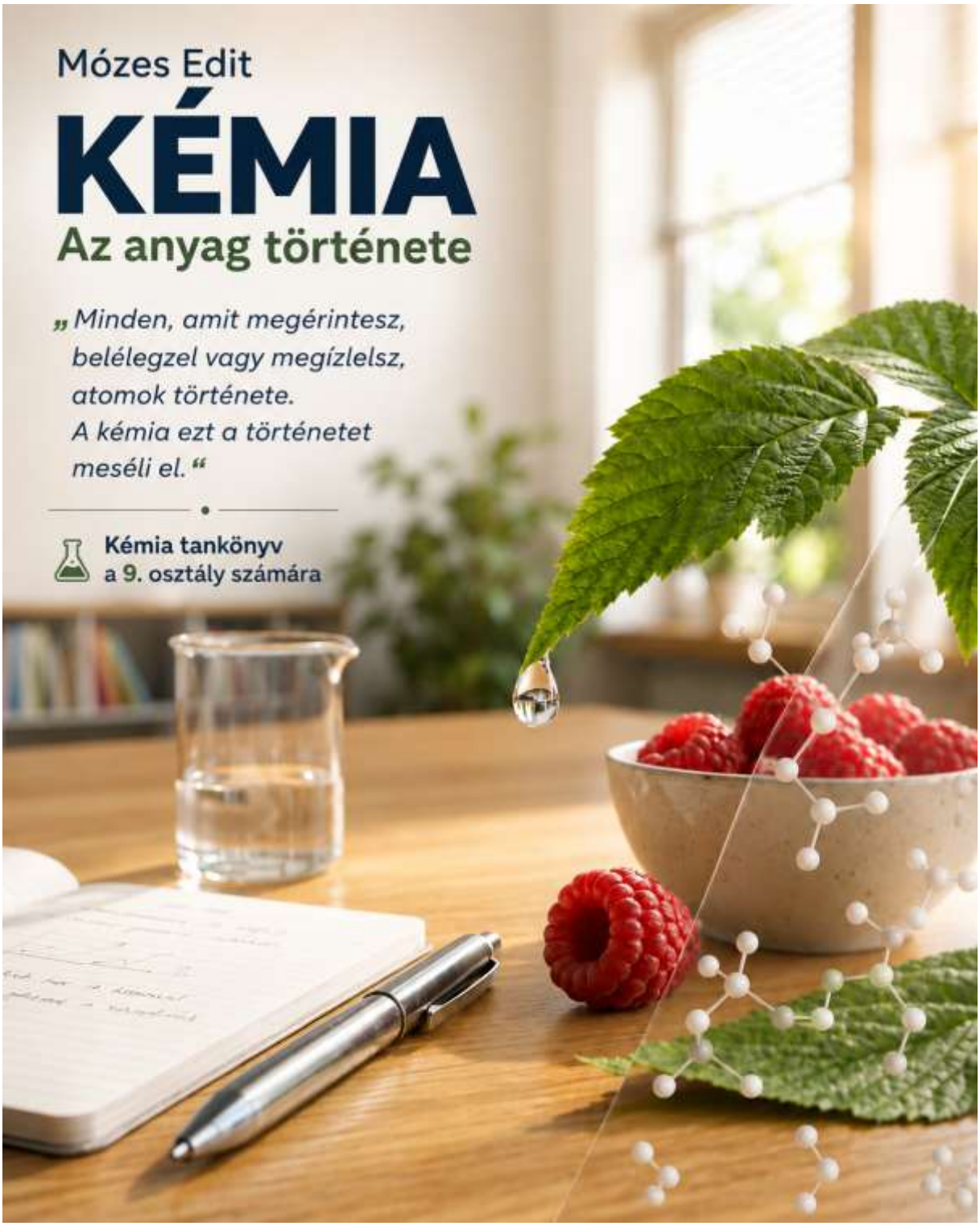

Mózes Edit
KÉMIA
Az anyag története
„Minden, amit megérintesz, belélegzel vagy megízlelsz, atomok története. A kémia ezt a történetet meséli el.“
Kémia tankönyv
a 9. osztály számára

EGY LÁTHATATLAN VILÁG

Ha egyetlen csepp vizet nézel, vizet látsz.
A kémikus azonban ennél többet próbál látni.
Molekulákat képzel a csepp mögé. Atomokat a molekulák mögé. Elektronokat az atomok köré.
Kölcsönhatásokat keres, amelyek meghatározzák, hogyan viselkedik az anyag.

A kémia egyik legizgalmasabb sajátossága éppen ez:
a látható világ jelenségeit egy nagyrészt láthatatlan világ segítségével magyarázza.

Ezért ebben a könyvben újra és újra három szinten fogunk gondolkodni:

AMIT LÁTUNK

A megfigyelhető világ



Színtelen folyadékot látunk.

AMIT ELKÉPZELÜNK

Az atomok, ionok és molekulák világa



A vízet molekulák alkotják.
Egy vízmolekula két hidrogénatomból
és egy oxigénatomból áll (H_2O).

AHOGYAN LEÍRJUK

A kémia jelképes nyelve

H_2O

A kémia jelekkel, képletekkel,
egyenletekkel, adatokkal
és grafikonokkal írja le
az anyagi világot.

A kémia akkor érthető meg igazán, ha a három világot összekapcsoljuk.

KOMPETENCIÁK

Mit fejleszt ez a tankönyv?

A tankönyv a 2026–2027-től érvényes tanterv céljaival összhangban készült, és a kémiai műveltség kialakítását, valamint a mindennapi életben is hasznosítható természettudományos gondolkodás fejlesztését támogatja.

„A kémia segít jobban érteni a világot."

A TANTERV 6 ÁLTALÁNOS KOMPETENCIÁJA

Az alábbi kompetenciák a hivatalos romániai tanterv (OM 6930/2025 alapján, IX. osztály) magyar nyelvű megfogalmazásai. A tankönyv minden fejezete és tanulási egysége ezek fejlesztéséhez járul hozzá.

CG. 1 ANYAGOK, JELENSÉGEK ÉS FOLYAMATOK AZONOSÍTÁSA

Kémiai anyagok, jelenségek és folyamatok azonosítása a mindennapi életben, a természetben és a technológiában.



- anyagok felismerése és jellemzése
- kémiai jelenségek és folyamatok azonosítása
- példák a környezetből és a mindennapi életből
- biztonságos és felelős viselkedés

CG. 2 A KÉMIAI RENDSZEREK SZERKEZETI MAGYARÁZATA

A kémiai rendszerek viselkedésének magyarázata a részecskeszerkezet (atomok, ionok, molekulák) és az azok közötti kölcsönhatások alapján.



- részecskeszintű modellek használata
- szerkezet–tulajdonság kapcsolatok értelmezése
- anyagi rendszerek viselkedésének magyarázata
- jelenségek értelmezése a mikroszkopikus szinten

CG. 3 FOGALMAK, ALGORITMUSOK HASZNÁLATA PROBLÉMAMEGOLDÁSBAN

A kémiai fogalmak, összefüggések, törvényszerűségek és algoritmusok alkalmazása változatos problémák megoldásában, valamint kísérletek tervezésében és kivitelezésében.



- számítások és mennyiségi problémák
- problémamegoldási stratégiák alkalmazása
- kísérletek megtervezése, kivitelezése és értelmezése
- adatok elemzése, következtetések megfogalmazása

CG. 4 A KÉMIAI INFORMÁCIÓK ÉRTELMEZÉSE ÉS KOMMUNIKÁLÁSA

A kémiai információk kinyerése, értelmezése és megfelelő formában történő bemutatása, különböző forrásokból (szöveg, ábra, táblázat, grafikon, modell, digitális forrás).



- információk keresése és kritikus értékelése
- adatok, ábrák, grafikonok értelmezése
- kémiai jelölések és modellek használata
- eredmények rendezett és pontos kommunikálása

CG. 5 TUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS, ÉRVEK ÉS DÖNTÉSEK

Tudományos gondolkodásmód alkalmazása kémiai problémák megoldásában, érvek megfogalmazása, döntések meghozatala bizonyítékok alapján.



- hipotézisek felállítása és vizsgálata
- bizonyítékok alapján történő következtetés
- többféle megoldás mérlegelése
- felelős döntések a kémia társadalmi és etikai vonatkozásaiban is

CG. 6 FELELŐS ÉS FENNTARTHATÓ MAGATARTÁS

Felelős és környezettudatos magatartás kialakítása a kémiai anyagok és folyamatok alkalmazásában, a fenntartható fejlődés szempontjainak figyelembevételével.



- kockázatok felismerése és csökkentése
- biztonságos laboratóriumi munkavégzés
- környezetvédelem és erőforrás-tudatosság
- a kémia szerepének mérlegelése a társadalomban és a jövőben

KÖZÖS CÉLUNK

A kompetenciák nem különálló egységek, hanem egymást kiegészítve jelennek meg a tanulás során. A kémia megértésével, alkalmazásával és felelős használatával jobban megismerhetjük és formálhatjuk a világot, amelyben élünk.

Tudás. Kíváncsiság. Felelősség. Egy jobb jövő.

0. HOGYAN GONDOLKODIK EGY KÉMIKUS? 9
0.1. Megfigyeléstől a magyarázatig 10
0.2. A jó vizsgálat egy jó kérdéssel kezdődik 11
0.3. Az adat nem ugyanaz, mint a bizonyíték 13
0.4. Egy mérés elég? 14
0.5. A kémikus három világ között gondolkodik 15

1. KÉMIAI REAKCIÓK 18
1.1. Honnan tudjuk, hogy kémiai reakció történt? 19
1.2. Rendet a reakciók között 28
1.3. Energia a kémiai reakciókban 36
1.4. A kémiai reakciók sebessége 45
1.5. Megfordítható és nem megfordítható kémiai reakciók 57

2. REDOXIREAKCIÓK 65
2.1. Amikor elektronok „gazdát cserélnek” 66
2.2. Hogyan követhetjük az „elrejtett” elektronváltozást? 70
2.3. Ki ad és ki fogad el elektront? 75
2.4. Elektronmérleg – amikor az elektronok számát is követjük 78
2.5. Oxidáló- és redukálószerek a gyakorlatban 81
2.6. Redoxireakciók körülöttünk 84
2.7. Mit tanultunk a redoxireakciókról? 87

3. ELEKTROKÉMIA 95
3.1. Amikor az elektronok kerülő úton haladnak 95
3.2. Anód és katód – hol történik az oxidáció és a redukció? 97
3.3. Miért kell a sóhíd? 98
3.4. A Daniell-elem kémiai jelölése 99
3.5. Kémiai energiából elektromos energia 99
3.6. Újratölthető energiaforrás – az ólomakkumulátor 100
3.7. A telefontól az elektromos autóig – a lítiumion-akkumulátor 100
3.8. Elem vagy akkumulátor? 101
3.9. Amikor az elektromos áram kényszeríti a reakciót 102
3.10. Olvadt konyhasóból nátrium és klór? 102
3.11. Galvánelem és elektrolízis – tükörképek? 103
3.12. Kövesd az elektront! 104

4. AZ ATOM ELEKTRONBURKA 107
4.1. Amit már tudsz az atomról 108
4.2. Elektronhéjak – nem minden elektron
azonos energiájú 108
4.3. Héj → alhéj → atompálya 110
4.4. Hogyan épül fel az elektronkonfiguráció? 113
4.5. Építsd fel az elektronkonfigurációt! 116
4.6. Elektronkonfiguráció és hely
a periódusos rendszerben 117
4.7. Az atomok és ionok mérete –
atomsugár és ionsugár 123
4.8. Fémes és nemfémes jelleg 129

5. KÉMIAI KÖTÉSEK 136
5.1. Miért kapcsolódnak össze az atomok? 137
5.2. Ionkötés – amikor az ionok vonzzák egymást 142
5.3. Kovalens kötés – amikor az elektronok
közössé válnak 147
5.4. Elektronegativitás és a kovalens kötés polaritása 153
5.5. A molekulák térbeli alakja és polaritása 154
5.6. Egyszeres, kettős és hármas kötések –
σ és π kötések 160
5.7. Koordinatív kovalens kötés 164
5.8. Komplex vegyületek 166
5.9. Fémes kötés 168

6. INTERMOLEKULÁRIS KÖLCSÖNHATÁSOK 172
6.1. Molekulák között is működnek kölcsönhatások 174
6.2. Diszperziós kölcsönhatás 175
6.3. Dipólus–dipólus kölcsönhatás 178
6.4. Hidrogénkötés 180
6.5. Az intermolekuláris kölcsönhatások
és az anyagok tulajdonságai 182
6.6. A víz különleges világa 186
6.7. Összefoglalás 189

7. OLDATOK 193
7.1. Mit nevezünk oldatnak? 194
7.2. Mi történik részecskeszinten oldódáskor? 195
7.3. Oldódás és energia 200
7.4. Oldhatóság 1202
7.5. Mennyi oldott anyag van az oldatban? 205
7.6. Savas és bázikus oldatok 212

7.7. A víz autoprotolízise és ionszorzata 215
7.8. Amikor sav és bázis találkozik – Semlegesítés 222
7.9. Összefoglalás 226

8. GÁZOK 231
8.1. Milyen a gázállapot? 231
8.2. Az ideális gáz állapotegyenlete 235
8.3. Gázkeverékek – kié a nyomás? 239
8.4. Móltört – miből mennyi van a gázkeverékben? 241
8.5. Átlagos moláris tömeg és gázsűrűség 242
8.6. Összefoglalás 247

ÉVVÉGI ÖSSZEFOGLALÁS 251
ÉVVÉGI ÉRTÉKELÉS 253
ÖNÉRTÉKELÉS 255
TARTALOMJEGYZÉK 256
PERIÓDUSOS RENDSZER 259

6. FEJEZET

INTERMOLEKULÁRIS KÖLCSÖNHATÁSOK

Mi történik a molekulák között?

Az előző fejezetben azt vizsgáltuk, **mi tartja össze az atomokat egy részecskén belül**.
Láttuk, hogyan alakulhat ki ionos vagy kovalens kötés, és azt is, hogy a molekulák térbeli alakja és polaritása meghatározó lehet.
De gondolj egy pohár vízre!
Egyetlen H_2O-molekula még nem vízcsepp.
A folyadékban óriási számú molekula található egymás közelében.

Miért nem repülnek egyszerűen szét?

Miért folyadék a víz szobahőmérsékleten, miközben más, hasonlóan kis molekulák gázok?
Miért párolog el gyorsabban az alkohol, mint a víz?
És miért mozog ugyanaz a levegőbuborék különböző sebességgel különböző folyadékokban?
A válaszhoz most már nem a molekulán belül, hanem a molekulák között kell keresnünk.



🔍 INDÍTÓ KIHÍVÁS – BUBORÉKVERSENY

Három folyadék – három buborék

Tegyünk azonos méretű, lezárható átlátszó csövekbe három különböző folyadékot.
A csövekben maradjon közel azonos méretű levegőbuborék.
A három csövet egyszerre fordítsuk meg.

Melyik buborék ér fel elsőként?
Melyik utoljára?

💡 MIELŐTT ELVÉGZED A KÍSÉRLETET

Jósolj!
Szerinted függhet a buborék mozgása attól, hogy milyen kölcsönhatások működnek a folyadék részecskéi között?

Írd fel a várható sorrendet:
leggyorsabb → _____ → _____ → leglassabb

🧪 KÍSÉRLETEZZ! – BUBORÉKVERSENY

Eszközök: azonos méretű, lezárható átlátszó csövek
Folyadékok: a tanár által kiválasztott, megfelelően és biztonságosan használható folyadékok
A csövekben legyen közel azonos méretű levegőbuborék.
Fordítsátok meg egyszerre a csöveket, és figyeljétek meg a buborékok mozgását!

Folyadék	A buborék relatív sebessége	Megfigyelés
A		
B		
C		

⚠️ MIT BIZONYÍT A KÍSÉRLET?

Egyetlen Buborékversenyből nem mondhatjuk egyszerűen azt, hogy amelyik buborék lassabban halad, abban „erősebbek a másodlagos kötések”.
A buborék mozgását a folyadék több tulajdonsága is befolyásolhatja.
Ezért a Buborékverseny **nem az intermolekuláris kölcsönhatások erősségének közvetlen mérési módszere**.
A vizsgálat azonban felvet egy fontos kérdést:
Milyen kapcsolat lehet a molekulák közötti kölcsönhatások és a folyadék makroszkopikus tulajdonságai között?

🟣 DIÁKOK KÉMIÁJA

A buborékverseny
Egy korábbi IX. osztályos tanuló történetté alakította a molekulák közötti kölcsönhatások versenyét.
Részlet a meséből:
– Mit szólnátok egy buborékversenyhez? – kérdezte a Dipólus.
– Az meg mi a csoda? – vágott közbe a Diszperz.
– A buborékverseny abból áll, hogy minden versenyző választhat egy olyan folyadékot, amelyben ő a legnagyobb számban szerepel.
– Akkor ki mit választ?
– Én a CCl_4-et! – kiabálta a Diszperz.
– Én a vizet! – harsogta a Hidrogénkötés.
– Jó, én pedig az alkoholt – mondta a Dipólus.
A verseny helyszínén érezhető volt a **felületi feszültség**!
Novák Ágnes, 9. a., 2001 – diákalkotás

💡 A MESE SZÉP – DE TELJES A MAGYARÁZATA?

A mese szerint a buborék sebessége közvetlenül megmutatja, melyik kölcsönhatás a legerősebb.
Valóban csak ettől függ a buborék mozgása?
Ezt a kérdést a fejezet végén újra elővesszük.

6.1. MOLEKULÁK KÖZÖTT IS MŰKÖDNEK KÖLCSÖNHATÁSOK

🟢 **ALAP • TC**

Írjunk fel két vízmolekulát:

H_2O H_2O

Mindkét molekulán belül az oxigén- és hidrogénatomokat **kovalens kötések** tartják össze.
Két különálló vízmolekula között azonban már nem új O–H kovalens kötés alakul ki.
Mégis hatnak egymásra.
A különálló molekulák között működő vonzó és taszító hatásokat **intermolekuláris kölcsönhatásoknak** nevezzük.

⚠️ **NE KEVERD ÖSSZE!**

Molekulán belül:
kémiai kötés
Molekulák között:
intermolekuláris kölcsönhatás
Víz esetében:
O–H → poláris kovalens kötés a molekulán belül
H_2O ⋯ H_2O → intermolekuláris kölcsönhatás két molekula között
A pontozott vonal **nem új kovalens kötést** jelent.

👁️ → ⚛️ → ✍️

👁️ **AMIT MAKROSZKOPIKUSAN TAPASZTALUNK**

A folyadékok nem egyformán párolognak, folynak vagy forrnak.

↓

⚛️ **AMIT RÉSZECSKESZINTEN KERESÜNK**

A molekulák között eltérő jellegű és jelentőségű kölcsönhatások működhetnek.

↓

✍️ **AHOGYAN A KAPCSOLATOT MEGFOGALMAZZUK**

intermolekuláris kölcsönhatások → makroszkopikus tulajdonságok

---

💡 **MI DÖNTI EL, HOGYAN HATNAK EGYMÁSRA A MOLEKULÁK?**

Az előző fejezetben láttuk, hogy a molekulák **elektronszerkezete, térbeli alakja és polaritása** nem egyforma.
Ez a molekulák egymás közötti kölcsönhatásaiban is megmutatkozik.
Gondolj ezekre a molekulákra:

Cl_2 HCl H_2O

A Cl_2-molekula apoláris.
A HCl-molekula poláris.
A H_2O-molekula szintén poláris, és szerkezete egy különösen fontos intermolekuláris kölcsönhatás kialakulását is lehetővé teszi.

Vajon ugyanúgy hatnak egymásra ezek a molekulák?

Nem.

Ebben a fejezetben három fontos intermolekuláris kölcsönhatást vizsgálunk:
diszperziós kölcsönhatás
dipólus–dipólus kölcsönhatás
hidrogénkötés

🔍 INDULJUNK EGY MEGLEPŐ KÉRDÉSBŐL!

Ha egy molekula poláris, könnyen elképzelhető, hogy pozitívabb és negatívabb részei között vonzó kölcsönhatás alakulhat ki.
De mi történik két **apoláris molekula** között?
Ha nincs állandó pozitívabb és negatívabb oldaluk,
hogyan vonzhatják mégis egymást?

6.2. DISZPERZIÓS KÖLCSÖNHATÁS

Hogyan vonzhatja egymást két apoláris molekula?

🟢 ALAP • TC

Az apoláris molekulákban a töltéseloszlás összességében szimmetrikus, ezért nincs állandó pozitív és negatív pólusuk.
Ilyen például:
H_2 Cl_2 O_2 CO_2

💡 GONDOLKODJ!

Ha az apoláris molekuláknak nincs állandó pozitív és negatív pólusuk,
miért vonzhatják mégis egymást?
Ha egyáltalán nem működne közöttük vonzó kölcsönhatás, hogyan létezhetnének apoláris anyagok folyadék vagy szilárd állapotban?
A választ az **elektronfelhő pillanatnyi változásaiban** kell keresnünk.

⚛️ AZ ELEKTRONFELHŐ NEM MOZDULATLAN

Egy molekulában az elektroneloszlás folyamatosan változik.
Ezért még egy apoláris molekulában is előfordulhat, hogy egy adott pillanatban az elektronfelhő nem teljesen szimmetrikus.
A molekula egyik része ekkor pillanatnyilag kissé negatívabbá (**δ−**), a másik része kissé pozitívabbá (**δ+**) válik.
Pillanatnyi dipólus alakul ki.
Ez az állapot nem állandó. Rövid idő alatt megváltozik vagy eltűnik.

MI TÖRTÉNIK A SZOMSZÉDOS MOLEKULÁVAL?

Képzeljünk el két egymáshoz közeli apoláris molekulát!
Az egyikben kialakuló pillanatnyi dipólus hatással lehet a szomszédos molekula elektronfelhőjére.
Ennek elektroneloszlása is megváltozik.
A szomszédos molekulában így **indukált dipólus** jön létre.
Az egymás felé forduló, ellentétes részleges töltésű molekularészek között vonzó kölcsönhatás alakul ki.
pillanatnyi dipólus → indukált dipólus → vonzó kölcsönhatás

Ezt nevezzük **diszperziós kölcsönhatásnak**.



A diszperziós kölcsönhatás az elektronfelhő pillanatnyi ingadozásából kialakuló dipólus és az általa létrehozott indukált dipólus közötti vonzó intermolekuláris kölcsönhatás.

👁️ → ⚛️ → ✍️

👁️ **AMIT TAPASZTALUNK**

Apoláris molekulákból álló anyagok is lehetnek folyadékok vagy szilárd anyagok.

↓

⚛️ **AMI RÉSZECSKESZINTEN TÖRTÉNIK**

Az elektronfelhő pillanatnyi ingadozása átmeneti dipólust hozhat létre, amely a szomszédos részecskében dipólust indukálhat.

↓

✍️ **AHOGYAN LEÍRJUK**

pillanatnyi dipólus → indukált dipólus → diszperziós kölcsönhatás

---

🔵 **MÉLYEBBEN • CS**

Mitől függ a diszperziós kölcsönhatás jelentősége?

Nem minden részecske elektronfelhője deformálható ugyanolyan könnyen.

Minél könnyebben változik meg az elektronfelhő alakja, annál **polarizálhatóbb** a részecske.

Általában minél nagyobb és könnyebben polarizálható az elektronfelhő, annál jelentősebb lehet a diszperziós kölcsönhatás.

Vizsgáljuk meg a halogéneket:

F_2 Cl_2 Br_2 I_2

Mindegyik apoláris, kétatomos molekulákból álló egyszerű anyag.

Szobahőmérsékleten mégsem azonos a halmazállapotuk:

F_2 – gáz

Cl_2 – gáz

Br_2 – folyadék

I_2 – szilárd



💡 **MIÉRT?**

Az F_2-től az I_2 felé haladva nő az elektronok száma, és az elektronfelhő egyre könnyebben polarizálható.

Ezért a molekulák közötti diszperziós kölcsönhatások jelentősége is nő.

F_2 → Cl_2 → Br_2 → I_2

növekvő polarizálhatóság → jelentősebb diszperziós kölcsönhatás

Ez hozzájárul a fizikai tulajdonságok, többek között a halmazállapot változásához.

⚠️ **FONTOS!**

A diszperziós kölcsönhatás **nem csak apoláris molekulák között** lép fel.

Az elektronfelhő pillanatnyi ingadozása minden atomban és molekulában megtörténhet.

Ezért diszperziós kölcsönhatás **poláris molekulák között is működhet**.

🔍 **VIZSGÁLD MEG!**

Három anyag:

CH_4 Cl_2 I_2

Mindhárom apoláris részecskékből áll.

1. Melyik részecske elektronfelhője polarizálható várhatóan a legkönnyebben?
2. Melyikben várasz jelentősebb diszperziós kölcsönhatást?
3. Hogyan jelenhet meg ennek hatása az anyag fizikai tulajdonságaiban?

HIBAKERESŐ

Egy tanuló ezt állítja:

„Az apoláris molekulák között nincs vonzó kölcsönhatás, mert nincs pozitív és negatív pólusuk.”

Mi a hiba a gondolatmenetben?
Javítsd ki egyetlen mondattal!

💡 **ÉS MI TÖRTÉNIK, HA A MOLEKULA ELEVE POLÁRIS?**

A diszperziós kölcsönhatás megmutatta, hogy még az apoláris molekulák is képesek egymást vonzani.
A HCl-molekulában azonban tartósan egyenlőtlen a töltéseloszlás:
Hδ+—Clδ−
Mi történik, amikor sok ilyen, **állandó dipólussal rendelkező molekula** kerül egymás közelébe?

6.3. DIPÓLUS–DIPÓLUS KÖLCSÖNHATÁS

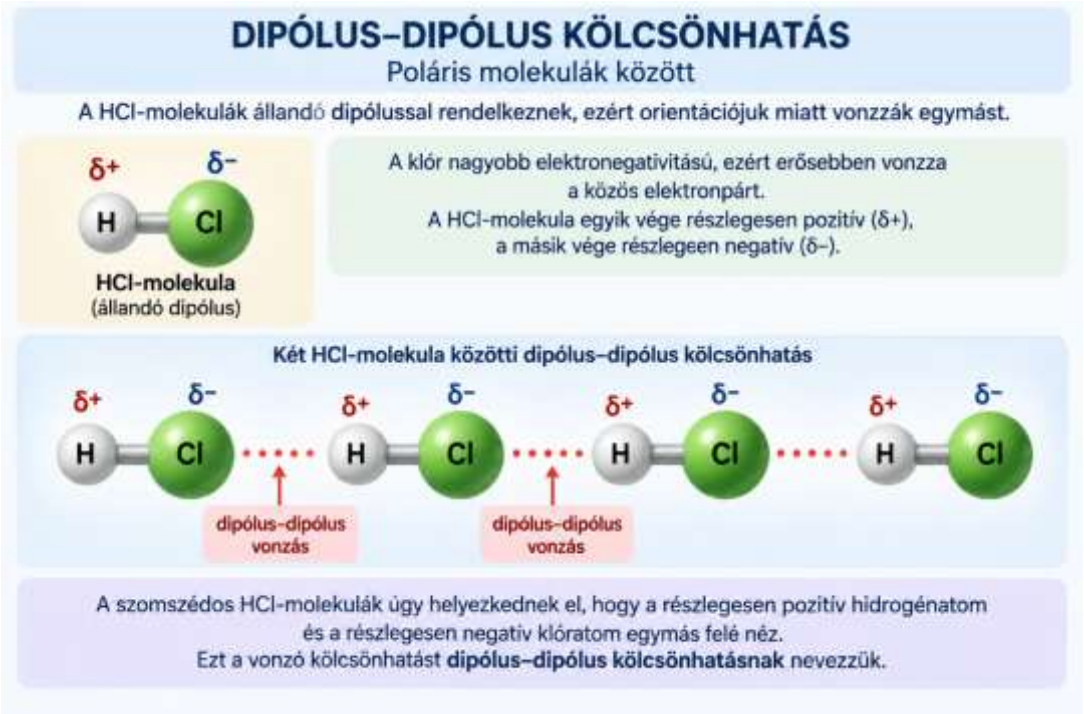
Hogyan rendeződnek egymáshoz a poláris molekulák?

🟢 **ALAP • TC**

Idézzük fel a HCl-molekulát!
Hδ+—Clδ−
A klór nagyobb elektronegativitása miatt a kötő elektronpár nagyobb valószínűséggel található a klóratom közelében.
Emiatt a molekulában **tartósan egyenlőtlen töltéseloszlás** alakul ki.
A HCl-molekula tehát **állandó dipólus**.

💡 **MI TÖRTÉNIK, HA KÉT HCl-MOLEKULA KÖZEL KERÜL EGYMÁSHOZ?**

Az egyik molekula részlegesen pozitív része vonzza a másik molekula részlegesen negatív részét.
A molekulák ezért kedvező helyzetben úgy rendeződhetnek egymáshoz, hogy az **ellentétes részleges töltésű részeik kerüljenek közelebb egymáshoz**.
Ezt a vonzó kölcsönhatást nevezzük **dipólus–dipólus kölcsönhatásnak**.



A dipólus–dipólus kölcsönhatás az állandó dipólussal rendelkező poláris molekulák ellentétes részleges töltésű részei között fellépő vonzó intermolekuláris kölcsönhatás.

⚠️ RÉSZLEGES TÖLTÉS ≠ IONTÖLTÉS

Figyeld meg:

Na^+ Cl^- → ionok

$H\delta+—Cl\delta-$ → egy poláris molekula részleges töltései

A **δ+ és δ− jelölés nem iontöltést jelent**.

A HCl-molekulában nem különálló H^+- és Cl^--ionok találhatók.

A H–Cl kötés továbbra is **poláris kovalens kötés**.

Ezért:

molekulán belül: poláris kovalens kötés

molekulák között: dipólus–dipólus kölcsönhatás

👁️ → ⚛️ → ✍️

👁️ AMIT TAPASZTALUNK

Hasonló méretű molekulákból álló anyagok fizikai tulajdonságai jelentősen eltérhetnek.

↓

⚛️ AMIT RÉSZECSKESZINTEN ÉRTELMEZÜNK

A poláris molekulák állandó dipólusai között vonzó kölcsönhatás működhet.

↓

✍️ AHOGYAN LEÍRJUK

poláris molekula → állandó dipólus → dipólus–dipólus kölcsönhatás

---

🔍 HASONLÍTSD ÖSSZE!

Cl_2 HCl

A Cl_2-molekula apoláris, ezért nincs állandó dipólusa.

A HCl-molekula poláris, ezért állandó dipólussal rendelkezik.

Mindkét anyag részecskéi között fellép **diszperziós kölcsönhatás**.

A HCl-molekulák között ezen kívül **dipólus–dipólus kölcsönhatás** is működhet.

Egy molekulapár között többféle intermolekuláris kölcsönhatás is felléphet.

Ezért ne azt kérdezd:

„Milyen intermolekuláris kölcsönhatása van ennek a molekulának?”

Hanem:

„Milyen intermolekuláris kölcsönhatások léphetnek fel ezek között a molekulák között?”

🔵 MÉLYEBBEN • CS

A molekulák mozognak

A molekulák folyadékban és gázban nem állnak mozdulatlanul egymás mellett.

Folyamatosan mozognak, és változik az egymáshoz viszonyított helyzetük.

Ezért az ábrákon látható rendeződés **nem merev szerkezet**.

A modell azt szemlélteti, hogy az ellentétes részleges töltésű molekularészek közelsége kedvezőbb lehet, mint az azonos előjelű részeké.

HIBAKERESŐ

Egy tanuló ezt írta:

„A HCl-molekulák között ionos kötés alakul ki, mert a hidrogén δ+, a klór pedig δ− töltésű.”

Miért hibás az állítás?

Fogalmazd meg helyesen úgy, hogy szerepeljen benne:

részleges töltés – poláris molekula – dipólus–dipólus kölcsönhatás

---

🖍️ **ALKALMAZD!**

Vizsgáld meg:

Cl_2 HCl CO_2 SO_2

1. Mely molekulák polárisak?
2. Melyek rendelkeznek állandó dipólussal?
3. Melyek között léphet fel dipólus–dipólus kölcsönhatás?
4. Melyek között léphet fel diszperziós kölcsönhatás?

💡 **GONDOLKODJ!**

Egy tanuló ezt mondja:

„Ha két molekula között dipólus–dipólus kölcsönhatás van, akkor diszperziós kölcsönhatás már nincs.”

Igaza van?

Indokold!

DE AKKOR MIÉRT KÜLÖNLEGES A VÍZ?

Térjünk vissza a jól ismert vízmolekulához:

H_2O

A vízmolekula hajlított alakú és **poláris**.

Ez alapján a vízmolekulák között dipólus–dipólus kölcsönhatásra számíthatnánk.

Ez igaz – de nem mond el mindent.

A víz számos tulajdonsága arra utal, hogy molekulái között egy különösen jelentős intermolekuláris kölcsönhatás is kialakulhat.

Mi teszi ezt lehetővé?

6.4. HIDROGÉNKÖTÉS

Mitől különleges a víz?

🟢 **ALAP • TC**

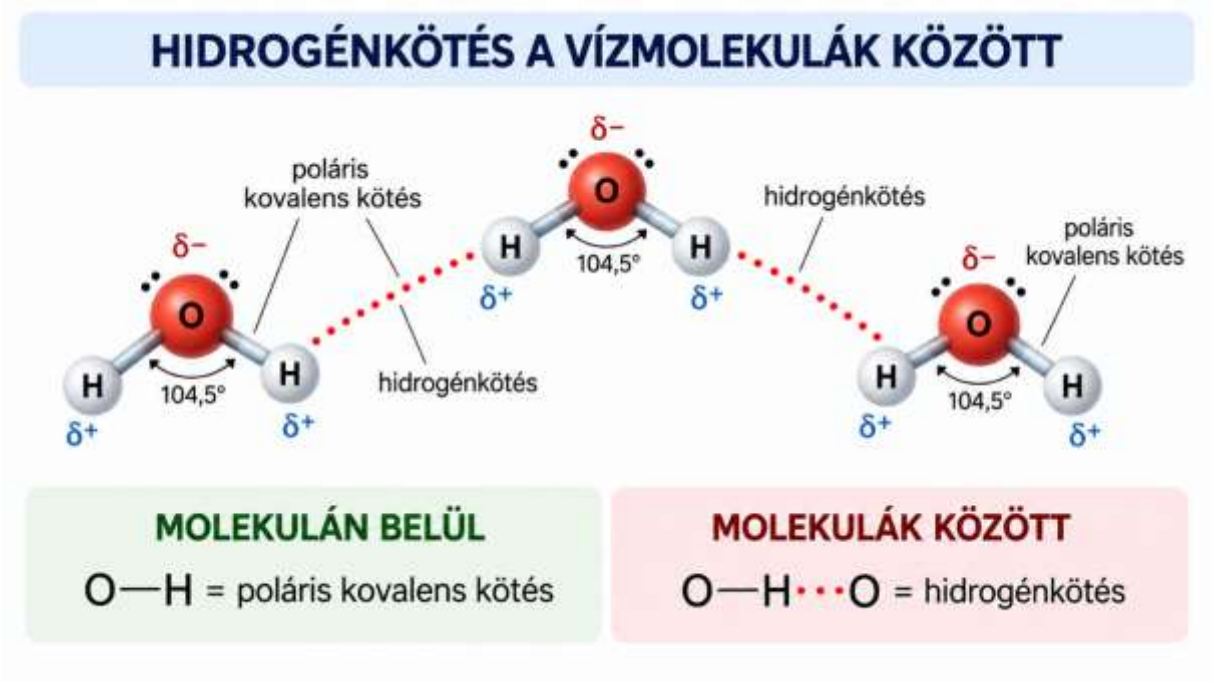
A hidrogénkötés kialakulásához nem elegendő, hogy egy molekulában egyszerűen legyen hidrogénatom.

A hidrogénatomnak megfelelően nagy elektronegativitású atomhoz kell kovalens kötéssel kapcsolódnia.

A középiskolai példákban elsősorban:

F–H O–H N–H

kötésekkel találkozunk.
Ilyenkor a hidrogénatom jelentős részleges pozitív töltést kap:
Hδ+
Ez a hidrogénatom vonzó kölcsönhatásba kerülhet egy szomszédos részecske megfelelő elektronegatív atomjának **nemkötő elektronpárjával**.
A víz esetében:
O–H ⋯ O
A pontozott vonal a **hidrogénkötést** jelöli.
A hidrogénkötés olyan intermolekuláris kölcsönhatás, amelyben egy erősen elektronegatív atomhoz – jellemzően F-, O- vagy N-atomhoz – kovalensen kapcsolódó, részlegesen pozitív hidrogénatom egy másik részecske megfelelő elektronegatív atomjának nemkötő elektronpárjához vonzódik.



⚠️ **NE KEVERD ÖSSZE!**
Egy vízmolekulán belül:
O—H → poláris kovalens kötés
Két vízmolekula között:
O—H ⋯ O → hidrogénkötés
A hidrogénkötés tehát **nem az a kötés, amely a H- és O-atomot egy vízmolekulán belül összetartja**.

🔍 **VAN BENNE HIDROGÉN. AKKOR VAN HIDROGÉNKÖTÉS IS?**
Hasonlítsd össze:
H_2O NH_3 HF HCl CH_4
Mindegyik molekula tartalmaz hidrogént.
Mégsem mindegyik képes egymás között hidrogénkötést kialakítani.
H_2O – igen

NH_3 – igen
HF – igen
HCl – nem tekintjük tipikus hidrogénkötést kialakító molekulának
CH_4 – nem

💡 **MIT KELL TEHÁT KERESNED?**

Ne azt kérdezd:
„Van-e H a képletben?”
Hanem:
„Mihez kapcsolódik a H?”
Ha a hidrogén megfelelő elektronegatív atomhoz – elsősorban **F-, O- vagy N-atomhoz** – kapcsolódik, és a közelben megfelelő nemkötő elektronpár található, kialakulhat hidrogénkötés.

👁️ → ⚛️ → ✍️

👁️ **AMIT TAPASZTALUNK**

A víz fizikai tulajdonságai sok szempontból szokatlanok egy ilyen kis molekulájú anyaghoz képest.
↓
⚛️ **AMIT RÉSZECSKESZINTEN ÉRTELMEZÜNK**

A vízmolekulák között hidrogénkötések alakulhatnak ki.
↓
✍️ **AHOGYAN LEÍRJUK**

O–H ⋯ O
poláris O–H kötés → hidrogénkötés a molekulák között → makroszkopikus következmények

---

🔵 **MÉLYEBBEN • CS**

Egyetlen hidrogénkötés vagy hálózat?
Egy vízmolekula több másik vízmolekulával is kölcsönhatásba kerülhet.
A vízmolekulák között **kiterjedt, folyamatosan átrendeződő hidrogénkötés-hálózat** alakulhat ki.
Folyékony vízben ez a hálózat nem merev.
A molekulák mozognak, a hidrogénkötések kialakulnak és megszűnnek, majd más molekulák között újra létrejöhetnek.

💡 **EGY ÚJ KÉRDÉS**

Az intermolekuláris kölcsönhatásokat közvetlenül nem látjuk.
Hogyan következtethetünk mégis a hatásukra?

6.5. AZ INTERMOLEKULÁRIS KÖLCSÖNHATÁSOK ÉS AZ ANYAGOK TULAJDONSÁGAI

Hogyan válik láthatóvá az, ami a molekulák között történik?

🟢 **ALAP • TC**

Az intermolekuláris kölcsönhatásokat szabad szemmel nem látjuk.
Azt azonban megfigyelhetjük, hogy egy folyadék gyorsan vagy lassan párolog, milyen hőmérsékleten forr, illetve hogy egy anyag adott körülmények között gáz, folyadék vagy szilárd.
Ezek a tulajdonságok kapcsolatban állnak a részecskék között működő kölcsönhatásokkal.

💡 **GONDOLKODJ!**
Mi történik, amikor a víz forrni kezd?
Megszakadnak a vízmolekulákon belüli O–H kovalens kötések?
Felbomlanak a H_2O-molekulák hidrogén- és oxigénatomokra?
Nem.
Forráskor a vízmolekulák **H_2O-molekulák maradnak**.
Ahhoz azonban, hogy egymástól eltávolodva gázfázisba kerülhessenek, le kell győzniük a közöttük működő intermolekuláris vonzó kölcsönhatásokat.
Halmazállapot-változáskor általában nem a molekulán belüli kovalens kötések szakadnak fel. A molekulák egymáshoz viszonyított helyzete és a közöttük működő intermolekuláris kölcsönhatások változnak meg.

FORRÁSPONT – MIT ÁRUL EL?
Ha a molekulák között jelentősebb vonzó kölcsönhatások működnek, általában több energia szükséges ahhoz, hogy a részecskék kellően eltávolodjanak egymástól.
Ez a forráspontban is megmutatkozhat.
jelentősebb intermolekuláris vonzás
↓
több energia szükséges a molekulák eltávolításához
↓
általában magasabb forráspont

⚠️ **FONTOS!**
A forráspontot nem egyetlen tényező határozza meg.
Számít a molekulák:

- mérete,
- alakja,
- polarizálhatósága,
- polaritása,
- valamint az egyidejűleg fellépő intermolekuláris kölcsönhatások összessége.

Ezért különböző anyagok összehasonlításakor mindig a **teljes részecskeszerkezetet** kell figyelembe vennünk.

🔍 **VIZSGÁLD MEG! – H_2O ÉS H_2S**
Hasonlítsd össze:
H_2O H_2S
Mindkettő kis molekulájú anyag.
Forráspontjuk azonban jelentősen eltér:

H_2O: 100 °C
H_2S: kb. –60 °C

❓ MIÉRT EKKORA A KÜLÖNBSÉG?

A vízmolekulák között hidrogénkötések hálózata alakulhat ki.
A H_2S-molekulák között nincs a vízéhez hasonló hidrogénkötés-hálózat.
Ez jelentősen hozzájárul ahhoz, hogy a víz forráspontja jóval magasabb.

👁️ → ⚛️ → ✍️

👁️ MEGFIGYELÉS

A H_2O forráspontja jóval magasabb a H_2S forráspontjánál.

↓

⚛️ RÉSZECSKESZINTŰ MAGYARÁZAT

A vízmolekulák között hidrogénkötések hálózata alakulhat ki.

↓

✍️ KÖVETKEZTETÉS

részecskeszerkezet → intermolekuláris kölcsönhatás → makroszkopikus tulajdonság

---

PÁROLGÁS – MIÉRT TŰNIK EL GYORSABBAN AZ EGYIK FOLYADÉK?

🟢 ALAP • TC

A folyadék felszínéről egyes molekulák elegendő energiával rendelkezhetnek ahhoz, hogy eltávolodjanak a többi molekulától és gázfázisba kerüljenek.
Ezt nevezzük **párolgásnak**.
Különböző folyadékok nem azonos sebességgel párolognak.

🧪 KÍSÉRLETEZZ!

Cseppents azonos méretű cseppeket a tanár által választott folyadékokból megfelelő felületre!
Figyeld meg:

- melyik folyadék párolog el gyorsabban;
- hogyan változik a cseppek mérete;
- milyen körülményeket kell azonosan tartani ahhoz, hogy az összehasonlítás korrekt legyen.

🔍 VIZSGÁLD MEG!

Mely változókat kell ellenőriznünk?
a folyadék mennyisége – a felület – a hőmérséklet – a légmozgás
Miért nem lenne korrekt például egy nagy vízcseppet egy apró alkoholcseppel összehasonlítani?

🔵 MÉLYEBBEN • CS

FORRÁS ≠ PÁROLGÁS

A **párolgás** a folyadék felszínén megy végbe, és a folyadék forráspontja alatt is megtörténhet.
A **forrás** az egész folyadékban végbemenő intenzív gőzképződés.
Mindkét jelenségben szerepet játszik, hogy a részecskéknek egymástól el kell távolodniuk.

ÉS MI A HELYZET A HALMAZÁLLAPOTTAL?

A 6.2-ben láttuk:

F_2 Cl_2 Br_2 I_2

Valamennyi apoláris molekulákból álló egyszerű anyag, szobahőmérsékleten mégsem azonos a halmazállapotuk:

F_2, Cl_2 – gáz

Br_2 – folyadék

I_2 – szilárd

A sorban növekvő polarizálhatóság és az egyre jelentősebb diszperziós kölcsönhatás hozzájárul ehhez a különbséghez.

⚛️ **részecskeszerkezet → intermolekuláris kölcsönhatás →** 👁️ **makroszkopikus tulajdonság**

🔍 **VISSZA A BUBORÉKVERSENYHEZ!**

A fejezet elején még csak megfigyeltük a buborékok mozgását.

Most már ismerünk három fontos intermolekuláris kölcsönhatást:

diszperziós kölcsönhatás – dipólus–dipólus kölcsönhatás – hidrogénkötés

💡 **MOST MÁR TÖBBET TUDSZ**

A mesében három versenyző szerepelt:

Diszperz – Dipólus – Hidrogénkötés

Mindegyik olyan folyadékot választott, amelyet saját kölcsönhatásával kapcsolt össze.

De már tudjuk:

egy folyadékban nem feltétlenül csak egyféle intermolekuláris kölcsönhatás működik.

A diszperziós kölcsönhatás például poláris molekulák között is felléphet.

A valóság tehát összetettebb a mesénél.

🧪 **A BUBORÉKVERSENY – MÁSODSZOR**

Nézd meg újra a kísérlet eredményét!

Ezúttal ne csak azt kérdezd:

„Melyik buborék nyert?”

Hanem:

„Mit tudunk ebből valóban megállapítani?”

A buborék emelkedési sebességét több tényező befolyásolja. Szerepet játszhat többek között:

- a folyadék viszkozitása;
- a folyadék sűrűsége;
- a buborék mérete;
- a cső mérete és alakja.

Az intermolekuláris kölcsönhatások befolyásolhatják a folyadék tulajdonságait, de a buborék sebessége **nem az intermolekuláris kölcsönhatás erősségének közvetlen mérőszáma**.

💡 **AKKOR TÉVEDETT A MESE?**

A mese egy kémiai gondolatot játékosan személyesít meg.

A tudományos vizsgálat azonban arra tanít, hogy különbséget tegyünk:

megfigyelés → értelmezés → következtetés

között.
A jó kísérletező nemcsak azt kérdezi:
„Mit láttam?”
hanem ezt is:
„Bizonyítja-e a megfigyelésem azt, amit állítok?”

6.6. A VÍZ KÜLÖNLEGES VILÁGA

Mit köszönhetünk a hidrogénkötésnek?

🟢 **ALAP • TC**

Egy pohár víz hétköznapinak tűnik. A víz azonban számos szokatlan tulajdonsággal rendelkezik.
Molekulája kicsi, mégis folyadék szobahőmérsékleten. Forráspontja a hasonló méretű molekulákból álló számos anyagéhoz képest magas. Szilárd állapotban pedig kisebb a sűrűsége, mint folyékony állapotban – ezért úszik a jég a vízen.
E tulajdonságok megértéséhez vissza kell térnünk a vízmolekulák közötti **hidrogénkötésekhez**.

A HIDROGÉNKÖTÉS HATÁSA A VÍZ TULAJDONSÁGAIRA

Az előző részben láttuk, hogy a vízmolekulák közötti hidrogénkötések jelentősen hozzájárulnak a víz viszonylag magas forráspontjához.
A hidrogénkötések hatása azonban nemcsak a forráspontban jelenik meg. Egy másik, különösen érdekes következményükkel minden télen találkozhatunk.

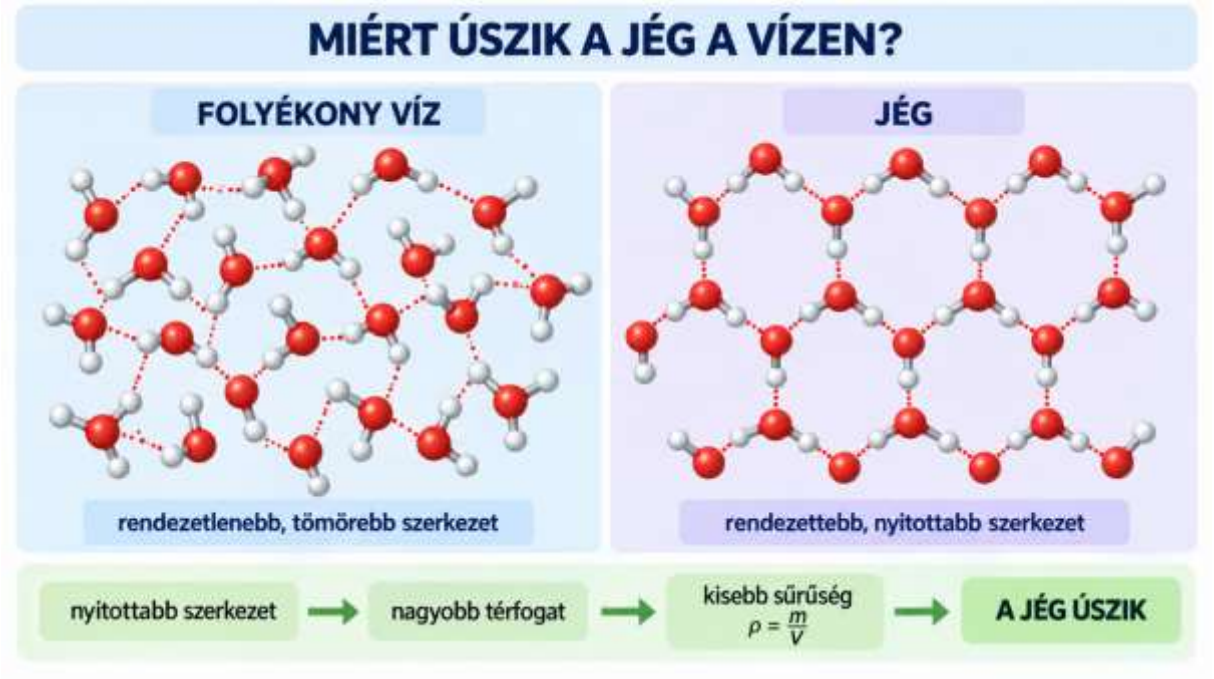
MIÉRT ÚSZIK A JÉG?

💡 **GONDOLKODJ!**

Mi történne egy tóval télen, ha a jég sűrűbb lenne a folyékony víznél?
A legtöbb anyag szilárd állapotban sűrűbb, mint folyadék állapotban. A víz ebből a szempontból különleges.
Fagyáskor a vízmolekulák a hidrogénkötések hatására **rendezettebb, nyitottabb szerkezetet** alakítanak ki. Emiatt azonos tömegű jég nagyobb térfogatot foglal el, mint az azonos tömegű folyékony víz.
Mivel

$$\rho = \frac{m}{V},$$

azonos tömeg mellett a nagyobb térfogat kisebb sűrűséget jelent.
Ezért a jég sűrűsége kisebb a folyékony víz sűrűségénél, és ezért úszik a jég a víz felszínén.



🌎 **KÉMIA A VALÓ VILÁGBAN**

Miért fontos ez az élővilág számára?

Amikor egy tó felszíne megfagy, a jég a felszínen marad. A kialakuló jégréteg csökkenti az alatta lévő víz további hőveszteségét.

Így a molekulák között kialakuló hidrogénkötések hatása egészen a természetben megfigyelhető jelenségekig követhető:

⚛️ **hidrogénkötés**

↓

🧊 **a jég nyitottabb szerkezete**

↓

kisebb sűrűség

↓

👁️ **a jég úszik a vízen**

↓

🌎 **a vízi élővilág számára kedvezőbb téli körülmények**

🟣 **DIÁKOK KÉMIÁJA**

A VÍZ

A kémia nyelvét nemcsak képletek, modellek és egyenletek alkotják. Egy kémiai gondolat történetté, képpé vagy akár verssé is válhat.

Egy korábbi tanuló így írt a vízről:

A VÍZ

Mi a víz, melyből
az élet származik,

S mi a víz, mely a
csapból kifolyik?
Mi a víz, melyben
az élet született,
S mi a víz, mely
nélkül élet nem lehet?
Miből áll a folyó,
s miből a tó?
A hatalmas tenger,
s a kis tocsogó?
Két hidrogén, egy
oxigén – ez nem elég,
Közé kell még
rendszerint egy „szigma” kötés!
De mire megy egy
molekula egyedül,
Magában, a semmi
közepén, társ nélkül?
Kell egy pár, de
ketten együtt mit sem érnek,
Ha nincs kapocs,
mi összeköti őket.
Kapocs kell hát, s
ez a HIDROGÉNKÖTÉS,
Mit ki nem
találhat semmi emberi ész!
Nagy csoda ez,
melynek köszönhető a lét,
S minden, amire
azt mondhatjuk – él…
De a két
molekulához még több is kell,
Hogy az anyag most
már testet is ölthessen.
Csatlakoznak egyre
többen, készül a víz,
Próbáld úszva
felbontani, a H HÍDDAL alig BÍRSZ!

🔍 **KÉMIAI SZEMMEL OLVASVA**

A vers szabadon játszhat a tudomány nyelvével. A kémikus feladata azonban az is, hogy különbséget tegyen **költői kép és tudományos állítás** között.

Keress a versben:

1. egy kémiailag helyes gondolatot;

2. egy költői képet vagy nyelvi játékot;
3. egy olyan állítást, amelyet mai tudásoddal pontosabban fogalmaznál meg.

Hogyan írnád át?

6.7. ÖSSZEFOGLALÁS

Mi történik a molekulák között?

A fejezet elején azt kérdeztük:

Miért maradnak egymás közelében a molekulák?

Megismertük azokat az intermolekuláris kölcsönhatásokat, amelyek segítségével számos, szabad szemmel is megfigyelhető anyagi tulajdonságot értelmezhetünk.

A GONDOLATI ÚT

a molekula elektronszerkezete és térbeli alakja

↓

a molekula polaritása

↓

intermolekuláris kölcsönhatások

↓

a részecskék közötti vonzás

↓

makroszkopikus tulajdonságok

HÁROM FONTOS INTERMOLEKULÁRIS KÖLCSÖNHATÁS

Kölcsönhatás	Hogyan alakul ki?	Hol léphet fel?
Diszperziós kölcsönhatás	Az elektronfelhő pillanatnyi ingadozása pillanatnyi, majd indukált dipólust hozhat létre.	Minden atom és molekula között felléphet.
Dipólus–dipólus kölcsönhatás	Az állandó dipólusok ellentétes részleges töltésű részei vonzzák egymást.	Poláris molekulák között.
Hidrogénkötés	Az erősen elektronegatív atomhoz kovalensen kapcsolódó $H^{\delta+}$ egy másik részecske megfelelő elektronegatív atomjának nemkötő elektronpárjához vonzódik.	Tipikusan F–H, O–H vagy N–H kötést tartalmazó molekulák között.

⚠️ **FONTOS!**

A három kölcsönhatás **nem három egymást kizáró kategória**.

A vízmolekulák között például diszperziós kölcsönhatás is fellép. A víz számos jellegzetes tulajdonságának értelmezésében azonban a **hidrogénkötésnek különösen fontos szerepe van**.

🧠 **HOGYAN GONDOLKODJ?**

Ha egy molekula képletét vagy szerkezetét látod, haladj kérdésekkel!

1. Milyen kötések vannak a molekulán belül?

↓

2. Milyen a molekula térbeli alakja?

↓

3. Poláris vagy apoláris a molekula?

↓

4. Milyen intermolekuláris kölcsönhatások léphetnek fel a molekulák között?

↓

5. Hogyan befolyásolhatják ezek az anyag makroszkopikus tulajdonságait?

🖍️ ALKALMAZD!

A • ALAP

1. Döntsd el, hogy igazak vagy hamisak az állítások! A hibásakat javítsd ki!

a) Apoláris molekulák között nincs vonzó kölcsönhatás.

b) Diszperziós kölcsönhatás poláris molekulák között is felléphet.

c) A δ+ jelölés pozitív iont jelent.

d) A hidrogénkötés a vízmolekulán belüli O–H kötés.

e) A HCl-molekulák között dipólus–dipólus kölcsönhatás léphet fel.

f) Forráskor a vízmolekulák O–H kovalens kötései szakadnak fel.

2. Párosítsd a molekulákat a rájuk jellemző fogalmakkal! Egy molekulához több fogalom is tartozhat.

Cl_2 HCl H_2O

apoláris molekula – poláris molekula – állandó dipólus – hidrogénkötés kialakításának lehetősége – diszperziós kölcsönhatás

3. Egészítsd ki!

pillanatnyi dipólus → _____ dipólus → diszperziós kölcsönhatás

poláris molekula → állandó dipólus → _____ kölcsönhatás

O–H ⋯ O → _____

B • ALKALMAZD ÉS ÉRTELMEZD

4. Vizsgáld meg a következő molekulákat!

CH_4 NH_3 H_2O CO_2 HCl

a) Melyek polárisak?

b) Melyek apolárisak?

c) Melyek között léphet fel dipólus–dipólus kölcsönhatás?

d) Melyek képesek egymás között hidrogénkötést kialakítani?

e) Melyek között léphet fel diszperziós kölcsönhatás?

5. Az F_2, Cl_2, Br_2 és I_2 molekulák valamennyien apolárisak. Szobahőmérsékleten mégsem azonos a halmazállapotuk.

Magyarázd meg a különbséget az elektronfelhő **polarizálhatóságának** és a **diszperziós kölcsönhatásnak** a segítségével!

HIBAKERESŐ

6. Egy tanuló ezt írta:

„A H_2O-ban hidrogénkötés van, a HCl-ben dipólus–dipólus kölcsönhatás, a Cl_2-ben pedig diszperziós kölcsönhatás.”

Miért pontatlan ez a megfogalmazás?
Fogalmazd át úgy, hogy kémiailag pontos legyen!

C • GONDOLKODJ!

7. Két színtelen folyadék

Két folyadékról csak annyit tudsz, hogy azonos körülmények között az egyik gyorsabban párolog, mint a másik.
Egy tanuló kijelenti:
„A lassabban párolgó folyadékban biztosan hidrogénkötés van.”
Elfogadható ez a következtetés?
Indokold a válaszodat!
Milyen további információkat szeretnél megismerni a két anyagról?

---

8. HIBAKERESŐ

Javítsd ki az állításokat!
a) „A vízben a hidrogénkötés tartja össze az oxigén- és hidrogénatomokat.”
b) „Az apoláris molekulák nem vonzzák egymást.”
c) „A poláris molekulák között csak dipólus–dipólus kölcsönhatás van.”
d) „Minél nagyobb egy molekula, annál magasabb a forráspontja.”

🧪 **VIZSGÁLATI KIHÍVÁS**

Tervezz jobb Buborékversenyt!

A fejezet elején megfigyeltük, hogyan mozognak a buborékok különböző folyadékokban.
Most te vagy a kutató.
Tervezz olyan vizsgálatot, amelyben a lehető legkorrektebben hasonlíthatod össze a buborékok mozgását!
Gondold végig:

- Mit változtatsz?
- Mit mérsz?
- Mit tartasz állandóan?
- Hányszor ismétled meg a mérést?
- Hogyan rögzíted az adatokat?
- Milyen következtetést engednek meg az eredmények?
- Milyen következtetést **nem** engednek meg?

🔵 **MÉLYEBBEN • CS**

Ha ismered a buborék által megtett utat és megméred a mozgás idejét, határozd meg az átlagos sebességet:

$$v = \frac{s}{t}$$

Ismételd meg a mérést legalább háromszor!
Miért megbízhatóbb több mérés eredményét figyelembe venni, mint egyetlen mérésből következtetni?

● ALKOSS TE IS!

A fejezetben egy korábbi IX.-es tanuló kémiai meséjével és egy diákkölteménnyel is találkoztál.
Most rajtad a sor.
Válassz egy intermolekuláris kölcsönhatást, és mutasd be **rövid történettel, verssel, képregénnyel, rajzzal vagy más, általad választott formában**.
Egy feltétel van:
A kreatív alkotás mögött a kémia legyen helyes.
Mielőtt késznek nyilvánítod, tedd fel magadnak a kérdéseket:
Mit állítok benne kémiailag?
Biztosan igaz?
Hogyan tudnám ellenőrizni?

✓ ELLENŐRIZD MAGAD!

A fejezet végére képes vagyok…

□ megkülönböztetni a molekulán belüli kémiai kötést a molekulák közötti kölcsönhatástól;
□ megmagyarázni a diszperziós kölcsönhatás kialakulását;
□ felismerni, mikor léphet fel dipólus–dipólus kölcsönhatás;
□ felismerni a hidrogénkötés kialakulásának lehetőségét;
□ kapcsolatot teremteni az intermolekuláris kölcsönhatások és az anyagok egyes makroszkopikus tulajdonságai között;
□ kísérleti megfigyelésből indokolt következtetést levonni, és felismerni azt is, amikor a rendelkezésre álló adatok még nem elegendők a következtetéshez.

KÉMIA – Az anyag története

Bemutató részlet pedagógusok számára

Mózes Edit

IX. osztály	260 oldal
A 2026–2027-től alkalmazandó tanterv alapján	50 lej

Ez a bemutató PDF a teljes tankönyv szerkezetéből, kompetenciaalapú megközelítéséből és a 6. fejezet – Intermolekuláris kölcsönhatások – „Buborékverseny” gondolatmenetéből ad ízelítőt.

A teljes tankönyv elérhető: rezonant.shop

A bemutató részlet kizárólag a kiadvány megismerését szolgálja.