

## Kémiai tévképzetek nyomában

### Identifying Misconceptions in the Chemistry Class

**Dobóné Dr. Tarai Éva**

*Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest  
kutatótanár*

ORCID: 0009-0003-3286-3134

#### **Absztrakt**

A konstruktivista tanulásfelfogás szerint az emberi tudás konstrukció eredménye, a tanulási folyamat nem a valóság tükörszerű leképezését jelenti. Születésünktől kezdve – a környező világról gyűjtött információk alapján – kialakul bennünk egy egyedi, saját tapasztalataink által meghatározott természettudományos világgép, ami alapján értelmezzük a környezetünket. Ez a világgép sok esetben megfelelő magyarázó erővel rendelkezik, de nem mindig egyezik a tudomány által elfogadott állásponttal. Ilyenkor az értelmes tanulást gátló tévképzetek alakulnak ki.

Évek óta zajló kutatásaimban a kémia tantárgyhoz, illetve tágabban, a természettudományokhoz kapcsolódó tévképzeteket vizsgálom és a felszámolásuk lehetőségét kutatom.

Egy nagymintás mérés során tíz kérdésből álló kérdőívvel gyűjtöttem adatokat néhány, hétköznapi jelenségekhez is kötődő kémiai fogalommal kapcsolatban, mint amilyen az oldódás, párolgás, sűrűség, viszkozitás stb. A kérdések mindegyike egy zárt és egy nyílt végű részből állt. Utóbbi esetében részletesen meg kellett magyarázni egy jelenséget, pl. hogy mi történik az anyagokkal, amikor a cukrot a vízbe tesszük, vagy miért érezzük a benzín szagát. A magyarázatok alapján következtethetünk a gyerekek gondolkodásmódjára, a tévképzetek jelenlétére, kialakulásuk okára. Összefüggéseket kerestem a tévképzetek előfordulása és néhány háttérváltozó között.

**Kulcsszavak:** kémiai tévképzetek, fogalmi megértés, párolgás, benzin

#### **Abstract**

According to the constructivist learning theory knowledge is constructed upon experience. The information from our surroundings is interpreted, and based upon experience, a unique scientific worldview emerges. This unique perspective helps us explain everyday scientific phenomena. This explanation is certainly in accordance with our own framework but might not accord with the established scientific interpretation of the given event. If the independently developed explanation diverges from the scientific view, than it is called a misconception, which can significantly obstruct studying science.

I have been conducting research for years to identify misconceptions related to chemistry and find a way to correct them.

I constructed a survey with ten questions about concepts related to everyday chemical phenomena such as dissolution, evaporation, density, viscosity, etc. There were a close and an open-ended question for each of the concepts. In the open-ended questions students were asked to explain a phenomenon, such as what happens to the particles when sugar is put into water or whether sugar or petrol has stronger smell. The answers to these questions gave insights into students' of thinking, while the usage of a typical word could reveal the presence of misconceptions and their potential origin. I was seeking connection between misconceptions and certain background variables.

**Keywords:** chemical misconceptions, conceptual understanding, evaporation, petrol

## 1. Bevezetés

Napjainkban már a közvélemény számára is közhelyszámba megy az a tény, hogy a közoktatás legnépszerűtlenebb tantárgyai között találjuk a kémiát és a fizikát (Czető, 2022). Ennek okai szerzteágazók, tény azonban, hogy mindkettő nehéz tantárgy. A nehézségek egyik forrása a kémia esetében a fogalmi megértésben keresendő. Ha ez sérül, és például tévképzetek alakulnak ki, lehetetlenné válik az értelmes tanulás (Ausubel, 1960). A konstruktivista tanulásfelfogás szerint, amikor a diák megkezd a természettudományok tanulását, hétköznapi tapasztalatai alapján már rengeteg előismerettel rendelkezik. Kisgyerekkortól kezdve alakul és fejlődik egy olyan kognitív háló a gondolkodási rendszerünkben, amely a korábbi tapasztalatokra és magyarázatokra épülve egy komplett természettudományos világgépet alkot. Minden új információt és ismeretet ebbe a hálózatba próbálunk beilleszteni (Osborne et al., 1983). Ha a kapcsolódás nem tökéletes, nem pontosan értettük meg a fogalmat, mert például az ehhez szükséges előismereteink hiányoznak, a tanulás nehézkessé válik (Nahalka, 1997a, b). A diák nem feltétlenül érzékeli válasza hibás voltát, hiszen az – a saját gondolkodási rendszerére nézve – adaptív volt, korábban, hasonló szituációkban esetleg megfelelő magyarázó erővel rendelkezett, de nem feltétlenül egyezik meg a tudomány által elfogadott állásponttal. Ilyenkor jönnek létre az értelmes tanulást gátló „gyermektudományos” elméletek, tévképzetek.

A didaktikai szakirodalom alapján kijelenthetjük, hogy nincs a kémia tantárgyban tanított olyan fogalom, amihez ne kötődne valamilyen tévképzet. Ebben a tanulmányban a több éve tartó ilyen irányú kutatásaim egyik részletének bemutatására vállalkozom.

## 2. A kutatásról

### 2.1. A kutatás célja, a kutatási kérdések, hipotézisek

Kutatásaimban azt vizsgáltam, hogy vajon olyan, teljesen hétköznapi jelenségekkel, mint például a benzin párolgása, a cukor oldódása vagy a víz és olaj sűrűségének értelmezésével kapcsolatban van-e tévképzete a diákoknak. Feltételezéseim és tanári tapasztalataim szerint igen. Az is érdekelt, hogy ezek a tévképzetek tartalmukat, eredetüket vagy egyéb jellemzőjüket tekintve csoportokba rendezhetők-e, valamint összefüggésbe hozhatók-e a válaszolók nemével, életkorával, tantárgyi előmenetelével és egyéb tényezőkkel. Feltételeztem, hogy igen.

### 2.2. A vizsgálat körülményei

A vizsgálatban 500, az általános iskola 7–8. évfolyamán, hat- és négyosztályos gimnázium 7–12. évfolyamán és egy szakgimnázium 10–11. évfolyamán tanuló diák vett részt 2018. kora őszen, Budapesten. Az adatokból látható, hogy a mintavétel nem reprezentatív, de a céloom elsősorban a feltételezett jelenségekről való tájékozódás volt.

Mérőeszközként egy tíz, nyílt végű kérdésből álló feladatlapot használtam, ami két változatban készült, de a kérdések tartalma azonos volt: ismert hétköznapi jelenségek értelmezését vártam a diákoktól.

### 2.3. Az elemzés módszerei

#### 2.3.1. Tartalmi és mennyiségi elemzés

A gyűjtött adatokból és a dichotóm változókká alakított válaszokból létrehoztam egy adatbázist. Az adatok tartalmi és mennyiségi elemzését Microsoft Excel és IBM SPSS Statistics 22 programokkal végeztem.

#### 2.3.2. Összefüggésvizsgálatok

Statisztikai módszerekkel kerestem összefüggéseket a tévképzetek megjelenése és a háttérváltozók között.

## 3. Eredmények

Jelen tanulmányban terjedelmi okok miatt csak egyetlen kérdéssel foglalkozom részletesen, a vizsgálat többi részét más formában és más fórumokon már publikáltam.

A vizsgált kérdés: Melyiknek érezzük a szagát, a cukornak vagy a benzinnek? Válaszodat indokold!

### 3.1. Válaszkategóriák és tévképzetek

A helyes válasz: a benzinét érezzük, és a tudományos igényű magyarázat pedig, hogy a benzint alkotó vegyületek molekulái között olyan gyengék az összetartó erők, amelyeket már szobahőmérsékleten is le tud győzni a részecskék hőmozgása. Ezzel szemben a cukor mint szobahőmérsékleten szilárd anyag részecskéi között erősebb kölcsönhatások működnek.

A kérdés első részére két válaszlehetőség adódott: a benzin vagy a cukor. Várakozásaimnak megfelelően a többség a benzint választotta szaggal rendelkező anyagnak, de érkeztek meglepő válaszok is. Három tanuló szerint a cukor szagát lehet jobban érezni, és még egy egyéb kategóriát is fel kellett állítanom a nem válaszolók mellett. Egyesek szerint mindkettő, mert „*a benzin szublimál és a cukor is*”. Vagy egy másik válaszadó szerint: „*Így van a való életben.*”

A melyik anyag szagát érezzük kérdésre adott válaszok megoszlása a teljes mintára nézve az 1. táblázatban látható.

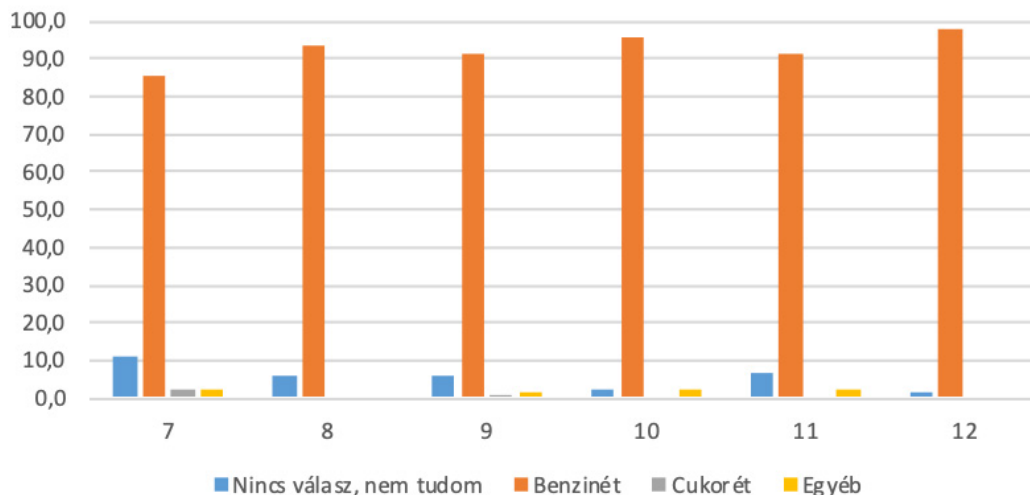
	Válaszolók száma (fő)	Válaszolók aránya
Nincs válasz, nem tudom	27	5,4%
A benzin	463	92,6%
A cukor	3	0,6%
Egyéb	7	1,4%
	500	100

1. táblázat: A melyik anyag párolog jobban kérdésre adott válaszok megoszlása a teljes mintára vonatkozóan

A teljes mintára nézve a várakozásomnak megfelelően, jellemzően a többség (92,6%) várta a benzin párolgását és a szagát. A didaktikai kutatások szempontjából azoknak a diákoknak a közlései izgalmasak, akik ezt a nagyon kézenfekvő kérdést nem tudták megválaszolni, vagy ha vállalkoztak is a válaszadásra, nem a várt megoldásokkal álltak elő.

Évfolyamokra bontva is – a hetedikesek kivételével – a válaszadók több mint 90%-a várja a benzin párolgását a cukorral szemben. A válaszok évfolyamonkénti megoszlását, az adott évfolyamról válaszoló tanulók %-os arányában ábrázolva az 1. ábra mutatja be. A hetedikesek esetében feltűnő a nem tudom választ adók vagy a nem válaszolók aránya. A tévképzetkutatás szempontjából azért különösen fontosak a hetedikesek válaszai, mert a felmérés idején, a hetedikes tanév első heteiben kezdték meg a kémiai tanulmányaikat. Valószínűleg sokan emiatt érezték magukat bizonytalanoknak és inkább nem válaszoltak. Ha mégis, akkor a válaszaikban az oktatás által még nem érintett saját értelmezéseik és elgondolásaik tükröződnek. Például: „*A benzinét, mert abban van kőolaj*”, „*A benzinét, mert az a föld alól van és sok olyan anyag van benne*”, „*A benzinét, mert a cukor oldódik benzinben*”.

## Melyiknek érezzük a szagát? (válaszok aránya az adott évfolyamon)



1. ábra: A melyik anyag szagát érezzük kérdésre adott válaszok aránya évfolyamonként

### 3.2. Az indoklások típusa és a háttérváltozók összefüggései

A válaszokat elemezve, jellemző indoklástípusokat tudtam azonosítani, amelyeket a következő nagy csoportokba rendeztem:

- a benzin párolog
- a benzin párolog és anyagszerkezeti magyarázattal is szolgál (ezt fogadtam el valamilyen szintű helyes válasznak)
- illékony anyag, illóolaj jelenlétét említi
- folyékony
- egyéb (általában az összetételről mond valamit)
- folyékony és párolog
- a cukor szilárd

Megvizsgáltam, hogy a háttérváltozók és a válaszkategóriák között kimutatható-e valamilyen összefüggés. A Kí-négyzet próbával elvégzett elemzések eredményei azt mutatták, hogy az előző évi matematikajegy és az, hogy milyen társadalmi fontosságot tulajdonít a diák a kémia tantárgynak és a kémiatudománynak, nem befolyásolták az indoklás minőségét. Minden más vizsgált háttérváltozó esetében azonban szignifikáns összefüggés adódott a választípusokkal, ahogyan az a 2. táblázatban is látható:

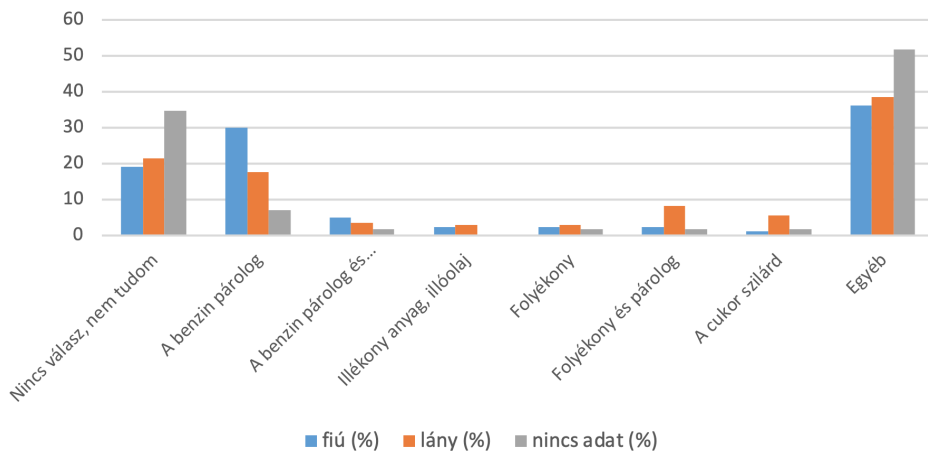
Háttérváltozó	$\chi^2$	df	p
évfolyam	81,514	35	0,001
a válaszadó neme	38,263	14	0,001
kémiaórák száma	102,103	28	0,001
tagozatos osztályban tanul	54,134	14	0,001
fizika-, kémiatagozatos-e	38,487	7	0,001
előző évi fizikajegye	83,106	35	0,001
előző évi biológiajegye	61,429	21	0,001
előző évi kémiajegye	86,618	35	0,001
mennyire szereti a kémiát	61 028	42	0,028

2. táblázat: Válaszkategóriák és háttérváltozók összefüggései

Mi derül ki ezekből az adatokból? A kérdés helyes megválaszolásához és a tudományos igényű indokláshoz és magyarázathoz hozzájárult az iskolai oktatás. A természettudományos tárgyakban jobban teljesítő diákok pontosabb, összetettebb magyarázatokkal szolgáltak. A válaszok minőségét befolyásolja a természettudományok iránti elkötelezettség, ami a tantárgyi teljesítmények mellett abból is látszik, hogy a fizika- vagy kémiatagozatra járók válaszaik szofisztikáltabbak voltak.

Érdekelt, hogy a fiúk és lányok indoklásai miben térnek el egymástól. A 2. ábrán látható, hogy elsősorban a szóhasználatban és a kérdés megközelítésében van különbség. A fiúk elintézik az egyszerű „a benzín párolog” közléssel, míg a lányok hajlamosak hozzátenni, hogy a benzín folyékony és ezért párolog. A többi kategóriában nem mutatkozik lényeges eltérés. Jellemzően mindkét nem esetében nagy a nem indokolók és az egyéb magyarázattal szolgálók száma is.

### Az indoklás kategóriái nemek szerint



2. ábra: Az indoklás tartalmi megoszlása nemek szerint

### 3.3 Az „Egyéb” kategóriába tartozó magyarázatok jellemzői

A válaszadó 500 főből 194-en (38,8%) az „Egyéb” kategóriába tartozó indoklással magyarázták a benzin szagát. Kémiatanárként fontos ezeket a szinte egyedi válaszokat is megvizsgálni, mert érdekes összefüggésekre bukkanhatunk.

Az indoklások egy része hétköznapi tapasztalatra utal: *„A benzinét, mert sokszor voltam benzinkúton és éreztem.”*

Sokan nem adnak valódi magyarázatot, önmagával a jelenséggel indokolnak: *„Mert a benzinnak van szaga, a cukornak nincs.”*

Megjelenik a kémiával szemben, társadalmi szinten is tapasztalható előítéleteség: *„A benzinét, mert az büdös. (bocsánat, ez hülyeség.) Igazából talán azért a benzint érezzük, mert abban van mérég.”*

Hasonlóan felbukkan a természetes-mesterséges dilemma: ami természetes eredetű, az jó, egészséges, ami mesterséges, az rossz: *„A benzinét, mert az egy előállított anyag, és ilyen formában nem található meg a természetben, mint például a cukor.”* vagy: *„A benzint, mert vegyszer.”*

Antropomorfizáló indoklással is találkozhatunk: *„A benzin szagát érezzük bal- esetmegelőzésből, hogy ne igyunk bele, hiszen az ártalmas lenne a szervezetre.”* Vagy: *„A benzinét, mert a benzin káros számunkra (ha megisszuk), és a természet így jelzi számunkra, hogy ne igyunk meg, mert egy ilyen büdös valamit senki nem fog meginni. Míg a cukor az nem ártalmas az egészségre, ezért annak nem kell semmilyen figyelmeztető jel.”* És még egy: *„A benzinét, mert az az emberi lényre veszélyes hatással is lehet és kedvesen jelzi nekünk a benzinkutakon, hogy nem lenne a legfelelősségteljesebb dolog ott tüzet gyújtani. A cukor csak mennyiségben ártalmas.”*

Gyakori tévképzet, hogy a diákok összekeverik az anyagi világ szintjeit és pl. makroszkóposan megfigyelhető tulajdonságokat rendelnek az atomokhoz. Ez lehet a magyarázata a következő válasznak is: *„A benzinét, mert a cukrot felépítő atomok szagtalanok.”*

Megjelentek olyan tévképzetek is, amelyek kifejezetten a kémiaoktatás számlájára írhatók: *„A benzinét, mert a benzinben található észterek jellegzetes szagot adnak. A cukorban az észterek nem találhatóak meg.”* Vagy: *„A benzint érezzük, mert az lúgos kémhatású és köztudott, hogy csak tömény oldata szúrós szagú.”* (Mindkét állítás kémiai tartalma hibás.)

Hasznos lehet, ha kémiatanárokként kiderül számunkra, mit is gondolnak a tanítványaink egy-két, általunk egyszerűnek ítélt kérdés kapcsán.

### 3.4. Az „Egyéb” indoklást adók jellemzői

Az 500 fős mintából 194-en, a válaszadók 39%-a tartozott ebbe a kategóriába. Mivel ez nagyon jelentős arány, érdemes alaposabban megvizsgálni, hogy megállapítható-e valamilyen egyedi jellemző erre a csoportra vonatkozóan.

94 fiú (az összes fiú 36,1%-a) és 70 lány (az összes lány 38,1%-a) tartozott ebbe a csoportba, 30 tanuló nem adta meg a nemét. Tehát nemek szerint nem állapítható meg lényegi különbség. A további gyakoriságvizsgálatokból kiderült, hogy az ebbe a csoportba tartozóknak jellemzően heti két kémiaórájuk van, többségük nem tagozatos osztályba jár, a természettudományos tárgyakból és matematikából is általában jól teljesítenek. A kémia iránti vonzalom nem befolyásolta a választ, azonban többségben voltak azok, akik a kémiatudományt társadalmi szempontból fontosnak tartják.

Ezen adatok egy jóhiszemű értelmezése lehet, hogy gondolkodó diákok adtak valamilyen egyedi, a többségi kategóriákba nem sorolható magyarázatokat. A megfogalmazásokból sok esetben kiderül, hogy bizonytalannak érzik magukat a kérdéssel kapcsolatban, komolyan veszik a feladatot és nem akarnak butaságot írni. De a legfontosabb, ami kiderül a válaszokat olvasva, hogy milyen előzetes tudásokat és milyen gondolkodási eszköztárat vetnek be a helyes indoklás megtalálása érdekében. Ezt pedig azért fontos és érdemes tudnunk, mert a napi tanítási gyakorlatban ezen ismeretek birtokában tudunk beavatkozni a tanulási folyamatokba és tudjuk segíteni a tantárgyunk jobb megértését.

### 3.5. A válaszadás tudatossága

A következő lépésben arra kerestem választ, vajon mennyire következetesek a diákok válaszaik. A kérdés első fele gyakorlatilag eldöntendő kérdés volt, amit korábbi tapasztalataik alapján meg tudtak válaszolni, de az indoklásnál már saját értelmezésre volt szükség. A válaszokat és az indokokat megfelelő változókká alakítva elvégezhető volt a két feladatrész összefüggés-vizsgálata. Az eredményeket évfolyamonkénti bontásban a 3. táblázat mutatja:

Évfolyam	Korrelációs együttható (r)	Valószínűségi szint (p)
7.	0,422	0,01
8.	0,450	0,01
9.	0,401	0,01
10.	0,159	0,059
11.	0,480	0,01
12.	0,225	0,029

3. táblázat: A válaszok és az indoklás következetessége évfolyamonként



Az adatokból kitűnik, hogy a 10. és a 12. évfolyam kivételével közepes korreláció mutatkozik a válaszok és indoklások között, és már a legfiatalabbak is legalább azt az előismeretet magukkal hozzák a kémiai tanulmányok megkezdésekor, hogy az anyagok szaga a párolgással és a légnemű halmazállapottal áll valamilyen összefüggésben. Az adatokból nem következik, hogy az iskolai tanulás/tanítás jelentősen hatott volna ezekre az ismeretekre. Nem teljesítettek jobban a tagozatosok, és sok felsőbb éves nem képes szakszerűbb magyarázatot adni, mint egy fiatalabb. Sőt.

Ilyen formában az iskolai tanulás során nem találkozunk ezzel a problémával, saját magyarázataikat vették elő. Elvileg a kilencedik évfolyamon tanult anyagszerkezeti ismeretek birtokában megválaszolható a kérdés, tehát a tizedik évfolyamtól fölfelé várható lett volna a szakszerű magyarázat.

### 3.6. A kiválasztottak

Az 500 fős mintából mindössze 20 olyan diák volt, aki, ha nem is teljesen tökéletesen, de legalább részleteiben anyagszerkezeti magyarázatot volt képes adni a benzin szagának megjelenésére. Ezt a néhány kivételes diákot alaposabb vizsgálatoknak is alávettem.

A jelen beszámolóban szereplő feladat egy tíz, hasonló kérdést tartalmazó feladatsor része volt. Összehasonlítottam, hogy ezek a diákok és a teljes minta hogyan szerepelt a többi feladatban. A 4. táblázatban a kérdőív néhány egyéb kérdésében mutatott részleges vagy teljes megértést tüntettem fel a kiválasztott csoport és a teljes minta esetében.

A jelenség vagy fogalom	A tanulók száma (fő) és aránya a csoportban (%)	VA teljes minta (fő) és aránya a csoportban (%) Σ: 500 fő
rozsdásodás	12 (60%)	299 (59,8%)
„ózonlyuk”	10 (50%)	204 (40,8%)
cukor oldódása	8 (40%)	213 (42,6%)
cukoroldat sűrűsége	12 (60%)	261 (52,2%)
olaj-víz sűrűsége – viszkozitás	12 (60%)	182 (36,4%)
lehelet, páralecsapódás	15 (75%)	317 (63,4%)

4. táblázat: Az anyagszerkezeti alapon magyarázó diákok helyes válaszainak aránya a kérdőív egyéb feladatainak megoldásában

Látható, hogy ugyan nem törvényszerű, hogy ha a diák az egyik kérdést jól meg tudja válaszolni, akkor a másikkal is biztosan megbirkózik, azonban, ahogyan a táblázatból is kiderül, azok a diákok, akik a benzin-cukor problémát jól megoldották,

árnyalattal többször adtak helyes magyarázatot a többi feladat esetén is. Ez alapján feltételezhetjük, hogy a különböző kérdések megválaszolása esetén ugyan tudásterület-specifikus értelmezésekre van szükség, de a kémia eredményes tanulása nem képzelhető el valamilyen szintű részecskeszemléletű anyagfelfogás nélkül. Ennek a szemléletnek a birtokában egymástól nagyon eltérő témakörökben jelentkező problémák megoldására is nagyobb esély nyílik.

Megvizsgáltam, hogy ez a 20 diák milyen egyedi jellegzetességeket hordoz a háttérváltozók függvényében. Az eredményeket az 5. táblázatban tüntettem fel:

Változó	$\chi^2$	df	p
Mennyire szereti a kémiát?	29,932	12	0,003
Előző évi matematikajegy	13,795	6	0,032
Előző évi fizikajegy	32,833	12	0,001
Előző évi biológiajegy	16,528	6	0,011
Előző évi kémiajegy	36,181	12	0,001

5. táblázat: Az anyagszerkezeti alapon magyarázó diákok és a háttérváltozók összefüggése

Tehát bármelyik évfolyamon, akár fiú, akár lány esetében, ha szereti a kémiát (nyilván motiváltabban is tanulja) és a matematikában és a természettudományokban sikeresebb, nagyobb valószínűséggel várható, hogy megfelelő, anyagszerkezeti magyarázaton alapuló választ fog adni a feltett kérdésre. Ennek a húsz diáknak az esetében tehát egyértelműen kimutatható az iskolai oktatás hatása a természettudományos szemléletre és megértésre.

#### 4. Összegzés

Az eredményes kémiaoktatás feltétele a természettudományos fogalmak megértése. Vizsgálatomban arra a kérdésre kerestem választ, hogy egyszerű, hétköznapi jelenségekhez kötődő kémiai fogalmakat hogyan értenek és értelmeznek a diákok. A benzin és a cukor szagának vagy szagtalanságának indoklása volt a témája annak a kutatási részletnek, amelyről az írás szól.

A többség (általában hétköznapi tapasztalatok alapján) tudja, hogy a benzin érezhető szaggal rendelkezik, a cukorral ellentétben. Az indoklásként felhozott érvek azonban hiányosak, a magyarázatnak csak egy-egy mozzanatát emelik ki. Nagyon sok az egyedi megközelítés és a tévképzetre utaló megfogalmazás. A háttérváltozók vizsgálata nem mutatott ki különbséget fiúk és lányok között, jellemzően heti két órában, nem tagozatos osztályokban tanuló és matematikából és természettudományos tárgyakból jól teljesítő diákokról van szó.

A válaszadók töredéke, mindössze négy százaléka volt képes valamilyen szintű anyagszerkezeti magyarázattal szolgálni. A háttérváltozókkal való összefüggés-vizsgálatok hasonló eredményeket hoztak, mint az egyedi indoklást adók esetében.

Ezek alapján ismételten bizonyítást nyert az a már sokszor megállapított tény, hogy a természettudományos tévképzetek az oktatással szemben rendkívül ellenálló és makacsok, azonban azt is sikerült bizonyítani, hogy mégiscsak a természettudományos oktatástól várható ezek legyőzése.

## Irodalomjegyzék

- Ausubel, P. D. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267–272. <https://doi.org/10.1037/h0046669>
- Czető K. (2022). Mit gondolnak a tanulók és a tanárok az iskoláról? Egy iskolaiattitűd-kutatás eredményei. *Iskolakultúra*, 32(8–9), 30–52. <https://doi.org/10.14232/iskult.2022.8-9.30>
- Nahalka I. (1997a). Konstruktív pedagógia – egy új paradigmát a láthatáron (I). *Iskolakultúra*, 7(2), 21–33. <https://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/18544>
- Nahalka I. (1997b). Konstruktív pedagógia – egy új paradigmát a láthatáron (II). *Iskolakultúra*, 7(3), 22–40. <https://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/18567>
- Osborne, J. R., Bell, F. B., & Gilbert, K. J. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/0140528830050101>