

ANALITIKAI KÉMIA

ANALITIKAI KÉMIA

SZERKESZTETTE
POKOL GYÖRGY

ÍRTA
POKOL GYÖRGY
GYURCSÁNYI E. RÓBERT
SIMON ANDRÁS
BEZÚR LÁSZLÓ
HORVAI GYÖRGY
HORVÁTH VIOLA
DUDÁS KATALIN MÁRIA

A könyv a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.



© Dr. Pokol György, Dr. Gyurcsányi E. Róbert, Dr. Simon András,
Dr. Bezúr László, Dr. Horvai György, Dr. Horváth Viola,
Dudás Katalin Mária, Typotex, Budapest, 2017
Lektorálta Dr. Kristóf János
Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

ISBN 978 963 279 906 3

Témakör: *vegyészet*

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!

Újabb kiadványainkról és akcióinkról a www.typotex.hu

és a facebook.com/typotexkiado oldalakon értesülhet.

Kiadja a Typotex Elektronikus Kiadó Kft.

Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

Főszerkesztő: Horváth Balázs

Műszaki szerkesztő: Dudás Katalin Mária

Művészeti vezető: Sosity Beáta

Készült a Kódex Könyvgyártó Kft. nyomdájában

Felelős vezető: Marosi Attila

Tartalom

I. BEVEZETŐ – Pokol György, Dudás Katalin Mária	9
1. Bevezetés az analitikai kémiába	11
1.1. Alapfogalmak	11
1.2. Bevezető példák az analitika különböző területeiről	12
1.3. A mennyiségi meghatározás általános módszerei	27
1.4. Az elemzések minőségbiztosításának alapjai	27
 II. KLASSZIKUS ANALITIKA – Pokol György, Dudás Katalin Mária	31
A) TITRIMETRIA	33
2. Bevezetés a titrimetriába	35
2.1. A mérőoldatok koncentrációja	36
2.2. Titráltsági fok	37
3. Sav-bázis titrálások	38
3.1. Erős sav vagy erős bázis titrálása	38
3.2. Egyértékű gyenge sav vagy gyenge bázis titrálása	46
3.3. Többértékű savak és bázisok titrálása	56
3.4. Sav-bázis titrálások nemvizes közegben	60
3.5. Kérdések és számolási feladatok	61
4. Komplexometria	68
4.1. Bevezető	68
4.2. Kelatometriás titrálás	70
4.3. Kérdések és számolási feladatok	77
5. Csapadékos titrálás	78
5.1. Argentometria	78
5.2. Kérdések és számolási feladatok	85
6. Redoxititrálás	88
6.1. Bevezető	88
6.2. Permanganometria	96
6.3. Jodometria	98
6.4. Bromatometria	101
6.5. Cerimetria	102
6.6. Kromatometria	102
6.7. Kérdések és számítási feladatok	103

B) GRAVIMETRIA	109
7. Bevezetés a gravimetriába	111
7.1. Példák gravimetriás mérésre	112
7.2. Csapadékképző mérési módszerek összehasonlítása	113
7.3. Kérdések és számítási feladatok	114
 III. MŰSZERES ANALITIKA.....	115
C) ELEKTROANALITIKA – Gyurcsányi E. Róbert	117
8. Bevezetés az elektroanalitikába	119
8.1. Az elektroanalitikai módszerekről általánosságban	119
9. Potenciometria	124
9.1. Bevezetés a potenciometriába	124
9.2. Galvánecellák.....	126
9.3. Referenciaelektród (vonatkozási elektród).....	131
9.4. Indikátorelektrodok.....	138
10. Konduktometria.....	162
10.1. A vezetés meghatározása	163
10.2. Konduktometriás titrálások.....	167
11. Kérdések és számítási feladatok	173
D) SPEKTROSZKÓPIA	175
12. Optikai spektroszkópia – Simon András, Dudás Katalin Mária	179
12.1. Bevezetés az optikai spektroszkópiába.....	179
12.2. Az optikai spektrométerek felépítése	194
12.3. Ellenőrző kérdések.....	220
13. Atomspektroszkópia – Bezúr László	222
13.1. Bevezetés az atomspektroszkópiába.....	222
13.2. Lángemissziós módszer, lángfotometria.....	264
13.3. Szikraspektrometria.....	265
13.4. Induktív csatolású plazmaoptikai emissziós módszer	268
13.5. Atomabszorpciós spektrometria.....	282
13.6. Induktív csatolású plazma tömegspektrometriás módszer	305
13.7. Ellenőrző kérdések.....	323
14. Optikai molekuláspektroszkópia – Simon András, Dudás Katalin Mária.....	328
14.1. Ultraibolya-látható spektroszkópia	328
14.2. Lumineszcenciaspektroszkópia.....	341
14.3. Infravörös spektroszkópia	348
14.4. Ellenőrző kérdések.....	365

15. Tömegspektrometria – <i>Simon András, Dudás Katalin Mária</i>	367
15.1. Bevezetés a tömegspektroszkópiába.....	367
15.2. A tömegspektrométerek részegységei.....	372
15.3. Ellenőrző kérdések	388
Irodalom	389
E) ELVÁLASZTÁSTECHNIKA – <i>Horvai György, Dudás Katalin Mária</i> ...	391
16. Bevezetés az elválasztástechnikába.....	393
17. Kromatográfia.....	395
17.1. Bevezetés a kromatográfiába.....	395
17.2. Gázkromatográfia.....	417
17.3. Folyadékkromatográfia.....	441
18. Elektroforézis	452
18.1. Az elektroforézis rövid ismertetése	452
F) IMMUNANALITIKA – <i>Horváth Viola</i>	459
19. Bevezetés az immunanalitikába.....	461
19.1. Alapfogalmak	463
19.2. Az immunrendszer működése (olvasmány)	464
20. Az ellenanyag	467
20.1. Az ellenanyagok szerkezete	467
20.2. Az antigén-ellenanyag reakció egyensúlya.....	468
20.3. Az ellenanyagok egyedülálló tulajdonságai – az immunanalitikai módszer jellemzői	469
20.4. Az antigén-ellenanyag komplex szerkezete.....	469
20.5. Ellenanyagok előállítása analitikai célra	472
21. Immunanalitikai módszerek.....	476
21.1. A mérési módszerek csoportosítása	476
21.2. Jelölés nélküli technikák	477
21.3. Jelölt immunreagenst használó mérések – immunoassayek.....	480
22. Mennyiségi meghatározás immunoassayekkel.....	494
22.1. Kalibráció.....	494
22.2. Immunoassayek a gyakorlatban	495
23. Ellenőrző kérdések	501
Ábrák jegyzéke	502
Táblázatok jegyzéke.....	510

I. Bevezető

Pokol György, Dudás Katalin Mária

1. BEVEZETÉS AZ ANALITIKAI KÉMIÁBA.....	11
1.1. Alapfogalmak	11
1.2. Bevezető példák az analitika különböző területeiről.....	12
1.2.1. Szabad zsírsavak mérése olajokban, szerves zsírokban – titrimetria.....	12
1.2.2. Teljes zsírsavtartalom meghatározása.....	17
1.2.3. Vas meghatározása sörben – AAS.....	17
1.2.4. Cement alumíniumtartalmának meghatározása.....	22
1.2.5. Véralkohol gázkromatográfiás mérése	23
1.2.6. A motorbenzin szénhidrogén összetevőinek mérése gázkromatográfiával	27
1.3. A mennyiségi meghatározás általános módszerei.....	27
1.4. Az elemzések minőségbiztosításának alapjai	27
1.4.1. Az analitikai módszerek teljesítményjellemzői	29

1. Bevezetés az analitikai kémiába

1.1. Alapfogalmak

Az analitikai kémia az anyagok minőségi és mennyiségi elemzésének módszereit, az elemzés általános lépéseit és szempontjait, a módszerek alkalmazási lehetőségeit, valamint az elemzési eredmények értékelésének és megbízhatóságának kérdéseit tárgyalja.

Annak ismeretére, hogy milyen anyaggal van dolgunk, a gyakorlat és a kutatás minden területén (és nem csak a kémiában és kémiai technológiákban) mindig szükség van. Elemzéseket végeznek a természet és a környezet leírásához, a technológiai folyamatok követéséhez, ipari termékek – köztük élelmiszerek, gyógyszerek – minőségének ellenőrzésére, illetve egészségügyi céllal.

- Az elemzések közvetlen eredményei a vizsgálati anyag összetételéről, szerkezetéről, tulajdonságairól adnak felvilágosítást. Az analitikus feladata azonban ezen túlmutat: értelmezni is kell az eredményt, következtetéseket kell levonnia a felhasználó számára (például, hogy megfelelő-e az ivóvíz minősége, alkalmas-e a nyersanyag a feldolgozásra, biztonságos-e az élelmiszer). Ehhez **jól kell ismernie a felhasználó problémáját**.
- Olyan módon kell **megfogalmaznia a mérési eredményeket**, hogy a felhasználó azt egyértelműen megértse.
- Bizonyítania kell, hogy az általa szolgáltatott **eredmény megbízható**.

A tananyag az analitikai kémia alapfogalmait és legfontosabb módszereit ismerteti.

Egy vizsgálati anyag (pl. felszíni víz) elemzésekor (analízisekor) használatos alapfogalmak:

- **Minta:** a vizsgálati anyag egy részlete (pl. a folyóból kivett víz). Részminta: több vizsgálatához a mintát több részletre osztjuk.

- **Analát** vagy analit (anolyte): a vizsgálándó, mérendő komponens (pl. Pb) a mintában.
- **Mátrix**: az analát melletti egyéb, kísérő komponensek együttese a mintában.

Az analitikai feladat típusai:

1. Minőségi elemzés:

Mely komponensek vannak jelen a mintában? Ezen belül

- a) **azonosítás** (identification), egy vagy több komponens minőségére vonatkozó feltételezés igazolása, pl. a tableta fő tömege acetilszalicilsav (aszpirin),
- b) **kimutatás** (detection): a mintában a keresett komponenst kimutattuk, „jelen van” / nem mutattuk ki, „nincs jelen”.

2. Mennyiségi elemzés:

- a) **mérés, meghatározás** (measurement, determination): a kérdéses komponens koncentrációjának, mennyiségének meghatározása.

3. Szerkezet, tulajdonságok jellemzése.

A minőségi és a mennyiségi elemzés nem különülhet el élesen. Kimutatás esetében tudnunk kell, hogy mi az a határ, amely felett az adott módszerrel már észleljük a komponens jelenlétét; mennyiségi elemzés esetén biztosnak kell lennie, hogy a kívánt összetevőt, és csak azt mérjük, valamint általában meg kell adni, hogy az alkotó jelentős vagy kis mennyiségben van jelen.

Az analitikai mérések fő típusai a klasszikus analitika és a műszeres analitika. A következő fejezetekben ezeket a módszereket fejtjük ki részletesebben.

- **Klasszikus** analitika: csak pontos térfogat- és tömegmérő eszközöket használ.
- **Műszeres** analitika: egyéb mérőeszközökre is szükség van.

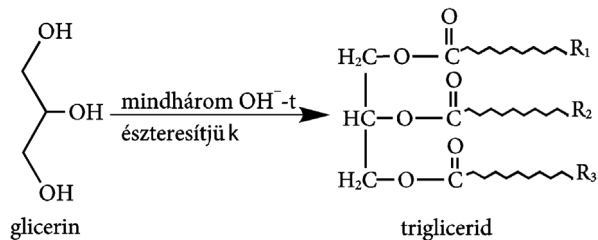
1.2. Bevezető példák az analitika különböző területeiről

1.2.1. Szabad zsírsavak mérése olajokban, szerves zsírokból – titrimetria

A szabad zsírsavtartalom befolyásolja a felhasználhatóságot: a sok szabad zsírsav lehetetlenné teszi a zsírokat, olajokat, bizonyos szabad zsírsavtartalom felett az olaj nem keményíthető.

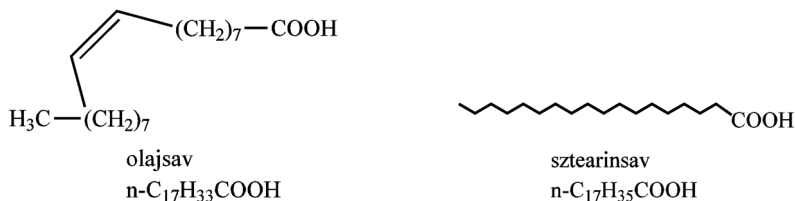
Az analitikai feladat: az összes szabad zsírsav meghatározása (mennyiségi elemzés).

Az analát: a természetes olajok és zsírok fő tömegét a trigliceridek (a glicerinnal zsírsavas észterei) alkotják.



1.2.1. ábra. A trigliceridek szerkezeti képlete

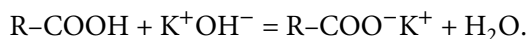
A zsírsavak általában nem elágazó láncúak, lehetnek telítettek vagy telítetlenek. Például:



1.2.2. ábra. Az olajsav és a sztearinsav szerkezeti (konstitúciós) képlete

A meghatározás alapvető kölcsönhatáson alapszik:

A kölcsönhatás kiválasztása: reakció (kémiai/fizikai) kiválasztása → sav-bázis reakció a legmegfelelőbb:



A meghatározás lépései: zsírsavak teljes **semlegesítése** → mennyi reagens kell ehhez? → az eredményből zsírsavtartalom számítása.

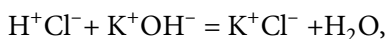
Módszer (térfogatós analízis = titrimetria):

1. A KOH-**mérőoldatot** fokozatosan adjuk hozzá a mintához. (A KOH-mérőoldat koncentrációja ismert.)
2. Keressük az ún. **egyenértékpontot**, ekvivalenciapontot:
 - a) A mérendő komponens és a reagens mennyisége kémiaileg egyenértékű.

Itt az egyenértékűség 1:1 mólarányt jelent, más esetekben ettől eltérő is lehet, pl. $(\text{COOH})_2 + 2 \text{K}^+\text{OH}^- = (\text{COO}^-\text{K}^+)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
 - b) A KOH felhasznált térfogatából és ismert koncentrációjából számolhatjuk ki a mintában lévő zsírsav mennyiségét ($n_{\text{KOH}} = n_{\text{R-COOH}}$).

Kivitelezés:

1. **Mintavétel** (legyen reprezentatív a minta: összetétele legyen azonos a vizsgálati anyag átlagos összetételével).
2. **Minta-előkészítés:** szilárd szennyezők és víz eltávolítása → szűrőpapíron szűrés, majd dietil-éter (Et₂O) oldószerrel oldatkészítés.
3. **Titrálás:**
 - a) **Mérőoldat készítése:** alkoholos KOH (mert szerves anyagot akarunk titrálni) készítése:
A KOH vizes oldatához etil-alkoholt (CH₃CH₂OH) adunk (ilyenkor a KOH-ban lévő K₂CO₃ kicsapódik és leszűrhető).
 - b) **Mérőoldat koncentrációjának meghatározása: faktorozás** (hatóérték meghatározása):
A KOH esetében a pontos koncentráció kiszámítása nem lehetséges bemérés alapján, ezért azt külön lépésben meg kell határozni, ezt nevezzük faktorozásnak.
Pl. 0,1 M (mol/l) KOH-mérőoldat készítésénél
a névleges koncentráció c_N,
a pontos koncentráció c, amely a következő képttel számítható ki:
$$c = c_N \cdot f,$$
ahol f: faktor.

KOH faktorozása sósavmérőoldattal:

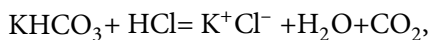
a fenti reakció egyenértékpontjában (eép): $n_{\text{KOH}} = n_{\text{HCl}}$, azaz

$V_{\text{KOH(pipettával bemért)}} \cdot c_{\text{KOH, pontos}} = V_{\text{HCl(büretta fogyás)}} \cdot c_{\text{HCl, pontos (ismert)}}$,
ebből kiszámolható $c_{\text{KOH, pontos}}$, amely segítségével kiszámolható a faktor értéke (f) a következő képlettel:

$$c_{\text{KOH, pontos}} = c_{\text{KOH, névleges}} \cdot f.$$

Sósavmérőoldat faktorozása:

A $c_{\text{HCl, pontos}}$ koncentráció meghatározásához az alábbi folyamat van a segítségünkre:



miel a KHCO₃ pontosan bemérhető (m_{KHCO_3}), sztöchiometrikus, stabil, (nem nedvszívó, nem bomlik), szilárd. A KHCO₃-oldatot HCl-mérőoldattal titrálva, az alábbi képlettel számolhatjuk ki a $c_{\text{HCl, pontos}}$ értékét:

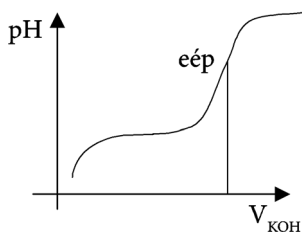
$$n_{\text{KHCO}_3} = \frac{m_{\text{KHCO}_3}}{M_{\text{KHCO}_3}} = V'_{\text{HCl, fogyás}} \cdot c_{\text{HCl}}.$$

Kémiai végpontjelzés:

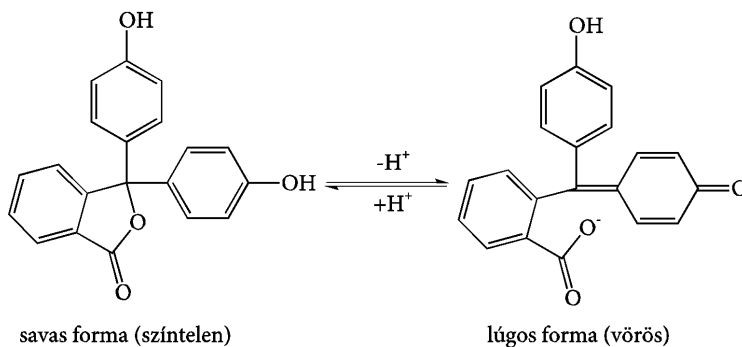
Az indikátor színváltozását figyeljük, az indikátor átcsapása jelzi az egyenértékpontot.

Az indikátort úgy kell kiválasztani, hogy a színváltozással jelzett végpont (gyakorlati fogalom), ahol befejezettnek tekintjük a titrást, közel legyen az egyenértékponthoz (elméleti).

Az egyenértékpont a titrálási görbe inflexiós pontjánál van, tehát olyan indikátort keresünk, amelynek az átcsapása 8–9-es pH körül van. Ilyen indikátor pl. a fenolftalein.



1.2.3. ábra. Sav-bázis meghatározás titrálási görbéje: a pH a kálium-hidroxid-mérőoldatfogyás függvényében



1.2.4. ábra. A fenolftalein szerkezeti képlete

A színváltozást a kinoidális szerkezet kialakulása okozza, amely bizonyos hullámhossztartományban elnyeli a látható fényt. A **titrálás végpontja** az átmeneti színnél van (rózsaszín).

Eredmény:

Savszám: 1 g olaj/zsír szabad zsírsavtartalmának közömbösítéséhez szükséges KOH mennyisége mg-ban. Mértékegysége: mg KOH/g olaj.

Mennyiségi (**kvantitatív**) reakció $\equiv$ a mérendő komponens teljesen elreagál (általában $\pm 0,1\%$ nagyságrendű lehet a hiba a klasszikus analitikában).

Például: ha a savszám 0,1, akkor ez mit jelent % m/m-ban, ha feltételezzük, hogy csak olajsav van jelen?

$$0,1 \frac{\text{mg KOH}}{\text{g olaj}} \cdot \frac{M_{\text{olajsav}}(\text{mg/mmol})}{M_{\text{KOH}}(\text{mg/mmol})} = 0,1 \frac{282}{56,1} \cong 0,5 \frac{\text{mg zsírsav}}{\text{g olaj}} = 5 \cdot 10^{-2} \% \frac{\text{m}}{\text{m}},$$

ha a savszám 1, akkor 0,5% m/m.

Nyers növényi olajok savszáma < 10.

Fogyasztáshoz < 1.

Keményítéshez < 0,1.

$$\text{savszám} = \frac{V_{\text{KOH}}[\text{ml}] \cdot c_{\text{KOH}}[\text{mmol/ml}] \cdot 56,1[\text{mg/mmol}]}{m_{\text{olaj}}[\text{g}]},$$

ahol

$V_{\text{KOH}}[\text{ml}]$: KOH-mérőoldatfogyás a végpontig

$c_{\text{KOH}}[\text{mmol/ml}]$: KOH-mérőoldat koncentrációja

$m_{\text{olaj}}[\text{g}]$: olaj tömege.

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} n_{\text{KOH}} = n_{\text{zsírsav}},$$

megbízhatóság: 0,1–1 savszám esetén 0,5%.

Abszolút hiba = mérési eredmény – valódi érték
[a mért mennyiség mértékegységében van megadva]

$$\text{Relatív hiba} = \frac{\text{abszolút hiba}}{\text{valódi érték (v. mért érték)}} \cdot 100\%$$

Zavaró hatások szabad zsírsav-savszám meghatározás esetében:

- Mérendő komponens: zsírsav.
- **Kísérő komponens:** többi → nem zavar? → igen, az aldehidek zavarnak!
 - Lehet a mintában szennyezés (más sav vagy bázis).
 - Az eljárás során keletkező zavaró komponensek: ha a zsírban van aldehid (mert abból részben sav keletkezik, amely fogyaszt KOH-mérőoldatot).



Az így keletkező savat is megtitráljuk. →

Az ehhez hasonló esetekben a zavaró komponensek úgy reagálnak, mint a mérendő anyag. →

Ezt a zavarást **interferenciának** nevezzük.

1.2.2. Teljes zsírsavtartalom meghatározása

Teljes zsírsavtartalom: a szabad zsírsav és az észterben kötött zsírsavak együtt.

Mivel az észterhidrolízis lassú, ezért nem tudjuk közvetlenül titrálni, így a következőképpen járunk el:

1. **Észterek bontása:** ismert mennyiségű etanolos vagy propanolos KOH-mérőoldatot adunk hozzá úgy, hogy az főlésgben legyen (vagyis többet adunk hozzá, mint amennyi a reakciókhoz elméletileg szükséges).
2. **Melegítjük** (megfelelően hosszú ideig), így az oldat elszappanosodik (bontás után az összes zsírsav só formában van). Tehát **K-szappanok** keletkeztek (zsírsavak kálium-só formában), és maradt még **KOH (a fölösleg)**.
3. **Visszatitrálás:** reagens fölöslegének meghatározása titrálással, HCl segédmérőoldattal.
4. Eredmény:

$$\frac{\text{elszappanosítási szám} \cdot \left[\frac{\text{mg KOH}}{\text{g olaj, zsír}} \right]}{\text{szappanszám}} = \frac{(n_{\text{KOH}} - n_{\text{HCl}}) \cdot M_{\text{KOH}}}{m}$$

5. Észterben kötött zsírsavak mennyiségének megadása:

$$\text{észterszám} = \text{szappanszám} - \text{savszám}.$$

1.2.3. Vas meghatározása sörben – AAS

A koncentráció nagyságrendje: tized mg/l. **Műszeres módszert választunk;** mert ilyen koncentrációtartományban a klasszikus analitikai módszerek általában nem alkalmazhatók közvetlenül.

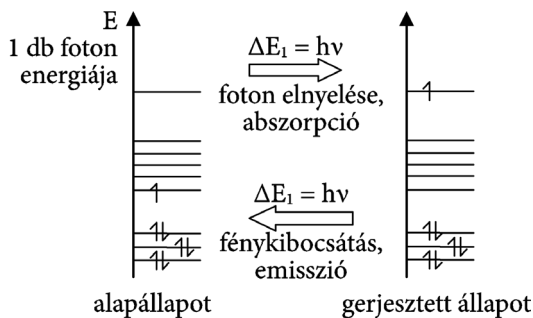
A meghatározás alapja: szabad vasatomok specifikus fényelnyelése.

Módszer: Atomabszorpciós spektrometria (atomic absorption spectrometry, AAS), amelynek elve röviden:

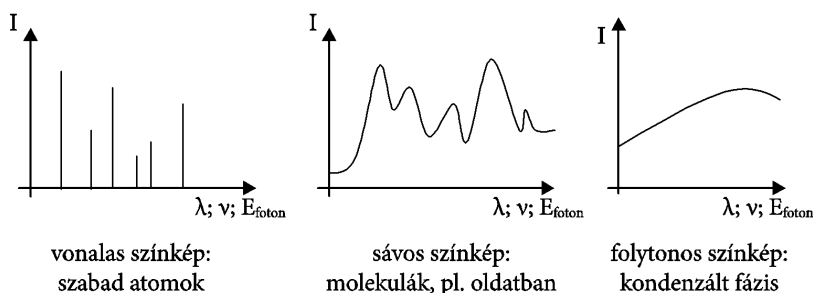
1. A mérendő elemet termikusan szabad atomokká alakítjuk.
2. Ezeket az elemre specifikus hullámhosszúságú fénnel világítjuk meg.
3. A fényelnyelést mérjük.

Az atomszínképek keletkezése:

1. Alapállapot.
2. Abszorpció: gerjesztés fotonelnyeléssel.
3. Gerjesztett állapotok.
4. Emisszió: átmenet kisebb energiájú állapotba fotonkibocsátással.



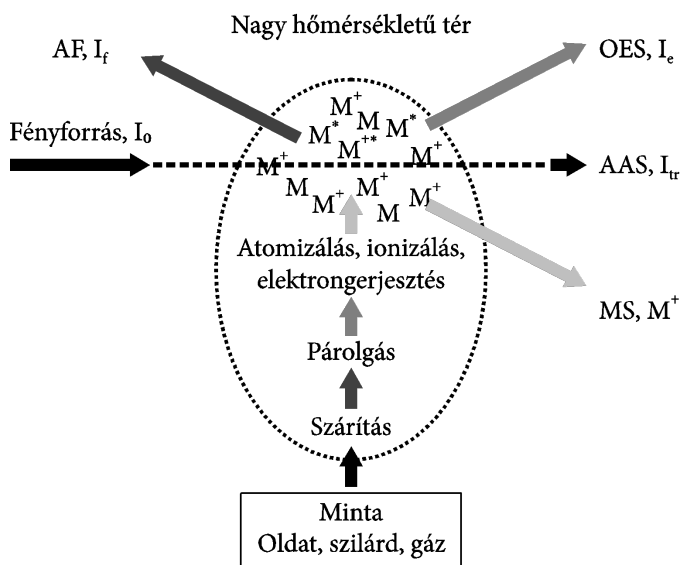
1.2.5. ábra. Az atomszínképek keletkezése

1.2.6. ábra. **Színkép:** intenzitás a hullámhossz (vagy a frekvencia vagy az energia) függvényében. A színkép szabad atomok esetében vonalas (a molekulaszínképek általában sávos szerkezetűek)**Szabad atomok: nincs kölcsönhatásban más részecskével**

A mintában, mely vizes oldat, a Fe +2 és +3 oxidációs fokkal, komplexekben kötött ionok formájában van. A **szabad atomok** (többek között) nagy hőmérsékletű gázokban lehetnek. A jelen példában a szabad atomokat lángban állítjuk elő, vagyis a **láng az atomforrás**. (Más atomforrások is léteznek.)

Milyen fő folyamatokon kell keresztülmennie a mintának?

1. A mintaoldat cseppekre bontása (aeroszolképzés) porlasztással.
2. Atomforrásban (nagy hőmérsékletű tér, pl. láng):
 - a) az oldószer (víz) elpárolgása,
 - b) az oldott anyagok elpárolgása és **hőbomlása**,
 - c) atomizáció: a Fe vegyületeinek bomlása **szabad Fe-atomok** keletkezésével,
 - d) fényelnyelés (megvilágítás külső fényforrással).



1.2.7. ábra. Az atomforrásban végbemenő folyamatok

A mennyiségi meghatározás alapja:

- **Transzmittancia:** $T = I_{tr}/I_0$.
- **Abszorpció:** $A_T = (I_0 - I_{tr})/I_0$,
ahol I_0 – a beeső fény intenzitása az adott hullámhosszon, és
 I_{tr} – az atomforráson átmert (transzmittált) fény intenzitása az adott hullámhosszon.
- **Abszorbancia (A):** arányos az atomok koncentrációjával, kifejezhető a következő képletekkel:

$$A = \lg \frac{I_0}{I_{tr}} = -\lg T, \text{ és } A = k \cdot c_{Fe, \text{ lág.}}$$

A meghatározásra szolgáló kölcsönhatásban (a fényabszorpcióban) **a mérendő komponensnek nem a teljes mennyisége vesz részt**. Az egész folyamatot úgy kell megvalósítani, hogy a mért abszorbancia ne csak a lángban lévő Fe-atomok, hanem a **mintaoldatban lévő vas koncentrációjával is arányos legyen**.

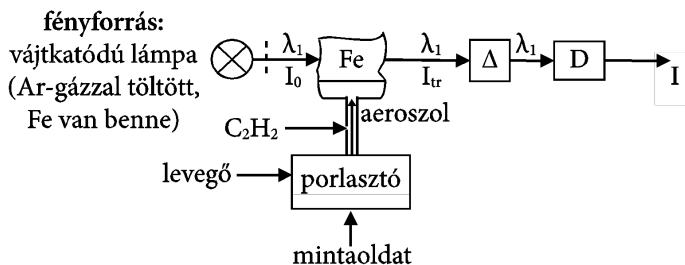
$$A = k' \cdot c_{Fe, \text{ oldat}}$$

Ehhez az szükséges, hogy (egy méréssorozaton belül) a teljes Fe-mennyiségnek ugyanakkora hányada vegyen részt a folyamatban.

A spektrométer fő részei:

- **Fényforrás** (vájtkatódú lámpa), melyben a meghatározandó elem atomjai emittálják a vonalas spektrumot. Ebből az elemzéshez egyetlen vonalat (egy bizonyos hullámhosszúságú fényt) használunk. Mérés Fe esetében 248,3 nm hullámhosszú (UV-tartományban) fényforrással.
(Megjegyzés: más, fényelnyelésen alapuló spektroszkópiai eljárásokban folytonos színekű fényforrásokat használnak, és a kívánt hullámhosszt monokromátorral választják ki.)
- **Porlasztó:** A mintaoldatot általában az égést tápláló gázzal porlasztjuk. Ezt a nagy cseppek leválasztása és az aeroszolnak az éghető gázzal való keverése követi.
- **Atomforrás:** esetünkben acetilén–levegő láng (kb. 2500 K).
- **Monokromátor:** az atomforráson átbocsátott fényből az elemspecifikus hullámhossz környezetét engedi át.
- **Detektor:** a fényintenzitással arányos jelet ad.

A mérési elrendezés:

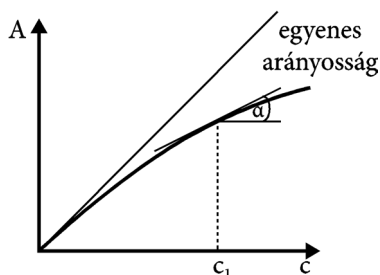


1.2.8. ábra. Atomabszorpciós mérés vázlata

A kísérő komponensek zavaró hatása:

- A sörök különböző szén-dioxid-tartalma befolyásolja (segíti) a porlasztás hatásosságát. Erős kikeveréssel a szén-dioxid fölöslege eltávolítható.
- A különböző sörök viszkozitása eltér a különböző oldott anyag (extrakt) tartalom miatt, ez szintén a porlasztás hatásosságát – és ezen keresztül a mérés érzékenységét – befolyásolja.

Mátrixhatás: ha a zavaró komponens nem ad a mérendőhöz hasonló jelet, de megváltoztatja az érzékenységet.



1.2.9. ábra. Érzékenység grafikus meghatározása

$$\operatorname{tg} \alpha = s = \frac{d(\text{jel})}{d(\text{konc})},$$

ahol s : érzékenység (sensitivity).

Az érzékenység tehát a jel–koncentráció–függvény (vagy a jel–mennyiség–függvény) meredeksége.

Most a jel az abszorbanca (A), a koncentráció pedig c_{Fe} , oldat.

Érzékenység meghatározása az adott mintában:

Sztenderd addíciós módszerrel

Az érzékenységet magában a mintaoldatban határozzuk meg, **sztenderd addíciós módszerrel**. (c_1 -et keressük, A_1 és A_2 pedig mérési eredmények).

1. **mérés:** 25,0 ml mintaoldat,
tisztá vízzel 50,0 ml-re kiegészítve

$$A_1 = s \cdot c_1.$$

2. **mérés:** 25,0 ml mintaoldat + 0,5 ml 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ koncentrációjú sztenderd oldat, tiszta vízzel 50,0 ml-re kiegészítve

$$A_2 = s \frac{c_1 \cdot 25 \text{ ml} + 10 \mu\text{g}/\text{ml} \cdot 0,5 \text{ ml}}{50 \text{ ml}}.$$

A meghatározás megbízhatósága: 1–2 relatív %.