

A ionok színe oldatban, csapadékképződési és komplexképzési reakciók az érettségin

Ionok színe vizes oldatban

Az érettségin előforduló ionok közül, azok amelyek csak zárt alhéjakat (s^2 , p^6 , d^{10} , f^{14}) tartalmaznak vizes oldatban színtelenek. Ilyenek a halogenidionok (fluorid-, klorid-, bromid-, jodidion), a szulfidion, a szokásos összetett ionok (oxónium-, hidroxid-, ammónium-, szulfát-, nitrát-, karbonát-, foszfát-, acetát, formiát, hidrogén-szulfátion stb.). Az egyetlen érettségin is szereplő színes összetett anion a permanganácion, amely vizes oldatban lila.

A főcsoportok kationjai (pl. Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} stb.) és az Ag^+ és a Zn^{2+} -ionok vizes oldatban színtelenek (ezeknek csak zárt alhéjai vannak).

Az oldatban színes fémionok csak a mellékcsoportokban lehetnek (mert csak itt vannak olyan ionok, amelyek nem zárt alhéjakat tartalmazhatnak). A következő nem színtelen fémionok színét kell az érettségin ismerni:

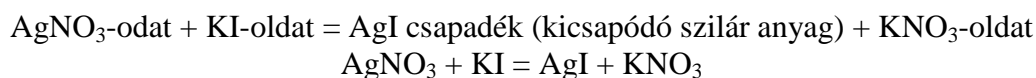
Cu^{2+} : kék, Fe^{2+} : (halvány)zöld, Fe^{3+} : sárga¹, Ni^{2+} : zöld, Co^{2+} : (vöröses)rózsaszín.²

Csapadékképződés

A kémia érettségin néhány szervesetlen anyagról fejből is kell tudni, hogy vízben jól vagy rosszul oldódik³. A (nagyon) rosszul oldódó anyagok megfelelő töménységű oldatok összeöntésekor csapadékként csapódnak ki. Ezeknek a csapadékoknak a színe is része a tananyagnak.⁴

Ha két jól oldódó vegyület vizes oldatát összeöntjük, akkor lehetséges, hogy olyan ionok lesznek az összeöntött oldatban, amelyek együtt egy rosszul oldódó vegyületet képeznek, így az oldatból szilárd anyag (csapadék) csapódik ki.

Ha például ezüst nitrát oldatot összeöntünk kálium-jodid oldattal, akkor egy oldatba kerül az ezüstion és a jodidion, viszont az ezüst-jodid rosszul oldódik vízben, így halványsárga szilárd anyagként kicsapódik az oldatból.



Ezeket a folyamatokat a reakció lényegét kifejező ionegyenlettel is leírhatjuk. A teljes egyenletekhez képest azok az ionok nem szerepelnek az ionegyenletben, amelyekkel semmi változás nem történik.

¹ Az oldott vas(III)ion sárga színének egyéb feltételei (pH, megfelelő anionok) is vannak, de ezt az érettségin nem kell tudni.

² Ezeket a színeket hiába keresed a Függvénytáblázatban, ez nincs benne, tehát fejből kell tudni.

³ A Függvénytáblázat „Néhány rosszul oldódó vegyület oldhatósága” c. táblázata azért segíthet, hiszen ami ebben szerepel az rosszul oldódik, vagyis csapadéknak tekinthető.

⁴ Ezeket a színeket hiába keresed a Függvénytáblázatban, ez nincs benne, tehát fejből kell tudni.

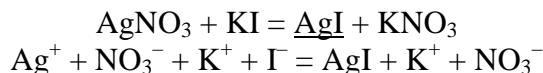
Az AgNO_3 -oldatban ezüstionok (Ag^+) és nitrátionok (NO_3^-) vannak.

A KI-oldatban káliumionok (K^+) és jodidionok (I^-) vannak.

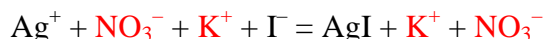
Az AgI gyakorlatilag nem oldható vízben (csapadék)⁵.

KNO_3 -oldat káliumionok (K^+) és nitrátionok (NO_3^-) vannak.

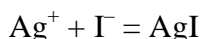
Ha az előző reakciót úgy írjuk le, hogy azokat az anyagokat, amelyek az oldatokban oldott ionokként vannak jelen ionokként írjuk akkor az alábbi egyenletet kapjuk:



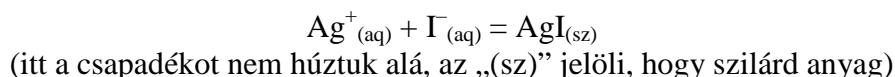
Pirossal kiemelve azokat az ionokat, amelyek nem változnak:



Ezeket az ionokat az ioneqnyenletben nem tüntetjük fel, hiszen velük nem történik semmilyen változás a folyamatban, így egy egyszerű egyenlethez jutunk, amit a reakció ioneqnyenletének nevezünk:



Az ioneqnyenletben is feltüntethetjük az anyagok állapotát: (sz) = szilárd, (aq) = oldott, így az egyenlet:



a) fém-nitrátok

Minden fém nitrátja jól oldódik vízben, tehát egyik sem csapadék.

b) fém-hidroxidok

Jól oldódnak (tehát nem csapadékok) az I. főcsoport (pl. NaOH, KOH) és a II. főcsoportból a $\text{Ba}(\text{OH})_2$. A $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (oltott mész) oldhatósága közepes, tehát csak elég tömény oldatokból csapódik ki. Ezeken kívül (szinte) minden fém-hidroxid csapadék.

A következő fém-hidroxid csapadékokat kell tudni a színükkel együtt (gondolj a már megtanult fémionok oldatbeli színére, s akkor egyszerűbb megjegyezni):

$\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ - **fehérek** (ezek a fémionok oldatban színtelenek)

$\text{Fe}(\text{OH})_2$: (piszkos)**zöld** (vas(II)ion oldatban (halvány)**zöld**)

$\text{Fe}(\text{OH})_3$: (vörös)**barna** (vas(III)ion oldatban **sárga**)

$\text{Cu}(\text{OH})_2$: (világos)**kék** (réz(II)ion oldatban **kék**)

$\text{Co}(\text{OH})_2$: **rózsaszín** (kobaltion oldatban (vöröses)**rózsaszín**)⁶

$\text{Ni}(\text{OH})_2$: (alma)**zöld** (nikkelion oldatban **zöld**)

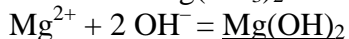
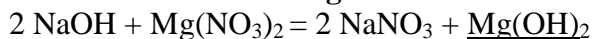
⁵ Az, hogy gyakorlatilag nem oldódik azt jelenti, hogy a szokásos $0,05\text{-}2 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatokat használva az anyag kicsapódik. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy egyáltalán nem oldódik, csak annyit, hogy az oldott formában maradó anyag mennyisége elhanyagolható a kicsapódó anyag mennyiségéhez képest. Ha valamelyik reagens feleslegben van, akkor a csapadék oldhatósága (általában) még rosszabb, mint tiszta vízben. A csapadékképződés során a csapadékképzésben szerepet játszó oldott ionok mennyisége az összeöntött oldatban elhanyagolható (ha valamelyik ion feleslegben van, a felesleg természetesen az oldatban marad). Ezért az ioneqnyenletben a csapadékot nem írjuk ionosan (még akkor sem, ha az anyag ionvegyület, mert az ioneqnyenletben csak az oldott formában lévő ionokat írjuk ionosan).

⁶ Az érettségi nem kell tudni, de ha kobalt(II)-sók oldatához nátrium-hidroxidot öntünk

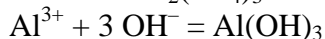
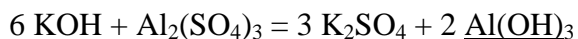
A fém-hidroxidok magasabb hőmérsékleten fém-oxidra és vízre bomlanak (a magasabb hőmérséklet nagyon változó: pár száz, de akár pár ezer fok is lehet). Az ezüst-hidroxid (AgOH) annyiban különleges, hogy már szobahőmérsékleten is bomlik. Tehát ha csapadékként keletkezik, akkor pár pillanat alatt el is bomlik, így az AgOH csapadék helyett az egyenletekben ezüst-oxidot (Ag₂O) kell írni, hiszen ez a stabilan megmaradó anyag. Az ezüst-oxid (kávé)barna színű.

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

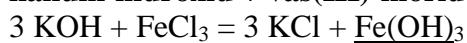
nátrium-hidroxid + magnézium-nitrát



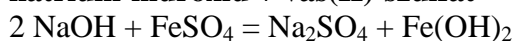
kálium-hidroxid + alumínium-szulfát



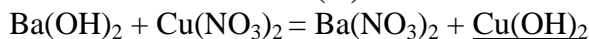
kálium-hidroxid + vas(III)-klorid



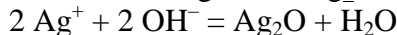
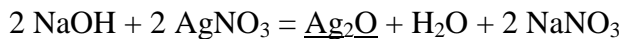
nátrium-hidroxid + vas(II)-szulfát



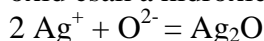
bárium-hidroxid + réz(II)-nitrát



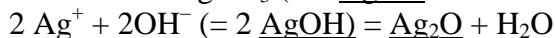
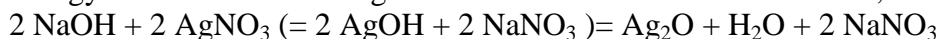
nátrium-hidroxid + ezüst-nitrát = ezüst-oxid + víz + nátrium-nitrát



Az ioneqyenletben nem oxidion szerepel, mivel a vizes oldatban hidroxidionok vannak, az ezüst-oxid csak a hidroxid bomlásával keletkezik. Tehát az alábbi ioneqyenlet nem helyes:



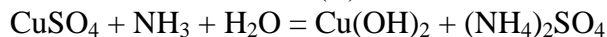
Az egyenletbe az átmenetileg keletkező ezüst-hidroxid is beleírható, de nem szükséges:



A fém-hidroxid csapadékok leválasztásához nátrium- vagy kálium-hidroxid-oldatot vagy ammónia-oldatot⁷ használunk. Az ammónia-oldat használatánál is elfogadott, hogy az ioneqyenletben hidroxidiont írunk, mert ha egy fémion hatására a hidroxidionok kicsapódnak az oldatból, akkor az ammónia + víz reakció a disszociáció irányába tolódik el, s így keletkezhetnek folyamatosan hidroxidionok az oldatban.

⁷ Az ammónia-oldatot (főként régebben) ammónium-hidroxid-oldatnak is nevezték, de ez nem szerencsés, mert több kémia tanár „allergiás” erre a kifejezésre, s nem tudhatod, hogy az érettségien ki ül veled szemben mert valójában az ammónia-oldat egy egyensúlyi rendszer, amelyben főként ammóniamolekula formában van jelen az oldott anyag. Az „NH₄OH” nem nyerhető ki az oldatból, vízmentes formában nem létezik, kerüljük a használatát névként és képletként is.

rézgálicoldat + ammóniaoldat = réz(II)-hidroxid + ammónium-szulfát

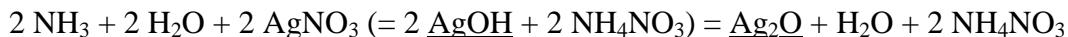


ionegyenlettel mindez sokkal egyszerűbb, mert az $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ reakciót figyelembe véve az ammónium és szulfácionok elhagyhatók:



Írd le a következő csapadékképződési reakció teljes és ionegyenletét!

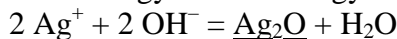
ezüst-nitrát + ammóniaoldat



de mivel mindkét oldalon szerepel egy vízmolekula, ez elhagyandó:

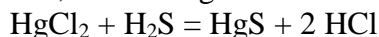


a sokkal egyszerűbb ionegyenlet megegyezik a NaOH-dal írt reakció ionegyenletével:

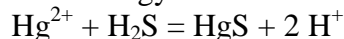


c) fém-szulfidok

Az I. főcsoport szulfidjainak kivételével a fém szulfidok rosszul oldódnak vízben (néhány fém szulfid oldás közben átalakul, de ez nem szerepel az érettségi tananyagban). Az oldhatatlan fém-szulfidok nagyon gyakran fekete csapadékként csapódnak ki a vizes oldatokból. A szulfidcsapadékok nem csak oldható fém-szulfidokkal, hanem kénhidrogén (H_2S) gáz oldatba vezetésével is leválaszthatók⁸ (a H_2S gázt nem írjuk ionegyenletben sem ionosan, mert kovalens kötésű molekulavegyület és gyenge sav, vízben alig disszociál ionokra).



ionegyenlettel:



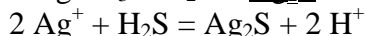
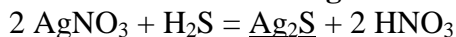
A következő fém-szulfid csapadékokat kell tudni a színükkel együtt:

Ag_2S , PbS , HgS , CuS , FeS : fekete

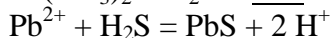
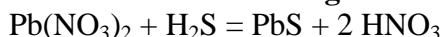
ZnS : fehér

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ionegyenletét!

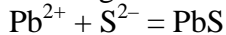
ezüst-nitrát + kénhidrogén



ólom-nitrát + kénhidrogén

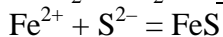
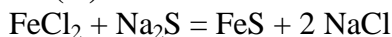


Mivel a H_2S gáz és vízben alig disszociál ionokra, helyesebb az ionegyenlet, ha H_2S szerepel benne és nem S^{2-} , de a szulfidionnal írt egyenlet is elfogadható (mert a csapadék keletkezésének során a H_2S végül is disszociál). Ez a többi kénhidrogénes egyenletre is igaz.



Ha egy ólomvegyület nevében nincs szám, akkor az ólom(II) vegyületet jelent, mert ez a vizes oldatban stabil ólomion.

vas(II)-klorid + nátrium-szulfid



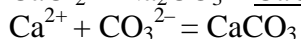
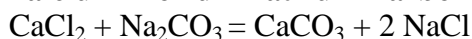
⁸ Az, hogy egy szulfidcsapadék leválasztható-e kénhidrogénnel, az a csapadék oldhatóságától függ. De ezt nem kell tudni az érettségiben. A vas(II)-szulfid vas(II)-sók oldatából nátrium szulfiddal leválasztható, de pl. sósav hatására kénhidrogént fejleszt és feloldódik, vagyis savas oldatban, kénhidrogén hatására nem válik le csapadékként. A higany(II)-szulfid viszont olyan oldhatatlan, hogy csak királyvízben lehet feloldani

d) fém-karbonátok és foszfátok

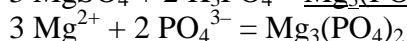
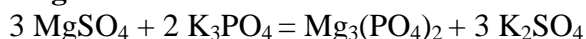
Az I. főcsoport féminek kivételével ezek rosszul oldódó vegyületek. A színét csak a kalcium- és magnéziumsóknak kell tudni, ezek fehérek. A karbonátok fontos kőzetépítő ásványok (mészke: CaCO_3 , magnezit: MgCO_3 , és dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), de a meszes vázú állatok külső vázát is főképp mészke alkotja, a kalcium-foszfát pedig a csontok legfontosabb szeretlen anyaga⁹. A kalcium- és magnézium- karbonát ill. foszfát fehér.

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

kalcium-klorid + nátrium-karbonát



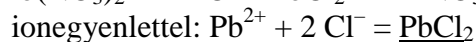
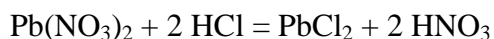
magnézium-szulfát + kálium-foszfát



e) fém-kloridok

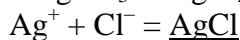
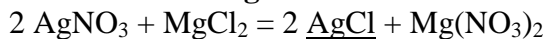
A fém-kloridok általában jól oldódó vegyületek, két rosszul oldódó fém-kloridot kell tudni: AgCl és PbCl_2 , amelyek fehérek. A kloridcsapadékok nem csak oldható fém-kloridokkal, hanem sósavval (HCl vizes oldata) is leválaszthatók. (Mivel a sósav erős sav, a sósavban a HCl disszociált formában van jelen, ioneqyenletben a sósavat, hasonlóan a salétromsavhoz vagy kénsavhoz ionosan írjuk.)

ólom-nitrát + sósav = ólom-klorid + salétromsav



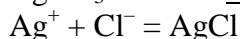
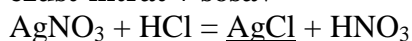
Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

ezüst-nitrát + magnézium-klorid

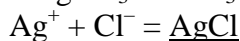
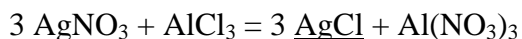


(nem $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{Cl}^- = 2 \underline{\text{AgCl}}$ mert az ioneqyenletekben is a lehető legkisebb egész együtthatók szerepelnek)

ezüst-nitrát + sósav



ezüst-nitrát + alumínium-klorid



(nem $3 \text{Ag}^+ + 3 \text{Cl}^- = 3 \underline{\text{AgCl}}$ mert az ioneqyenletekben is a lehető legkisebb egész együtthatók szerepelnek)

Látható, hogy a reakciók ioneqyenlete azonos, hiszen a reakció lényege, az oldhatatlan ezüst-klorid képződése is azonos bennük.

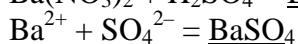
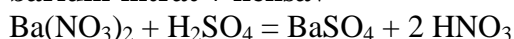
f) fém-szulfátok

A fém-szulfátok általában jól oldódó vegyületek, két rosszul oldódó fém-szulfátot kell tudni: BaSO_4 és PbSO_4 , amelyek fehérek.

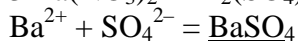
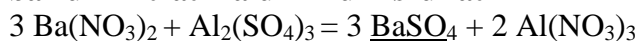
⁹ A kémia érettségien nem kell tudni, de a csontban a kalcium-foszfát főként kettős sók, apatitok formájában szerepel, ilyen só pl. a hidroxilapatit: $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, vagy a fluorapatit: $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2 = \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$.

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

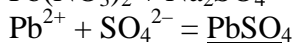
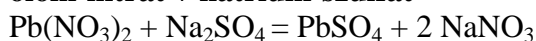
bárium-nitrát + kénsav



bárium-nitrát + alumínium-szulfát



ólom-nitrát + nátrium-szulfát

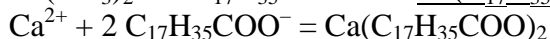
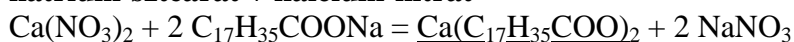


g) szappanok csapadékképzése

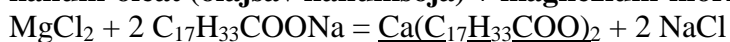
A zsírsavak nátrium- és káliumsói vízben jól oldódó vegyületek (szappanok). Kemény víz hatására a keménységet okozó kationok a szappanok anionjaival fehér csapadékot képeznek (ezáltal rontják a szappanok mosóhatását).

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

nátrium-sztearát + kalcium-nitrát



kálium-oleát (olajsav káliumsója) + magnézium-klorid

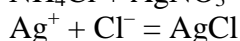
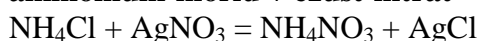


h) ammóniumsók

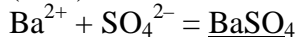
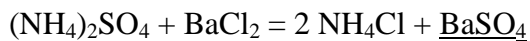
Minden ammóniumsó jól oldódik vízben.

Írd le a következő csapadékképződési reakciók teljes és ioneqyenletét!

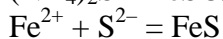
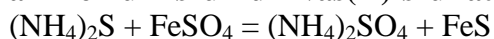
ammónium-klorid + ezüst-nitrát



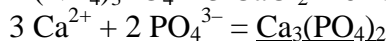
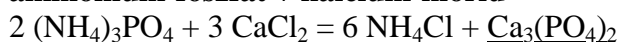
ammónium-szulfát + bárium-klorid



ammónium-szulfid + vas(II)-szulfát



ammónium-foszfát + kalcium-klorid

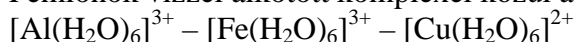


Komplekxképződés

Az érettségien csak néhány komplex vegyülettel találkozhatunk. Ezekben a komplexekben egy központi fémionhoz datív kötéssel kapcsolódnak a ligandumok (víz, ammónia vagy hidroxidion). A komplex ionok töltése a központi fémion és a ligandumok töltésének összegéből meghatározható (víz és ammónia esetén ez azonos a központi fémion töltésével). A központi fémionhoz kapcsolódó ligandumok számát koordinációs számnak nevezik.¹⁰

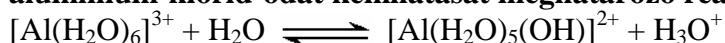
a) akvakomplexek

Fémionok vízzel alkotott komplexei közül a következőket kell tudni¹¹:

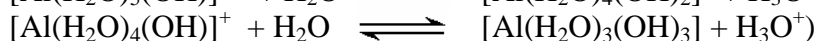
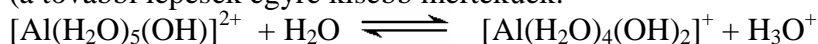


Írd le a következő reakció ioneqyenletét!

alumínium-klorid-odat kémhatását meghatározó reakció ioneqyenlete (első reakciólépés elég)

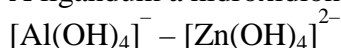


(a további lépések egyre kisebb mértékűek:



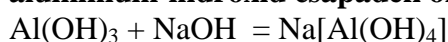
b) hidroxokomplexek

A ligandum a hidroxidion, ezek közül kettőt kell tudni¹²:



Írd le a következő reakciók teljes és ioneqyenletét!

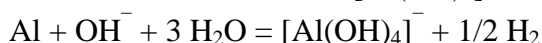
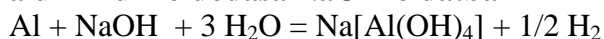
alumínium-hidroxid csapadék oldódása NaOH-oldat feleslegében



cink-hidroxid csapadék oldódása NaOH-oldat feleslegében

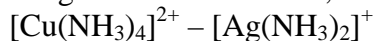


alumínium oldódása NaOH-oldatban



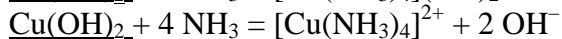
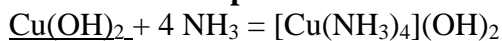
c) amminkomplexek (ammóniakomplexek)

A ligandum az ammónia, ezek közül kettőt kell tudni¹³:



Írd le a következő reakciók teljes és ioneqyenletét!

réz-hidroxid csapadék oldódása ammónia-oldatban

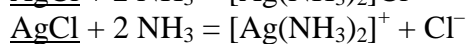
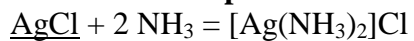


¹⁰ A Függvénytáblázatban a „Komplex vegyületek stabilitása” táblázatban több komplexion képlete szerepel, sajnos a leggyakrabban kért alumínium-hidroxokomplex nem.

¹¹ Az akvakomplexek legkönnyebben körülírással nevezhetők meg: $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ – az alumínium(ion) akvakomplexe, de használható név: hexaakva-alumínium is.

¹² $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ tetrahidroxó-alumínátion – az alumíniumion hidroxidionokkal alkotott komplexe

¹³ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ tetraammin-réz(II)ion – az réz(II)ion ammóniával alkotott komplexe

ezüst-klorid csapadék oldódása ammónia-oldatban**ezüst-oxid csapadék oldódása ammónia-oldatban (ezüstitükörpróba reagensének keletkezése)**

Mivel az oxidion nagyon erős bázis, ha oldódik vízben teljes egészében hidroxidionná alakul, így az ezüst-oxid oldódása során komplex ezüst-hidroxid-oldat keletkezik, ezért vizet is kell írni az egyenletbe.

