# Tanári Kártya

# Tartalom


Bevezető ..... 2
Háttérinformáció ..... 2
Tanulási eredmények ..... 5
A kulcskompetenciák európai referenciakerete ..... 6
Az Egyesült Nemzetek Szervezete fenntartható fejlődésre vonatkozó céljai ..... 7
Tartalom – Elméleti alapelvek ..... 8
A laboratóriumi eljárás ..... 10
A tanulási folyamat lépései ..... 10
Értékelés ..... 10
A Tanulói kártyák leírása ..... 12
Felhasznált Irodalom ..... 13
Köszönetnyilvánítás ..... 13




EIT RawMaterials is supported by the EIT, a body of the European Union

# Tanári Kártya

# Bevezető

Az eszköztár alapja kísérleti tevékenység, ami segíti a tanárokat, hogy a diákokkal jobban megértessék a fémek újrahasznosításának folyamatát, a vízszennyezés jelenségét és a körforgásos gazdaság jelentőségét. Ezenkívül a koordinációs vegyületek viselkedésének tanulmányozását is lehetővé teszi.

A feladat célcsoportja a 11 és 19 év közötti diákok, ennek megfelelően a tevékenység két lépésre osztható:

- **A berlini kék szintézis reakciója**. Ez az eljárás viszonylag bonyolultabb, ezért a tanárnak kémiai laborban kell végeznie. 16 éves kortól.
- **Vízszűrés**. A folyamat során a berlini kék vegyületét használjuk fémionok vízből történő megkötésére. Ez egy egyszerűbb eljárás, így a fiatalabb tanulók esetében (11 éves kortól) megfelelő választás és a tanár is a tanteremben dolgozhat.

A berlini kék volt az egyik első szintetikus festékanyag. Különleges szerkezetének köszönhetően képes kölcsönhatásba lépni a kritikus fontosságú nyersanyagok ionjaival, megkötve azokat.

A berlini kék laboratóriumban szintetizálható vagy megvásárolható. A szintézis 16 éven felülieknek ajánlott, míg a fiatalabb tanulók esetében a fémek vízből történő kinyerésével foglalkozunk.

## Kulcsszavak:

*fenntarthatóság, visszanyerés, koordinációs vegyületek, kritikus fontosságú nyersanyagok (CRM-ek), adszorpció*

# Háttérinformáció

## Mik azok a kritikus fontosságú nyersanyagok?

**A kritikus fontosságú nyersanyagok** (CRM-ek) azok a nyersanyagok, amelyek gazdasági és stratégiai szempontból fontosak az európai gazdaság számára és a kínálatukkal kapcsolatban magas a kockázat.

Ezek az anyagok nem csak a kulcsfontosságú ipari ágazatok és a jövőbeni felhasználásuk szempontjából „kritikusak”, hanem az európai gazdaság fenntartható működése szempontjából is, mivel felhasználják ezeket a környezetvédelmi technológiákban, a fogyasztói elektronikában, az egészségügyben, az acélgyártásban, a védelemi iparban, az űrkutatásban és repülés területén is.

*Fontos megjegyezni, hogy ezek az anyagok nem azért minősülnek „kritikusnak”, mert forrásaik szűkösek, sokkal inkább azért, mert:*

1. **kiemelkedő gazdasági jelentőséggel bírnak az európai gazdaság kulcsfontosságú ágazataiban,** mint például a fogyasztói elektronika, a környezetvédelmi technológiák, az autóipar, a repülőgépipar, a védelmi ipar, az egészségügy és az acélipar.

**ÉS**

2. **magas a keresleti kockázatuk** köszönhetően annak, hogy nagyon nagyarányú az importfüggőségük, ugyanakkor bizonyos országokban a kritikus nyersanyagok koncentrációja



RawMaterials
EIT RawMaterials is supported by the EIT, a body of the European Union

# Tanári Kártya

magas; továbbá **nem léteznek (életképes) helyettesítő termékeik** ezen termékek nagyon egyedi és megbízható tulajdonságai miatt sem a meglévő, sem pedig a jövőbeni felhasználások szempontjából.

Így a nyersanyagokat az adott anyag gazdasági fontossága és az anyaghoz való hozzáférés kockázata (ellátási kockázat) egymáshoz viszonyított aránya alapján rangsorolják. Ha az ellátási kockázat magas, és az anyag nagy gazdasági jelentőséggel bír, akkor az európai gazdaság működése szempontjából kritikus nyersanyagnak minősül.

**Főbb szempontok:**

**Egy anyag kritikus fontosságúvá minősítésének okai:**

- Lelőhelyeik csak egy vagy csak néhány országban találhatók meg.
- A földkéregben alacsony az előfordulási arányuk.
- A kivonási vagy a feldolgozási folyamatok nehézkesek.
- A helyettesítő termékek hiánya a stratégiai alkalmazások esetében.
- Hiányzó vagy nem megfelelő újrahasznosító hálózat.

## Miért olyan fontosak a kritikus fontosságú nyersanyagok?

- **Kapcsolódás az iparhoz** – a nem energetikai nyersanyagok minden iparághoz kapcsolódnak az ellátási lánc minden szakaszában
- **Modern technológia** – a technológiai fejlődés és az életminőség a növekvő számú nyersanyaghoz való hozzáféréstől függ. Például egy okostelefon akár 50 különféle fémet is tartalmazhat, amelyek mindegyike hozzájárul a telefonok kis méretéhez, könnyű súlyához és funkcionalitásához.
- **Környezet –** a nyersanyagok szorosan kapcsolódnak a „tiszta” technológiákhoz. Pótolhatatlanok a napelemekben, szélturbinákban, elektromos járművekben és energiatakarékos világításban.

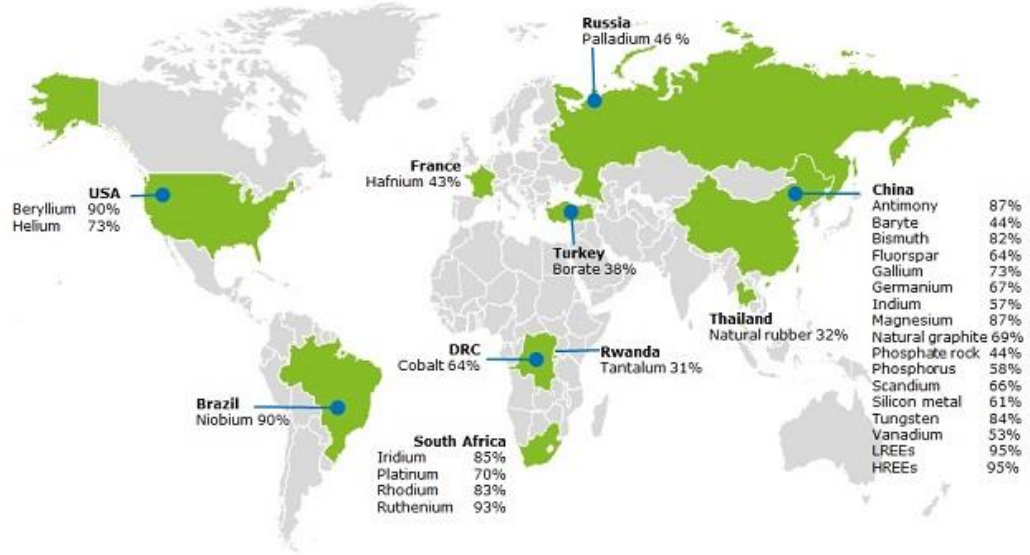
## Hol találhatók a kritikus fontosságú nyersanyagok?

Az EU ipara és gazdasága a nemzetközi piacokra támaszkodik számos fontos nyersanyaghoz való hozzáférés tekintetében, mivel azokat Európán kívüli országok állítják elő és szállítják. Noha bizonyos kritikus nyersanyagok – különösen a hafnium – termelése jelen van az EU-ban, az EU a legtöbb anyag tekintetében az Unión kívüli országokból származó importtól függ.

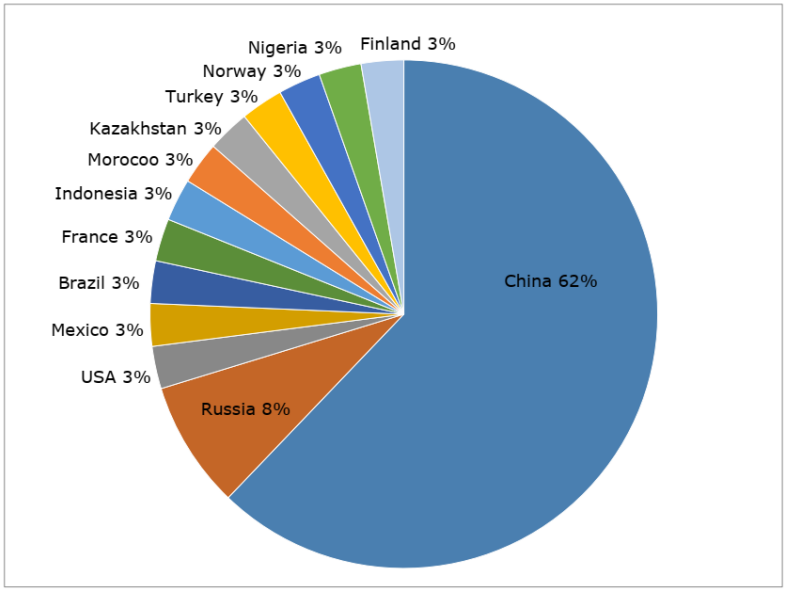
Kína a kritikus fontosságú nyersanyagok fő szállítója, a globális kínálat 70%-át, illetve az EU-ba irányuló kínálat 62%-át lefedi (pl. ritkaföldfémek, magnézium, antimon, természetes grafit stb.). Brazília (nióbium), USA (berillium és hélium), Oroszország (palládium) és Dél-Afrika (irídium, platina, ródium és ruténium) a kritikus fontosságú nyersanyagok szintén jelentős termelőinek számítanak. A termelés koncentrálódásával kapcsolatos kockázatokat sok esetben az alacsony helyettesítési és alacsony újrahasznosítási arány is tetézi.

# Tanári Kártya

*A kritikus fontosságú nyersanyagok globális kínálatának legnagyobb részét kitevő országok.*




*A főbb kritikus fontosságú nyersanyagszállítók az Unióban (37 féle kritikus fontosságú nyersanyag beszállítása alapján), 2010-2014 közötti átlagok*




*Forrás:* Deloitte Sustainability et al., Study on the Review of the List of Critical Raw Materials, cit., p. 16.

# Tanári Kártya

## Az EU számára kritikus fontosságú nyersanyagok 2017. évi listája

2017-ben az Európai Bizottság közzétette a kritikus fontosságú nyersanyagok aktualizált listáját.

Az új listán a 2014-es listához képest 9 további anyag szerepel: barit, bizmut, hafnium, hélium, természetes gumi, foszfor, szkandium, tantál, vanádium. Ezzel 27-re nőtt azon anyagok száma, amelyeket a Bizottság jelenleg kritikus fontosságúnak tekint. Ezek közül 3 új anyag szerepel a listán: bizmut, hélium, foszfor. A többi 17 kritikus nyersanyag az alábbi, kritikus fontosságú anyagokat magában foglaló táblázat tartalmazza.

Első alkalommal állnak rendelkezésre egyedi értékelési eredmények a három fémcsoportra vonatkozóan: nehéz ritkaföldfémek (HREE-k), könnyű ritkaföldfém-elemek (LREE-k) és a platinacsoportba tartozó fémek (PGM-ek).

Minden nyersanyag fontos az EU gazdasága számára, még akkor is, ha nem minősül kritikus fontosságúnak.

| A kritikus fontosságú nyersanyagok 2017. évi listája | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **antimon** | **kobalt** | **hafnium** | **természetes gumi** | **szilícium** | **HREE-k *** |
| **barit** | **koksz** | **hélium** | **nióbium** | **tantál** | **LREE-k *** |
| **berillium** | **fluorpát** | **indium** | **foszfát kőzet** | **volfrám** | **PGM-ek *** |
| **bizmut** | **gallium** | **magnézium** | **foszfor** | **vanádium** | |
| **borát** | **germánium** | **természetes grafit** | **szkandium** | | |

* HREE-k = nehéz ritkaföldfémek[1], LREE-k = könnyű ritkaföldfém-elemek[2], PGM-ek = platinacsoportú fémek[3]

1 – diszprózium, erbium, európium, gadolínium, holmium, lutécium, terbium, túlium, itterbium, ittrium;
2 – cérium, lantán, neodímium, prazeodímium, szamárium
3 – irídium, platina, palládium, ródium, ruténium

## Miért listázzuk őket?

A kritikus fontoságú nyersanyagok listája, amelyet először 2010-ben állítottak össze, felhívta a döntéshozók, az érdekeltek és mások figyelmét is bizonyos anyagoknak az európai gazdaságban betöltött fontosságára. Bár ennek a fontosságnak a kiemelése pozitív fejleménynek tekinthető, ugyanakkor kár az erőfeszítésért, ha a listát nem veszik figyelembe a politikai döntéshozatal és a jogszabályalkotás során. Erőfeszítéseket kell tenni a kritikus fontosságú anyagok politikai döntéshozatalban betöltött szerepének formalizálására.

A kritikus fontosságú nyersanyagok különösen fontosak a következő szakpolitikai területeken: iparfejlesztés, különösen a csúcstechnológiás iparágak esetében; nemzetközi kereskedelem; K+F; környezetvédelmi és egészségügyi jogszabályok.

# Tanulási eredmények

A feladat végén a tanulók:

## Tanári Kártya

- ismerni fogják a kulcsfontosságú nyersanyagok és visszanyerésük fogalmát
- tudni fogják, hogy mit takar a koordinációs vegyület fogalma, és tudják, hogyan viselkednek a gyakorlatban
- képesek lesznek kiválasztani a szintézis folyamatát az adott paramétereknek megfelelően
- képesek lesznek a kísérleti módszer alkalmazására és hatékonyságának igazolására különböző fémion oldatokkal

# A kulcskompetenciák európai referenciakerete

| **Szövegértési kompetencia** |
|---|
| S1. Képesség szóbeli és írott fogalmak, érzések, tények vagy vélemények megértésére és értelmezésére. |
| S2. Képesség fogalmak, érzések, tények vagy vélemény írásos és szóbeli kifejezésére. |
| S3. Képesség a világ értelmezésére és másokhoz való viszonyulásra. |
| S4. Képesség bármilyen helyzetben történő megfelelő és kreatív interakcióra. |
| **Idegennyelvi kommunikáció** |
| S1. Képesség szóbeli és írott fogalmak, érzések, tények vagy vélemények megértésére és értelmezésére. |
| S2. Képesség fogalmak, érzések, tények vagy vélemény írásos és szóbeli kifejezésére. |
| S3. Képesség a világ értelmezésére és másokhoz való viszonyulásra. |
| S4. Képesség bármilyen helyzetben történő megfelelő és kreatív interakcióra. |
| S5. Szókincs, nyelvtan és nyelv ismerete. |
| S6. A kulturális sokszínűség elismerése. |
| S7. A munkaterületnek megfelelő szaknyelv használatának képessége. |
| **Matematikai, természettudományi és technológiai kompetenciák** |
| S1. Problémamegoldás során minden helyzetben képesség a konstruktív gondolkodásra. |
| S4. Új területek új problémáinak megoldására való felkészültség. |
| S6. Képesség mennyiségi adatokból kvalitatív információk kinyerésére. |
| S8. Képesség kísérleti és megfigyeléses vizsgálatok tervezésére és az azokból származó adatok elemzésére. |
| S9. Képesség komplex optimalizálási és döntéshozatali problémák megfogalmazására és a problémák eredeti kontextusában a megoldások értelmezésére |

# Tanári Kártya

| |
|---|
| **Digitális kompetencia** |
| S2. Számítástechnikai alapismeretek. |
| **A személyes, a szociális és a tanulás elsajátítására vonatkozó kompetencia** |
| S1. Különböző tanulási módok alkalmazásának és tartós követésének képessége. |
| S2. A rendelkezésre álló lehetőségek azonosítása. |
| S3. Képesség a karriercélok eléréséhez szükséges folyamatok azonosítására, új ismeretek, készségek és képesítések megszerzésére. |
| **Állampolgári kompetenciák** |
| S1. Más emberekkel történő hatékony interakcióra való képesség. |
| S2. Képeség a változó helyzethez való alkalmazkodásra, a rugalmasság, képesség nyomás alatti munkavégzésre |
| S3. Képesség a hatékony munkavégzésre és más csoporttagokkal való együttműködésre. |
| **Vállakozói kompetencia** |
| S1. A helyi, nemzeti, európai kulturális örökség és a világban elfoglalt helyük tudatosulása. |
| S2. A kortárs kultúra alapvető ismerete. |
| S3. A kulturális sokszínűség megértése. |
| **A kulturális tudatosság és kulturális kifejezőkészség kompetenciája** |
| S1. Képesség ötletek megvalósítására. |
| S2. Kreativitás / innováció. |
| S3. Feladatok tervezésének és irányításának képessége. |
| S4. Függetlenség, motiváció és elszántság. |

# Az Egyesült Nemzetek Szervezete fenntartható fejlődésre vonatkozó céljai

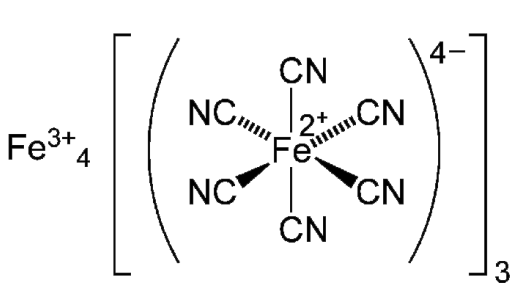
A Fenntartható fejlődési célok egy jobb és fenntarthatóbb jövő megvalósításának tervezetét jelentik mindenki számára. Azokkal a globális kihívásokkal foglalkoznak, amelyekkel szembesülünk, beleértve azokat, amelyek a szegénységgel, az egyenlőtlenséggel, az éghajlatváltozással, a környezetromlással, a békével és az igazságossággal kapcsolatosak. Ehhez a tevékenységhez a következő célok kapcsolódnak:

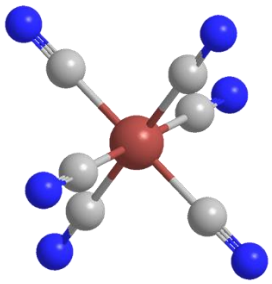
## Tanári Kártya

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 NO POVERTY, 2 ZERO HUNGER — Enable access to basic services | | 10 REDUCED INEQUALITIES — Equal access to global expertise |
| | 3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING — Safe medical devices | | 11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES — Sustainable urbanization |
| ✓ | 4 QUALITY EDUCATION — Access to education | | 12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION — Responsible consumption and production |
| | 5 GENDER EQUALITY — Less hardship, more opportunities | | 13 CLIMATE ACTION — Strengthen resilience, reduce disaster impact |
| ✓ | 6 CLEAN WATER AND SANITATION — Safe and affordable water | ✓ | 14 LIFE BELOW WATER — Reduce marine pollution |
| | 7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY — Energy – the golden thread | ✓ | 15 LIFE ON LAND — Sustainable use of terrestrial ecosystems |
| | 8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH — Safety of workers and economic growth | | 16 PEACE, JUSTICE AND STRONG INSTITUTIONS — Promote peaceful and inclusive societies |
| | 9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE — Resilient infrastructure and sustainable industrialization | ✓ | 17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS — Better access to technology and innovation |

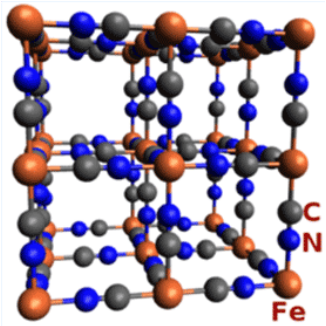
# Tartalom – Elméleti alapelvek

A berlini kék (vas-hexaciano-ferrát: $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$) egy is fémtartalmú komplex vegyület.



# Tanári Kártya




A berlini kék pigment vas kationokból, cianid anionokból és vízből épül fel. Ez a komplex vegyület $Fe^{2+}$ és $Fe^{3+}$ ionokat is tartalmaz.

Amint a két felső rajzon látható, a berlini kék $Fe(CN)_6$ anionja oktaéderes szerkezetű. Az alsó rajzon az egységcellája látható, amely köbös rácsos szerkezetű. Amellett, hogy képletegységenként 16 vízmolekula építi fel, a vegyület általában szervetlen szennyeződéseket is tartalmaz, amelyek befolyásolhatják a színét.

A poroszkék elnevezés a 18. században keletkezett, amikor is a vegyülettel a porosz hadsereg egyenruháit festették. Az évek során a festékanyag számos más „kék" nevet kapott, köztük a berlini, párizsi és Turnbull kék. Évszázadok óta használják, meglepően változatos felhasználási területeken. A cianidcsoportok jelenléte ellenére a festékanyag nem mérgező az emberre.

A berlini kéket először 1704 körül állították elő +2 oxidációs állapotú vas sóinak (vassók) és kálium-ferrocianid reakciójával. A modern kereskedelmi eljárások hasonlóak:

$$4FeCl_3 \cdot 6H_2O + 3K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl$$

A koordinációs vegyületek olyan molekulák, amelyek egy vagy több fémcentrumot tartalmaznak, amelyekhez ligandumok kötődnek (atomok, ionok vagy olyan molekulák, amelyek elektronokat adnak a fémnek). Ezek a komplexek lehetnek semlegesek vagy töltéssel rendelkezők. Amikor a komplex töltéssel rendelkezik, a szomszédos ellenkező töltésű ionok stabilizálják. Egy komplex ion tartalmaz egy fémiont a központjában, amit számos más molekula vagy ion vesz körül. Ezek a központi ionhoz koordinatív (datív) kötéssel kapcsolódnak, illetve bizonyos esetekben a kötés ennél bonyolultabb. A központi fémiont körülvevő molekulákat vagy ionokat ligandumoknak nevezzük.

A berlini kékben a komplex ionok $Fe^{2+}$ és $Fe^{3+}$, a ligandumok pedig a $CN^-$ cianidionok.

A komplex ionokat tartalmazó kristályos sók közé tartozik a kálium-hexaciano-ferrát (3−) (kálium-ferricianid), a $K_3[Fe(CN)_6]$. A komplex ion töltését ellentétes töltésű ionok egyensúlyozzák ki. A kálium-ferricianidban három pozitív töltésű káliumion, $K^+$ egyensúlyozza ki a komplex negatív töltését. A központi fém oxidációs állapotát a ligandumok töltései alapján határozzuk meg. A hexacianoferrátban (3−) mind a hat cianid ligandum töltése –1; így a komplex –3 értékű teljes töltése azt jelzi, hogy a Fe oxidációs állapota +3.

Amikor a fémionokat tartalmazó oldat áthalad a berlini kéken, a Fe 3+-t a fémion váltja fel, stabilabb komplexet képezve.

## Tanári Kártya

# A laboratóriumi eljárás

A laboratóriumi tevékenység két modulból áll: az első, amelyik nehezebb (16 év felettiek számára), és második, ami egy könnyebb (minden tanuló számára):

1- A berlini kék szintetizálása

2- Fémionok vízből történő kinyerése

Ehhez a tevékenységhez nincs szükség speciális műszerekre, csak néhány reagensre. Ha csak a második tevékenységet kívánja elvégezni, vásárolni kell egy kis berlini kéket.

1. **Modul – A berlini kék laboratóriumi szintézise**
2. **Modul – Fémionok vízből történő kinyerése**

# A tanulási folyamat lépései

*1. lépés – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 1 óra: A tanárok rövid bevezetőt tartanak egy előkészített PowerPoint prezentáció segítségével (Bevezetés a kritikus fontosságú nyersanyagok fogalmába és az elméleti alapelvekbe)

*2. lépés (1. modul) – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 45 perc: A tanulókat csoportokra osztják (lehetőleg 3-4 fő, maximum 5 fő legyen). Mindegyik csoport elvégzi a berlini kék szintézisét, hogy a második részben felhasználhassa.

*3. lépés (2. modul) – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 20 perc: a tanár minden csoportnak kijelöli a meghatározott koncentrációjú fémiont tartalmazó oldat elkészítését.

*4. lépés (2. modul) – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 30 perc: minden csoport előkészíti a szűréshez a berendezéseket és teszteli az összes előzőleg elkészített oldatot, miközben rögzíti megfigyeléseit.

*5. lépés – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 15 perc: a különböző csoportok által elért eredmények megbeszélése

*6. lépés (1. és 2. modul) – Időigény és kapcsolódó tevékenységek:* 45 perc: értékelő teszt. Az értékelő tesztre fordított idő a beírt kérdések számától függ.

# Értékelés

A javasolt értékelés mindkét modulra vonatkozik; az elvégzett modulok alapján a tanár dönti el, hogy mely kérdéseket teszi föl. A kérdéseket más értékelési rendszerekkel is kiegészíthetik.

# Tanári Kártya

1. Mik azok a kritikus fontosságú nyersanyagok?
2. Miért fontosak a kritikus fontosságú nyersanyagok?
3. Hol találhatóak a kritikus fontosságú nyersanyagok?
4. Mi az a koordinatív kötés?

A koordinációs vegyület atomjait összetartó kötést koordinációs kötésnek nevezzük. A kötőcsoport donoratomja és a fématom között alakul ki.

Általában a kötést kialakító anyag egy olyan molekula vagy ion, amely donor atomja rendelkezik egy vagy több nem megosztott elektronpárral, amivel a központi fémionnal kötéseket képes kialakítani.

5. Miért színesek a koordinációs komplex vegyületek?

Számos koordinációs vegyület színe az elektronok gerjesztéséből adódik, amelyek nagyobb energiájú üres elektronpályák elfoglalásával energiaugrásokat hajtanak végre; így ezt a hatást a látható fény sugárzása váltja ki.

Az ehhez az energiaugrásokhoz tartozó h*v elnyelt energia megfelel az elválasztáshoz használt energiának. A megfigyelt szín az elnyelt fény hullámhosszának komplementere.

6. Magyarázza meg a berlini kék kétféle szintézisének eltérő sztöchiometrikus arányát!

Ha kétszer annyi vas-kloriddal dolgozunk, mint a másik reagenssel, a reakció fémkinyerése hatékonyabb lesz.

7. Miért lesz foltos a hexacianoferráttal átitatott papír fémion-oldattal érintkezve?

Az oldat fémionja reagál a kálium-hexaciano-ferráttal úgy, hogy a káliumot fémionra cseréli, ami fémtől függően némi elszíneződést okoz.

8. Miért nem válik foltossá a papír színe?

A berlini kéken áthaladva a fémiont tartalmazó színes oldat színtelenné válik, mivel a fémiont a koordinációs vegyület megkötötte.

9. Anyag- és energiaköltség szempontjából gazdaságosabb a folyamat?

A berlini kék szintézise magas hozamokkal és alacsony költségekkel jár. Ez a módszer lehetővé teszi a veszélyes oldott fémek vízből történő eltávolítását is.

10. Csak fémekkel működik az eljárás?

Az eljárás csak fémionokkal működik, mert ezeknek kell pótolniuk a berlini kékben jelenlévő vasiont, és a kialakuló komplexnek is stabilabbnak kell lennie.

## Tanári Kártya

11. Milyen káros hatások mutatkoznak a környezetre nézve?

A környezetre gyakorolt hatások pozitívak. Természetesen a különféle felhasznált anyagokat nem szabad szétszórni, hanem össze kell gyűjteni és megfelelően ártalmatlanítani.

**Ha az előfeltételeket is szeretné ellenőrizni, beilleszthet egy gyakorlatot a sztöchiometrikus arányokról (opcionális számítások – 1. sz. tanulói kártya):**

Határozza meg az 1 kg berlini kék előállításához szükséges reagensek mennyiségét a kísérletileg meghatározott reakcióhozam mellett.

# A Tanulói kártyák leírása

Ez a tevékenység a berlini kék, más néven vas-hexaciano-ferrát felhasználását javasolja a kritikus fontosságú nyersanyagok ionjainak vízből történő kinyelésére. Ez a festékanyag kölcsönhatásba léphet fémekkel, például rézzel, mangánnal és másokkal.

A berlini kék az egyik első szintetikus festékanyag, amelyet valaha készítettek.

Különleges szerkezetének köszönhetően képes kölcsönhatásba lépni a kritikus fontosságú nyersanyagok ionjaival, hogy megkösse azokat. Valójában a gyógyszeriparban is használják veszélyes anyagok, például cézium és tallium felszívására mérgezéses esetekben.

## Tanári Kártya

Laboratóriumban szintetizálható vagy megvásárolható. A szintézist 16 éven felülieknek ajánljuk, míg a fiatalabb tanulók esetében csak a fémek vízből történő kinyerésével foglalkozunk.

***Az eszköztárhoz kapcsolódó tanulói kártyák listája:***

1. **Tanulói Kártya – A berlini kék laboratóriumi szintézise**
2. **Tanulói Kártya – Fémionok vízből történő kinyerése**

# Felhasznált Irodalom


- http://criticalrawmaterials.org
- https://en.wikiversity.org/wiki/Critical_materials
- http://www.iai.it/en/pubblicazioni/europes-dependence-critical-raw-materials
- Report of Legambiente on water conditions in the countries of the European Union on June 2020.


# Köszönetnyilvánítás

CNR köszönetét fejezi ki *I.S. A. Sobrero - Casale Monferrato* munkatársainak *(Alessandria), Olaszország* , különösen Prof. Federica Borasi-nak és Daniela Sigaudo-nak az eszközkészlet fejlesztésében és tesztelésében tanúsított eredményes együttműködésükért.

I.S. "A. SOBRERO"