radnóti Katalin - Tóth Eszter (1986): *Tanári kézikönyv*. Gimnázium, Fizika IV. osztály. Tankönyvkiadó. Budapest.
- [4] Nagy Mária, Radnóti Katalin (2013): Problémamegoldás a Boltzmann-eloszlás témakörében. *Fizikai Szemle*. LXIII. évfolyam. 7-8. szám. 257-261. oldalak
<http://www.old.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz130708/nagy130708.html>
- [5] Radnóti Katalin – Nagy Mária (2013): A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei

I. rész. *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013/2. október 3-15. oldalak
II. rész. *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013/3. december 3-11. oldalak
III. rész *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2014/1. március 3-16. oldalak
<http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPfolvoirat.php?op=fizika>

4.3.2.-HÖZ TARTOZÓ MELLÉKLET: ALKOHOL – VÍZ ELEGY VIZSGÁLATA AZ ÖSSZETÉTEL FÜGGVÉNYÉBEN

Alkohol – víz elegy vizsgálata az összetétel függvényében

Eszközök és anyagok:

12 db kémcső, kémcsőtartó, 1-1 dl tiszta alkohol és desztillált víz, pipetta, vagy büretta, 2 kisebb főzőpohár

Sok folyadék halmazállapotú orvosság esetében található olyan utasítás, hogy abból egyszerre 20, vagy 30 stb. cseppet kell egy alkalommal bevenni. De mekkora lehet egyetlen csepp térfogata?

Feladat

Különböző összetételű alkohol-víz elegyek csepegtetése során a keletkező cseppek nagyságnak vizsgálata az elegy összetételének függvényében.

A csoport vezessen jegyzőkönyvet a munka során, amely tartalmazza:

- a kísérlet megtervezését és az előzetes elképzeléseket, hipotéziseket,
- konkrét függvénykapcsolat hipotézisként való megfogalmazása,
- a kísérlet során felmerülő problémákat, azok megoldásait,
- a kísérlet során tett megfigyeléseket, eredményeket, mérési adatokat,
- a mérési adatok felhasználásával készült Excel grafikonokat, és az azokhoz tartozó függvényillesztéseket, melyek jóságáról az R^2 ad felvilágosítást,
- az előzetes hipotézissel való összevetést,
- a következtetéseket.

Segítő kérdések:¹

- Milyen alakú egy folyadékcsepp? Mit gondoltok, miért olyan az alakja?
- A Világűrben is olyan alakja van egy folyadékcseppnek, mint a Földön?
- Miért szakad le a folyadékcsepp?
- A Világűrben is leszakadna a folyadékcsepp a szemcseppentő végéről?
- Mit gondoltok, függ-e folyadékcsepp nagysága annak anyagi minőségétől?
- Hány csepp térfogatát célszerű egyszerre megmérni?
- Mik lehetnek a mérés hibái?
- Ugyanolyan értéket kaptok-e a különböző folyadékcseppek térfogatára? Mit vártok? Miért?
- Milyen módon célszerű az adatokat felvenni, majd megjeleníteni, hogy abból következtetni lehessen az oldat töménységére? (Mi legyen az x és y tengelyen, stb.?)
- Terveztétek meg az adatok lejegyzésének módját, és hogy azokból hogyan tudtok az oldat töménységére következtetni!
- Milyen jellegű függést vártok a cseppméret és koncentráció között, a különböző összetételű folyadékok esetében a koncentráció változásával?
- Lehet-e a módszert alkalmazni koncentráció meghatározására?
- Hogyan fogjátok ábrázolni a kapott eredményeket? Szükséges adatformálás?
- Olyan-e a kapott összefüggés, amilyenre számítottatok?
- A koncentrációfüggés vizsgálatához érdemes előre meghatározott töménységű oldatokat készíteni.

alkohol (cm ³)	víz (cm ³)	cseppek száma (1 cm ³ -ben)
10	0	
9	1	
8	2	
7	3	
6	4	
5	5	
4	6	
3	7	
2	8	
1	9	
0	10	

¹ Ha az ezekre való válaszokat kijelentő mondatban fogalmaztátok meg, a jegyzőkönyv megkövetelt elemei (amik az előbbi felsorolásban szerepelnek) benne is lesznek munkátokban. Tehát az itt feltett kérdések legyenek írásotok irányító komponensei.

5. FEJEZETHEZ TARTOZÓ MELLÉKLETEK

5.3.1.-HEZ TARTOZÓ MELLÉKLET: KÉMIAI REAKCIÓ SEBESSÉGÉNEK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSE

Az általam készített javítókulcs-jegyzőkönyv:

1. Kémiai reakció sebességének hőmérsékletfüggése

*Bugát Pál Országos Középiskolai
Természetismereti Műveltségi Vetélkedő*
Laboratóriumi feladat

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	3
1.1. Mérés célja.....	3
1.2. Mérőeszközök	3
1.3. A mérés menete	3
1.4. Hipotézis	4
1.5. A mérés elmélete röviden	4
2. MÉRT ADATOK ÉS KIÉRTÉKELÉS	5
2.1. Kapott adatok értelmezése, adatformálás	5
2.2. Görbeillesztés	5
4. KONKLÚZIÓ	7
5. IRODALOMJEGYZÉK:.....	8

1. BEVEZETÉS

1.1. Mérés célja

A mérés célja az, hogy vizsgáljuk, a reakciósebesség értékének függését a termodinamikai hőmérséklet nagyságától, illetve alátámasszuk az Arrhenius-összefüggés szerinti exponenciálisnak hipotetizált kapcsolatot. (Utóbbihoz kiszámíthatjuk a kémiai reakció aktiválási energiáját is – mely a laborban nem feladata a gyerekeknek).
Végül összevetjük a hipotézist és a tényleges mérési eredményeket.

1.2. Mérőeszközök

- 7 x 2 = 14 db kémcső
- kémcsőállvány
- mérőhenger
- cseppentő
- 7x 3cm³ reagens sósavoldat (HCl vizes oldata)
- 7x 5cm³ 0,1 M-os fixirsóoldat (Na₂S₂O₃ vizes oldata)
- desztillált víz
- digitális hőmérő
- Bunsen-égő
- kémcsőfogó
- főzőpohár
- jég

1.3. A mérés menete

A következő kísérletet végezzük el: szobahőmérsékletű vízfürdőben ($T_1=285,45\text{ K}$) összeöntjük fixirsó vizes oldatát (nátrium-tioszulfát vizes oldata) sósavoldattal (hidrogén-klorid vizes oldata), és leírjuk a reakció idejét.

Reakcióegyenlet: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{S}$

A kísérletben csapadék képződik: kénkiválást tapasztalunk, azaz oldatunk megsárgul (1. ábra).



1. ábra: kénkiválást a mérés során

Azt az időkülönbséget kell feljegyeznünk, ami az oldatok összeöntése és az opálosodás között telt el.

Megismételjük a kísérletet melegebb hőmérsékletű vízfürdőben ($T_2=330,35\text{ K}$), ekkor is leírjuk a reakció idejét.

Elindítjuk a reakciót további különböző hőmérsékleteken is (jeges-, illetve melegített vízfürdőben elérhetünk tetszőleges hőmérsékleteket), szintén lejegyezzük a megfelelő hőmérsékletre tartozó reakcióidőt. Referenciamérésként valamelyik hőmérséklet(ek)en többször mérünk.

1.4. Hipotézis

A kísérletben azt várjuk, hogy a hőmérséklet emelkedésével a reakciósebesség is nőni fog. A két mennyiség között viszont *nem lineáris* kapcsolat van. A hőmérséklet függvényében a reakciósebesség nagyon erőteljesen megnő.

1.5. A mérés elmélete röviden

Ismert, hogy a kémiai reakciókhoz nem elég találkozniuk a molekuláknak, az is kell, hogy elég nagy energiával ütközzenek. Azaz szükséges *aktiválási energia* elérése a kémiai reakciók végbe menetéhez. Így lesz megbolygatva a molekulaszervezet. Tehát egy meghatározott értéket elérő elegendően nagy energiával kell bekövetkeznie a molekulák ütközésének.

2. MÉRT ADATOK ÉS KIÉRTÉKELÉS

2.1. Kapott adatok értelmezése, adatformálás

Megfigyelés: A melegebb vízben sokkal hamarabb besárgul oldatunk.

A mért adatainkat táblázatba vezetjük (1. táblázat), ahol szerepelnek a reakcióidők, valamint a hőmérsékletek:

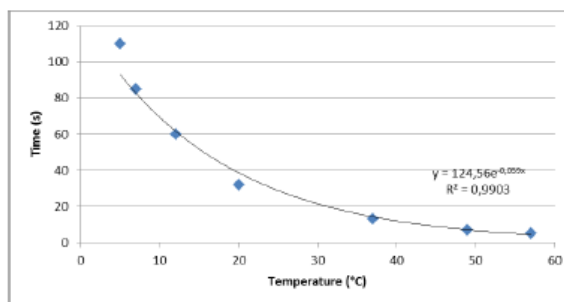
A vízfürdő hőmérséklete (°C)	A kénkiválás megkezdéséhez szükséges idő (s)
5,5	110
7,2	85
12,3	60
19,7	32
36,8	13
48,9	7
57,2	5

A következő adatformálást hajtottuk végre: a reakcióidők reciprokait származtattuk

A vízfürdő hőmérséklete (°C)	A kénkiválás megkezdéséhez szükséges idő reciproka (1/s)
5,5	0,009091
7,2	0,011765
12,3	0,016667
19,7	0,03125
36,8	0,076923
48,9	0,142857
57,2	0,2

2.2. Görbeillesztés

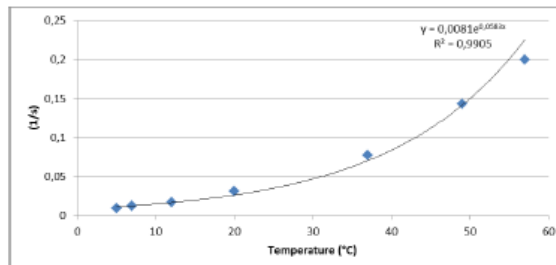
Az hőmérséklet-reakcióidő (x-y) adatpárokat ábrázoljuk Descartes-koordináta-rendszerben (1. grafikon).



1. grafikon: reakcióidő a hőmérséklet függvényében

A koncentrációváltozások azonosak, ha azonos térfogatú oldatokat öntünk össze, ezért a reakciósebesség arányos lesz a reakcióidő reciprokaival (2. grafikon).

Az adatformálás után kapott pontok ábrázolása:



2. grafikon: reakciósebesség változása a hőmérséklet függvényében

Szépen látszik ebből a grafikonokból is, hogy a függés nem lineáris. Arról, hogy a függvények közül melyik illeszkedik a legjobban a mérési adatokra, az R^2 értéke ad felvilágosítást. Exponenciális illesztésekkel próbálkoztunk. A pontokra valóban ebben az esetben is exponenciális függvény illeszthető, mely az R^2 értékeiből is látszik. Más függvények illesztésekor R^2 értéke rosszabb lenne.

4. KONKLÚZIÓ

A grafikonok alátámasztják, hogy a reakciósebességi együttható értéke a termodinamikai hőmérséklet szerint exponenciális függést mutat. Tehát *nem lineáris* kapcsolatról beszélünk.

Ezzel a megállapítással és az aktiválási energia értékének megadásával alátámasztottuk az Arrhenius-egyenletet is.

Ha elvégeznénk az egzakt kémiai számításokat, azaz a koncentrációval és egyéb kémiai mennyiségekkel számolunk, akkor az adódik, hogy jól számoltunk a mélyebb elméleti ismeretek kikészítésével is.

Csak 1 vizuálisan detektálható ponthoz tartozó időt tudjuk mérni, melynek a következő hibái vannak:

- az opálosodáskor nem ismerjük a valódi tioszulfát-koncentrációt,
- a kén a különböző hőmérsékleteken másképp oldódik, így a detektálásban adódik hiba,
- az opálosodás nem jól definiált időpont.

Továbbá meg kell jegyezni:

- az oldatok és a környezet termikus egyensúlya sincs biztosítva,
- az időmérésnek is van pontatlansága,
- az oldatok keveredése inkoherens.

Ezekkel a hibákkal viszont nincs probléma, hiszen a demonstrációs kísérletnek nem kell kinetikai vizsgálat szempontjából korrektnek lennie.

5. IRODALOMJEGYZÉK:

A letöltés dátuma 2014. augusztus 2.

- [1] Radnóti Katalin (1982): A Boltzmann-eloszlás alkalmazása kémiai példákra. *Fizikai Szemle*. 1982/5. 178-182.o.
- [2] Tóth Eszter (1982): *Fizika IV*. Tankönyvkiadó. Budapest.
- [3] Radnóti Katalin - Tóth Eszter (1986): *Tanári kézikönyv*. Gimnázium, Fizika IV. osztály. Tankönyvkiadó. Budapest.
- [4] Nagy Mária, Radnóti Katalin (2013): *Problémamegoldás a Boltzmann-eloszlás témakörében*.

Fizikai Szemle. LXIII. évfolyam. 7-8. szám. 257-261. oldalak
<http://wwwold.kfki.hu/fizseml/archivum/fiz130708/nagy130708.html>

- [5] Radnóti Katalin – Nagy Mária (2013): A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei
I. rész. *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013/2. október 3-15. oldalak
II. rész. *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013/3. december 3-11. oldalak
III. rész *A Fizika Tanítása*. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2014/1. március 3-16. oldalak
<http://www.mozaik.info.hu/Homepage/Mozaportal/MPfolyoirat.php?op=fizika>

11. FÜGGELÉK

Publikációs jegyzék – Nagy Mária:

Utolsó letöltések dátuma: 2017.01.09.

21. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2015): A kutatásalapú tanulás, tanítás, és tanárképzés gyakorlata
In: Diszciplínák tanítása – a tanítás diszciplínái I., *Tanulmányok a tudós tanárképzés műhelyeiből*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015., Szerk.: Károly Krisztina és Perjés István
(http://www.eltereader.hu/media/2016/01/Tanulmányok_READER.pdf)
20. Király Márton – Nagy Mária – Radnóti Katalin: A Bugát Pál Országos Középiskolai Természetismereti Vetélkedő 31 éve
TIT Természettudományi Stúdió
http://www.tit.hu/studio/Bugat_beszamolo_2014_2.pdf
19. Nagy Mária – Radnóti Katalin (2014): Híd a közoktatás és a felsőoktatás között
Iskolakultúra 2015/1. 51-76. oldalak
(<http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2015/01/04.pdf>)
18. Nagy Mária (2014): A röntgenfluoreszcencia-analízis elvi alapjai
Nukleon, 2014/4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/7_4_172_Nagy_o.pdf)
17. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): A matematika és a fizika kapcsolata
Iskolakultúra 2014/9. 101-118. oldalak
(http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2014/2014_10.pdf)
16. Nagy Mária (2014): A matematika és a biológia tantárgyak kapcsolata a középiskolában
Iskolakultúra 2014/9. 89-101. oldalak
(http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2014/2014_10.pdf)
15. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): A nukleáris energiatermelés új lehetőségei
In: *A játéktól a kutatásig, Matematikai és természettudományos tanár – diák tehetséggondozó program kiadványa*
(Szerkesztette: Pálfalvi Józsefné), A Nemzeti Tehetség Program NTP-MTI-13-0138 pályázatából készült,
Budapest: Varga Tamás Tanítványainak Emlékalapítványa 2014., 77 – 86. old.
(http://www.vtamk.hu/ma_files/konyv-egybe.pdf;; http://www.vtamk.hu/ma_files/J-K--Borito.pdf)
14. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): Nemlineáris jelenségek
In: *A játéktól a kutatásig, Matematikai és természettudományos tanár – diák tehetséggondozó program kiadványa* (Szerkesztette: Pálfalvi Józsefné), A Nemzeti Tehetség

Program NTP-MTI-13-0138 pályázatából készült, Budapest: Varga Tamás Tanítványainak Emlékalapítványa 2014., 58 – 70. old.

(http://www.vtamk.hu/ma_files/konyv-egybe.pdf;; http://www.vtamk.hu/ma_files/J-K--Borito.pdf)

13. Katalin Radnóti, Mária Nagy, Mária B. Németh (2014): Studying the temperature dependence of the speed of chemical reactions

Kiadó: SAILS – Dublin DCU

(SAILS: Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science;

DCU: Dublin City University;

No. 289085 FP7 programme of the European Union.

<http://www.dcu.ie/smec/2014/plenary.shtml>

<http://www.ista.ie/system/files/SMEC%202014%20Schedule.pdf>)

12. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): A matematika szerepe a természettudományos képzésben

(ez lényegesen eltér a másik ugyanilyen című cikktől, a mondanivalója pedagógiai szempontból ugyanaz, szakmai szempontból más, és a két írás egészen más célközönségnek szól)

Új Pedagógiai Szemle 2014/5-6. szám 89-102. oldalak

(http://www.ofi.hu/sites/default/files/attachments/upsz_5-6_online.pdf)

11. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): A grafikus ábrázolás szerepe a fizika oktatásában egy felmérés tükrében

(M. Nagy, K. Radnóti: The role of graphic displays in the teaching of physics) (2014)

Fizikai Szemle. LXIV. évfolyam. 7-8. szám. 272-277. oldalak

(http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz140708/NagyM_RadnotiK.pdf)

10. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2014): A matematika szerepe a természettudományos képzésben

A Matematika Tanítása. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2014. március 3-15. oldalak

(http://www.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/folyoirat/A_matematika_tanitasa_2014-1.pdf#page=3)

9. Nagy Mária – Dr. Radnóti Katalin (2014): A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei III. rész.

A Fizika Tanítása. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2014. március 3-16. oldalak

(http://www.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/folyoirat/A_fizika_tanitasa_2014-1.pdf#page=3)

8. Nagy Mária – Dr. Radnóti Katalin (2013): A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei II. rész.

A Fizika Tanítása. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013. november 3-11. oldalak

-
- (http://www.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/folyoirat/A_fizika_tanitasa_20133.pdf#page=3)
7. Zsámberger Noémi Kinga – Nagy Mária – Pávó Gyula (2013): A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában II. rész
Nukleon. VI. évfolyam 4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_151_Nagy_2.pdf)
 6. Nagy Mária – Zsámberger Noémi Kinga – Pávó Gyula (2013): A pozitronemissziós tomográfia (PET) elvi alapjai és feldolgozási lehetőségei a középiskolában I. rész
Nukleon. VI. évfolyam 4. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_150_Nagy_1.pdf)
 5. Nagy Mária – Horváth Gábor – Radnóti Katalin (2013): Kutatási szöveg tanórai feldolgozása.
Iskolakultúra 2013/9. 96-109. oldalak
(http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2013/2013_9.pdf)
 4. Nagy Mária – Dr. Radnóti Katalin (2013): A Boltzmann-eloszlás középiskolai feldolgozásának lehetőségei I. rész.
A Fizika Tanítása. MOZAIK Kiadó. Szeged. 2013. október 3-15. oldalak
(http://www.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/folyoirat/A_fizika_tanitasa_20132.pdf#page=3)
 3. Radnóti Katalin – Nagy Mária (2013): A rádium felfedezése. Kutatási szöveg feldolgozása a fizika- és/vagy a kémiaórán.
Nukleon. VI. évfolyam 3. szám
(http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_6_3_144_Radnoti.pdf)
 2. Nagy Mária, Radnóti Katalin (2013): Problémamegoldás a Boltzmann-eloszlás témakörében
(M. Nagy, K. Radnóti: The solving of Boltzmann distribution problems) (2013)
Fizikai Szemle. LXIII. évfolyam. 7-8. szám. 257-261. oldalak
(<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz130708/Nagy-Radnoti.pdf>)
 1. Jenei Péter, Enreiter Ádám, Juhász András, Nagy Mária (2011): Kísérletek hullámokkal
In: *Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan nemzetközi szeminárium magyarul tanító tanárok számára konferenciakiadványa*,
Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Oktatásmódszertani Centrum
2011. 79-85. old.
(<http://ttk.ektf.hu/files/termeszettudomanytanitasa.pdf>)