

# VI. Oláh György

Országos Középiskolai  
Kémiaverseny

## Döntő

## I. kategória



2020. február 28-29.

Budapest

I. kategória  
Döntő



# VI. Oláh György Országos Középiskolai Kémiaverseny

A feladatsorokat lektorálta:

Dóbiné Cserjés Edit

Együttműködő partnerek:



Támogatók:

Koplányi Krisztián



2020. február 28.

E-mail cím: [olahverseny@gmail.com](mailto:olahverseny@gmail.com)

Honlap: [olahverseny.szasz.bme.hu](http://olahverseny.szasz.bme.hu)

2/15

### Feleletválasztós (10p)

- Melyik vegyület oldata festi ibolya színűre a lángot?
  - $\text{KNO}_3$
  - $\text{NaCl}$
  - $\text{LiBr}$
  - $\text{B(OH)}_3$
- Miként használható a  $\text{BaSO}_4$ ?
  - Ízesítőként
  - Gyógyszer hatóanyagként
  - Ütésre érzékeny lőpor alapanyagaként
  - Röntgen-kontrasztanyagként
- Melyik elem oxidásványa a korund?
  - Szilícium
  - Kobalt
  - Magnézium
  - Alumínium
- A lítium-hidrogénkarbonát ( $\text{LiHCO}_3$ ) melegítés során  $\text{Li}_2\text{O}$ -ra, széndioxidra és vízre bomlik. Hány mol víz keletkezik 0,5 mol  $\text{LiHCO}_3$  bomlása során?
  - 0,50 mol
  - 0,25 mol
  - 0,75 mol
  - 1,0 mol
- Melyik a helyes sorrend, ha olvadáspont szerinti növekvő sorrendbe szeretnénk rendezni az alábbi ionrácsos anyagokat?
  - $\text{KBr} < \text{NaCl} < \text{NaF} < \text{MgO}$
  - $\text{NaF} < \text{NaCl} < \text{MgO} < \text{KBr}$
  - $\text{KBr} < \text{NaCl} < \text{MgO} < \text{NaF}$
  - $\text{MgO} < \text{NaF} < \text{KBr} < \text{NaCl}$



6. Honnan ered a Paracetamol elnevezés?
- a *para*-ketil-aminoetanol rövidítése
  - első előállítója vezetéknevének és az amino-diol rövidítésének összevonásából
  - a *para*-acetil-aminofenol rövidítése
  - egy latin kifejezés, jelentése fájdalommentesség
7.  $\text{MgSO}_4$  gyakorlati életben sokszor használt vegyület. Mi a köznapi neve?
- Klórmentés
  - Gipsz
  - Karbid
  - Keserűső
8. Az alábbiak közül melyik ion okozhatja a vízkeménységet?
- $\text{Na}^+$
  - $\text{Mg}^{2+}$
  - $\text{K}^+$
  - $\text{Fe}^{3+}$
9. Az alábbiak közül melyik elem egyik allótróp módosulata a legkeményebb?
- Szén
  - Vas
  - Réz
  - Ezüst
10. Kinek a nevét viseli a gondolkodtató kérdésekből ismert Jutka?
- Oláh György édesanyja
  - Oláh György lánya
  - Oláh György felesége
  - Az egyik ideai főszervező

## Ipari feladat (9p)

A vegyipari művelettan a vegyészmérnöki tudományok egyik rendkívül nagy jelentőségű részterülete. Az alábbiakban hat, gyakorlat szempontból fontos műveletről találtak egy-egy rövid leírást, illetve a jellemző berendezésről 1-1 vázlatos ábrát. Írd a művelet neve mellé a leírás betűjelét és az ábra számát!

Művelet neve	Leírás betűjele	Ábra száma
Rektifikálás		
Reverz ozmózis		
Szűrés		
Abszorpció		
Centrifugálás		
Extrakció		

A) Alapvetően az ülepitési műveletek csoportjába tartozik, de alkalmazzák szűréssel kombinálva is. Működési elve a centrifugális erőn alapszik, amely akár több 100-1000-szerese is lehet a gravitációs erőnek. A hagyományos ülepitéshez képest jelentős előnye, hogy sokkal gyorsabb annál, hátránya viszont hogy a berendezés nagy fordulatszámú mozgó alkatrészt tartalmaz, így kifejezetten hajlamos a meghibásodásra.

B) Ennek a műveletnek két fő típusát különböztetjük meg. Az első esetben két, egymásban nem elegyedő folyadékot érintkeztetünk intenzíven, melyek között megoszlik egy harmadik, jellemzően az előző kettőnél lényegesen kisebb mennyiségű, ám jelentősen drágább komponens. A második esetben egy alkalmas oldószer segítségével vonunk ki alacsony koncentrációjú, de értékes komponenst valamilyen szilárd szemcséből. Mindkét típus többféleképpen megvalósítható, pl.: töltött oszlopos, tányéros oszlopos, mixer-settler, rotocell, Podbielnak, Luwesta, stb...

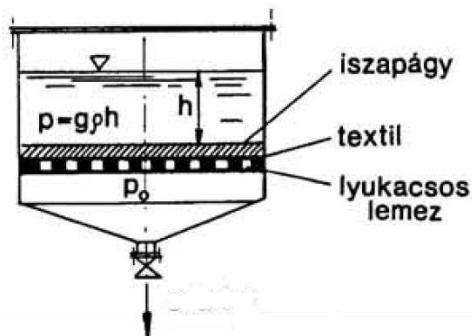
C) Ez a művelet a membránműveletek csoportjába tartozik. Jellemzően vízkezelési technológiákban használják mind tiszta (ivó)víz előállítására, mind szennyvízkezelésre. A művelet hajtóereje a membrán két oldala között létrehozott nyomáskülönbség, amely elérheti a 80-160 bar-t is. Ezzel a beavatkozással akár desztillált vízzel megegyező minőségű tisztított vizet lehet elérni.

**D)** Az alapanyagokat előmelegítve egy jellemzően fémből vagy üvegből készült oszlopba vezetik, amelyben intenzív folyadék-gáz érintkezést biztosító töltetek vagy tányérok helyezkednek el. Két komponens esetén felfelé haladó gáz fázisú anyagáram az illékonyabb, míg a lefelé haladó, folyékony fázisú áram a kevésbé illékonyabb komponensben dúsul. Azeotrópok szétválasztása nehézkes lehet.

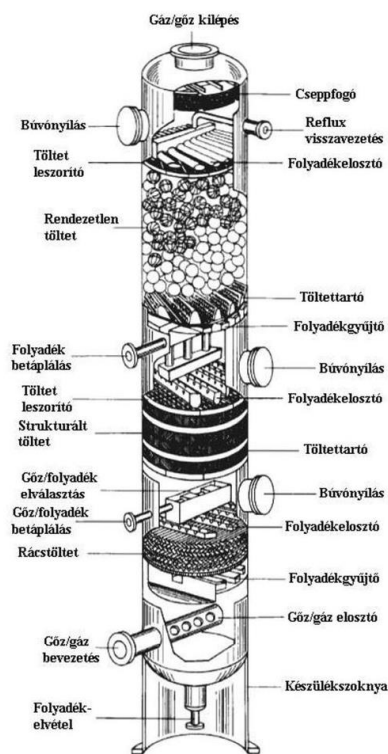
**E)** Egyensúlyi elválasztóművelet, melyben egy alkalmas oldószer segítségével vonunk ki egy gáz fázisú közegből értékes és/vagy mérgező komponenst. Jellemzően oldószerek visszanyerésénél, üzemek véggázkezelésénél vagy éppen kénsav- ill. salétromsavgyártás során használják.

**F)** Fizikai elválasztóművelet, melyben jellemzően (szilárd-folyadék) kétfázisú rendszereket választanak szét. Két fő típusa van: dead-end illetve a cross-flow elrendezés. A művelet nem tökéletesen választja el a fázisokat, a kapott szilárd fázis tartalmaz nedvességet, ahogyan a kapott folyadékfázis is tartalmaz valamennyi lebegő szilárd részecskét. Elterjedten használt művelet a háztartásokban is.

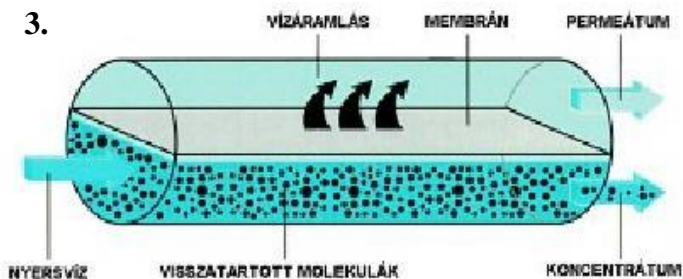
1.



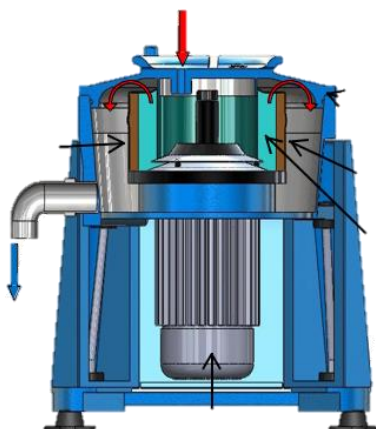
2.



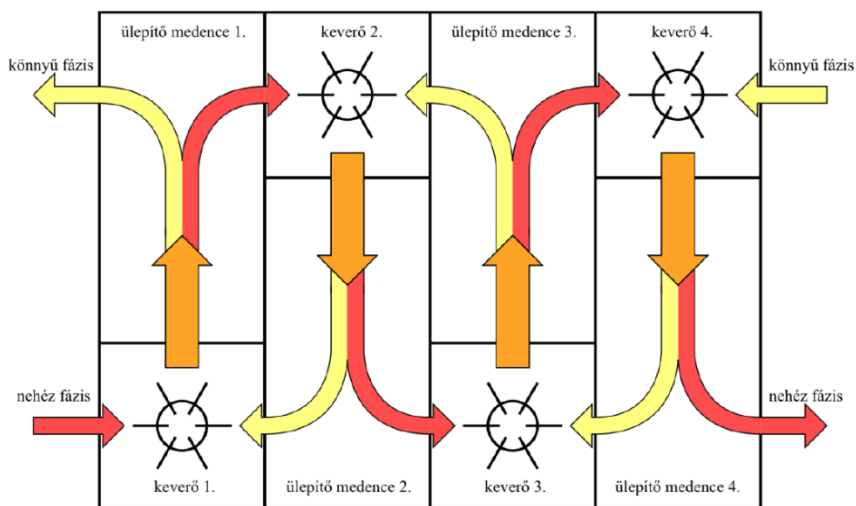
3.



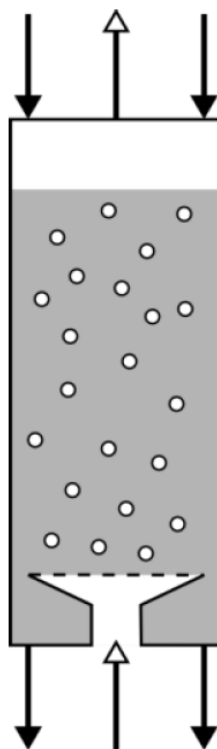
4.



5.



6.



2020. február 28.

E-mail cím: [olahverseny@gmail.com](mailto:olahverseny@gmail.com)

Honlap: [olahverseny.szasz.bme.hu](http://olahverseny.szasz.bme.hu)

## Számítási feladatok (24p)

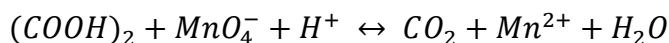
1. A Fővárosi Vízművek egy vízminta vas(II)-ion tartalmának meghatározásával bízta meg a BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszékét.

A mennyiségi meghatározás egyik lehetséges módja egy oxidimetriás titrálás. A vas(II)-ionok kálium-permanganát segítségével vas(III)-ionokká oxidálhatók erősen savas közegben, a következő, kiegészítendő reakcióegyenlet szerint:



A kapott vízminta 10,0 cm<sup>3</sup>-es részleteit titráltuk meg 0,005 mol/dm<sup>3</sup> névleges koncentrációjú KMnO<sub>4</sub>-oldattal. A mérőoldat fogyások átlaga 7,30 cm<sup>3</sup>.

A mérőoldatot előzetesen 0,01 mol/dm<sup>3</sup>-es oxálsav ((COOH)<sub>2</sub>) oldat segítségével faktoroztuk meg, hogy a tényleges koncentrációját meghatározzuk, az alábbi, rendezendő reakcióegyenlet szerint:



Az oxálsavban a C oxidációs száma +3.

Ennek során az oxálsav oldat 10,0 cm<sup>3</sup>-ét titráltuk KMnO<sub>4</sub> mérőoldat segítségével, a mérőoldat fogyások átlaga pedig 8,33 cm<sup>3</sup> volt.

- Határozzuk meg a KMnO<sub>4</sub> mérőoldat faktorát! (A faktor a valós és a névleges koncentráció hányadosa.) (3p)
- A titrálás szerint mekkora a vízminta Fe(II)-ion koncentrációja (mol/dm<sup>3</sup>)? (3p)



2. Egy főzőpoharat tisztán és szárazon táramérlegre állítottunk, és a mérleget így táraztuk. Ezután a főzőpohárba  $50,0 \text{ cm}^3$   $60,0 \text{ m/m}\%$ -os salétromsavat öntöttünk, majd ehhez hozzáadtunk  $3,98 \text{ g}$  Al-Cu porkeveréket. A gázfejlődés leállása után ismét lemértük a főzőpoharat tartalmával együtt, a mérleg  $69,40 \text{ g}$ -ot mutatott.
- Írja fel a lejátszódó reakciók egyenletét! (2p)
  - Mekkora térfogatú gáz keletkezett?
  - Milyen a porkeverék tömeg%-os összetétele, ha standard légköri nyomáson vagyunk, és a hőmérséklet  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ? A salétromsav térfogatát és sűrűségét vegyük állandónak, a  $60 \text{ m/m}\%$ -os salétromsav sűrűsége  $1,375 \text{ g/cm}^3$ . (6p)
3. Gréta a laborban talált egy üveg szilárd anyagot, de lekopott róla a felirat. Csak annyit tud leolvasni az üvegcséről, hogy ez egy szulfát-tartalmú anyag, és kristályvizes, de sem a kationt, sem a kristályvizek számát nem tudja. Viszont tudja az üveg hátuljáról (az még nem kopott le), hogy az üvegcsében lévő vegyület kristályvízmentes formájából  $100 \text{ g}$  vízben  $44,7 \text{ g}$ -ot tudunk feloldani  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ -on. Úgy döntött, hogy  $44,7 \text{ g}$  sót felold  $100 \text{ g}$  vízben  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ -on, de meglepődve tapasztalta, hogy nem  $44,7 \text{ g}$  oldódott fel, hanem  $233,9 \text{ g}$ . Zsuzsi néni, a kémiatanár jól tudta, mi van az üvegben. Ahelyett, hogy megmondta volna Grétának a só pontos képletét, annyit mondott neki, hogy a kationok tömege a sóban  $0,479$ -szerese a szulfátionok tömegének.
- Határozd meg te is a kristályvizes só képletét! Mi a hétköznapi neve? Mire használják/használták régebben? (6p)
4. A 3.B osztály totális háborúban áll a 3.C osztállyal. A harc odáig fajult, hogy a C-ek elhatározták, hogy merényletet hajtanak végre a rivális osztály bogárfarmja ellen. A bogarak egy  $10 \text{ cm}$  széles,  $30 \text{ cm}$  hosszú,  $50 \text{ cm}$  magas akváriumban voltak, mészkődarabok között. A C osztály legmerészebb diákjai elcsentek a kémiaszertárból egy üveg  $1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú sósavat. A szellőző nyílás miatt a keletkezett gáz  $14,3\%$ -a elszáll.
- Hány  $\text{dm}^3$  savat kell az akváriumban lévő kövekre önteni, hogy a fejlődő standard nyomású,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os gáz teljesen kitöltse az akváriumot? A reakció után hátramaradt folyadék és szilárd maradékok térfogatát elhanyagoljuk. (3p)
  - Hány g kőnek kell lennie az akváriumban, ha feltételezzük, hogy  $70\%$  mészkövet tartalmaz? (1p)
- (M  $\text{CaCO}_3=100 \text{ g/mol}$ )

### Gondolatkísérlet (8p)

*A gondolatkísérlet megoldása egy konkrét kémiai anyag. A feladat ennek a meghatározása egyértelmű módon. Ehhez szükséges a megfelelő reakcióegyenletek feltüntetése, melyeket számozással jeleztünk. A teljes értékű megoldáshoz szükséges a megoldás menetét is megadni. Ehhez feltüntetendők a számokkal jelölt reakcióegyenletek és ezek alapján a lehetséges ionok, továbbá a reakciók sorozatából jelölendő, hogy miként szűkül le a keresett ionokra a megoldás. A végleges megoldás az anyag képletéből, a kért egyenletekből és a megoldáshoz vezető logikusan leírt útból tevődik össze.*

Egy zöldeskék kristályos anyagot találtunk, amely vízben jól oldódik, híg vizes oldata világoskék színű, oldatának kémhatása savas. A szilárd anyagot kihevítve barna színű port nyerünk. Vizes oldatához kénhidrogénes vizet adva fekete csapadék válik le (1), amely sósavban, kénsavban és nátrium-hidroxidban nem oldódik, azonban forró tömény salétromsavban egy redoxireakció lejátszódása során és elemi kén kiválása közben oldódik (2). A fekete csapadék kálium-cianid oldatban komplexképződés közben oldódik, miközben diszulfidionok keletkeznek, és így egy szintelen oldatot kapunk (3). Az eredeti oldathoz ammónia oldatot adva világoskék csapadék válik le (4), amely a reagens feleslegében feloldódik, és mélykék oldat keletkezik (5). Az eredeti vizes oldathoz ezüst-nitrát oldatot adva fehér csapadék válik le (6), amely sósavban és salétromsavban nem oldódik, azonban híg ammónia oldatban jól oldódik (7).



#### Gondolkodtató kérdések (8p)

1. Jutka és családja a tengerparton nyaralnak. Egy érdekes jelenségre lett figyelmes: Délelőtt a szél a tenger felől a part felé fúj, este pedig a partról a tenger felé. Miért van ez? (3p)
2. Jutka a nagy forróságban jéggel hűtötte italát. Jutka édesapja elmondta, hogy nem csak vízből lehet jeget készíteni. Például miből készül a szárazjég? Honnan kapta a hétköznapi nevét és mi ennek az oka? Mi a kémiai jelenség neve és definíciója? (2p)
3. A tenger egy rozsdás vasdarabot sodort a partra. Jutka tudja, hogy az iparban rengeteget dolgoznak azon, hogy a fém alkatrészek megfelelően ellenálljanak a korróziónak. Mi a különbség az aktív és a passzív korrózióvédelem között? Egy mélytengeri vas csővezeték esetén melyiket érdemesebb alkalmazni? (3p)

## Esettanulmány (12p)

### Evolúció a kémcsőben

*Kiricsi Mónika*

2018. évi kémiai Nobel-díjat felerészben Frances H. Arnold kapta, a másik felén, egyenlő arányban, George P. Smith és Sir Gregory P. Winter osztozott. Az idei kémiai Nobel-díjak az evolúció erejének kémiai hasznosítását ismerték el. A három díjazott kutató munkája alapot teremtett az evolúciós folyamatok mechanizmusainak kiaknázásához és az emberiség szolgálatába állításához.

Az irányított evolúció és a fágbemutató olyan technikai lehetőségeket jelentenek, melyek révén enzimeket és antitesteket lehet egyrészt ipari célú alkalmazások, másrészt számos autoimmun- és egyes áttétes tumoros betegségek elleni küzdelem számára előállítani és optimalizálni.



Sir Gregory P. Winter, Frances H. Arnold, George P. Smith

Az élet csíráinak megjelenése óta milliónyi kémiai probléma ütötte fel fejét, mellyel az élő szervezeteknek meg kellett birkózniuk. Számos esetben az életet felépítő és működtető molekulák módosítására, optimalizálására volt szükség az életfolyamatok fenntartásának érdekében. A természetes evolúció révén gének mutálódtak, így a keletkező fehérjék is átfurmálódtak, hogy javítsák az élő szervezet alkalmazkodóképességét a változó környezeti körülményekhez.

Az irányított evolúció viszont ember alkotta folyamat, melyet a természetes evolúció mechanizmusairól szerzett ismeretek ihlettek. A természetes folyamatokat lemásolva laboratóriumi körülmények között, praktikusán kémcsövekben valósíthatók meg a kívánt változtatások az életet felépítő legjelentősebb makromolekulákban. Jól megtervezett mértékű, random változások alakíthatók ki a fehérjék szerkezetében, melyeket szelekciós események követnek. Ennek során kiválasztható a keletkezett molekulák közül a legoptimálisabb tulajdonságokkal rendelkező. Mivel az irányított evolúció iteratív módszer, azaz részfolyamatai ciklikusan ismétlődnek, újabb random szerkezeti változtatások és szelekciós lépések következnek, melyek eredményeképpen az előállított molekulák tulajdonságai ciklusról ciklusra egyre jobban közelítik az ideálisan várt termék tulajdonságait.

2020. február 28.

E-mail cím: [olahverseny@gmail.com](mailto:olahverseny@gmail.com)

Honlap: [olahverseny.szasz.bme.hu](http://olahverseny.szasz.bme.hu)

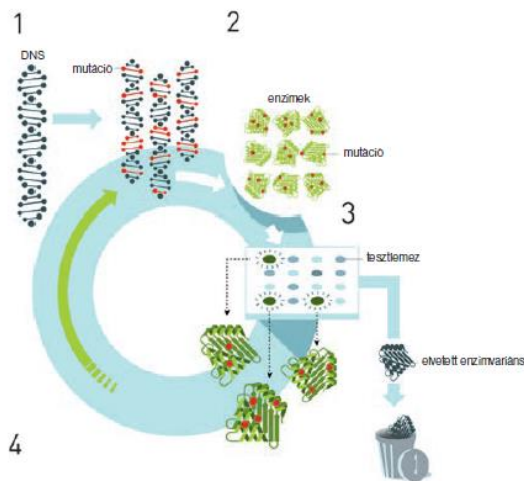
12/15



Az alap kutatásban, de az ipari, elsősorban gyógyszeripari és biotechnológiai enzimfejlesztések során is gyakran alkalmazott megközelítés az irányított evolúció. Az így előállított enzimek képesek aktivitásukat megváltozott körülmények között is kifejteni, akár új szubsztrátokat felismerni, esetenként új kémiai reakciókat katalizálni. Ez a megoldás növelheti a katalízis hatékonyságát vagy környezetkímélő alternatívát jelenthet a hagyományosan fémeket vagy szerves katalizátorokat alkalmazó kémiai és biotechnológiai ipari folyamatok számára. Az irányított evolúció azonban másra is jó: például adott molekulákat specifikusan megkötni képes kötőfehérjék esetében olyan variánsok létrehozását és azonosítását teszi lehetővé, melyek a kiindulási fehérjénél jelentősen nagyobb affinitással és szelektivitással képesek a célmolekulák megkötésére. A módszer segítségével azokat a fehérje szekvenciájában rejlő kritériumokat is azonosíthatjuk, melyek az optimalizált tulajdonságokért felelősek. Hasonló megközelítéssel valósítható meg terápiás célokra tervezett antitestek előállítását és karakterizálását is. Frances H. Arnold vezetésével 1993-ban végezték az első, enzimek optimalizálásának céljából bevetett, irányított evolúciós eljárást. Az akkor még úttörőnek számító módszert azóta finomította, fejlesztette, és manapság már rutinszerűen használják új, környezetbarát katalizátorok, bioüzemanyagok, gyógyszerkészítmények létrehozására.

Manfred Eigen már 1984-ben felvázolta egy olyan munkafolyamat lehetőségét, ahol enzimek tökéletesített variánsai nem óriási molekulakönyvtárak előállításával és szűrésével, hanem több generációban képzett, kisebb könyvtárak segítségével optimalizálhatók egy tervezett, és irányított evolúciós „gépezet” révén. Egy évtizeddel később Frances H. Arnold sikeresen alkalmazta már a gyakorlatban is az Eigen által vázolt munkatervet, kontrollálta és felgyorsította az evolúciós folyamatokat. A szubtilizin E enzimet termelő baktériumokban irányított mutációk létrehozása révén olyan enzimvariánst állított elő, mely rendkívül extrém, denaturáló körülmények között is aktív maradt. Négy szekvenciálisan alkalmazott, mutagenézisből és a kapott variánsok szűréséből álló ciklus után rendelkezésre állt a vad típusú fehérjénél 256-szor nagyobb aktivitást mutató enzimvariáns. Arnold részletesen bemutatta a módszer sikeréhez szükséges feltételeket. A leglényegesebb elemek közé sorolta a kiindulási enzim molekula helyes megválasztását, a megfelelően tervezett DNS-szekvencia-könyvtár létrehozását, a legalkalmasabb szelekciós kritériumok kitűzését az optimális variánsok szűrésére. Felvetette azt is, hogy nem érdemes egy adott enzimet minden aminosav-pozícióban mutáltatni, hanem elsősorban az aktív centrum környékén, vagy pedig az attól távol eső, az enzimfehérje felszínén található aminosavak megváltoztatása vezet legnagyobb valószínűséggel az enzimaktivitás jelentős növekedéséhez.

Arnold és munkatársai ezért arra is rávilágítottak, hogy a kialakítandó molekulakönyvtárat molekuláris és szerkezeti ismeretek birtokában kell megtervezni. Először tehát random mutációkat kell létrehozni az optimalizálni kívánt enzimet kódoló génben (1. ábra, 1). A mutációt hordozó géneket baktériumokba kell bejuttatni, melyek így random mutációkat hordozó enzimfehérjéket állítanak elő (1. ábra, 2). A keletkező enzimek tesztelése, szűrése következik, hogy kiválasszuk a leghatékonyabb variánst (1. ábra, 3). A többi, kevésbé hatékony, vagy nem a kívánt reakciót katalizáló variánssal nem dolgozunk tovább. Az első szelekció során kiválasztott variánsokat kódoló géneket újabb mutagenézisnek vetjük alá (1. ábra, 4), így megint új DNS-könyvtárak hozunk létre. Majd ismételt szűrés következik, melynek során az előző ciklusnál alkalmazottakhoz képest szigorúbb szelekciós kritériumok beállítása szükséges.



1. ábra Az enzimek irányított evolúciójának lépései

Így ciklusról ciklusra a tervezett módon javul és tökéletesedik az enzimfehérje szerkezete és katalitikus működése. Ennek megfelelően Arnold az irányított evolúció gyakorlati megvalósításának vizsgálatára a szubtilizin enzimet választotta. Polimeráz-lánreakciót alkalmazott a random mutagenézis és a DNS-szekvencia-könyvtárak létrehozására. Az így generált variánsok közül a leoptimálisabbat az alapján választotta ki, hogy melyik volt képes a legnagyobb mértékben a kazein tejfehérjét hidrolizálni dimetil-formamid oldószer jelenlétében. A legaktívabb enzimvariánsokat termelő klónok DNS-ét izolálta, majd ismételt mutagenézisnek vetette alá azokat. A szubtilizin aktivitásának irányított evolúcióval történő optimalizálása kulcsfontosságú lépésnek bizonyult, és megnyitotta az utat más enzimek evolúciója előtt.



A továbbiakban Arnold és munkatársai a *Bacillus subtilis* p-nitrobenzil-észteráz enzim olyan variánsait állították elő, melyeknek katalitikus aktivitása azonos, de hőstabilitásuk jóval nagyobb volt, mint a kiindulási variánsnak. De fejlesztettek olyan enzimeket is, amelyek az eredeti aktivitástól eltérő reakciókat katalizáltak, mint ahogy azt a *Pyrococcus furiosus* triptofán-szintetáz katalitikus doménjének irányított evolúciója is bizonyította, melynek eredményeképpen új triptofán-analógok előállítása válhatott lehetővé. [...]

(forrás: [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org))

Forrás: MKL LXXIV. évfolyam 2. szám (2019. február)

#### KÉRDÉSEK

1. Mit jelent az iteráció, általánosságban mi a legfontosabb célja? (2p)  
Milyen gyakorlati alkalmazásai vannak a tradicionális mérnöki tudományokban? (pluszpont)
2. Mi az irányított evolúció elsődleges célja? (1p)
3. Miért hívhatjuk az enzimeket biokatalizátoroknak? (1p)
4. Mire adhat megoldást az irányított evolúció? (3p)
5. Melyik enzim változatának előállítását célozták először irányított evolúciós módszerrel? (0,5p)
6. Az ötös kérdésben szereplő enzim funkciója alapján az enzimek melyik csoportjába tartozik, milyen reakciót katalizál? (1p)
7. Az enzim szövegben említett felhasználása milyen gyakorlati alkalmazhatóságra enged következtetni? (1,5p)
8. Mi vezethet az enzim molekula aktivitásának növekedéséhez? (2p)

# AZ ELEMEEK PERIÓDUSOS RENDSZERE

<b>1</b>	<b>H</b> Hidrogén 1.00794	<b>4</b>	<b>Be</b> Berillium 9.012182	<b>21</b>	<b>Sc</b> Szkanidium 44.955910	<b>22</b>	<b>Ti</b> Títán 47.867	<b>23</b>	<b>V</b> Vanádium 50.9415	<b>24</b>	<b>Cr</b> Krom 51.9961	<b>25</b>	<b>Mn</b> Mangán 54.938045	<b>26</b>	<b>Fe</b> Vas 55.845	<b>27</b>	<b>Co</b> Kobalt 58.933200	<b>28</b>	<b>Ni</b> Nikkel 58.6934	<b>29</b>	<b>Cu</b> Réz 63.546	<b>30</b>	<b>Zn</b> Cink 65.39	<b>31</b>	<b>Ga</b> Gallium 69.723	<b>32</b>	<b>Ge</b> Germánium 72.61	<b>33</b>	<b>As</b> Arzén 74.92160	<b>34</b>	<b>Se</b> Szélén 78.96	<b>35</b>	<b>Br</b> Brom 79.904	<b>36</b>	<b>Kr</b> Kripton 83.80	<b>19</b>	<b>K</b> Kálium 39.0983	<b>20</b>	<b>Ca</b> Kalcium 40.078	<b>37</b>	<b>Rb</b> Rubidium 85.4678	<b>38</b>	<b>Sr</b> Stroncium 87.62	<b>39</b>	<b>Y</b> Ittrium 88.90585	<b>40</b>	<b>Zr</b> Cirkónium 91.224	<b>41</b>	<b>Nb</b> Nióbium 92.90638	<b>42</b>	<b>Mo</b> Molibdén 95.94	<b>43</b>	<b>Tc</b> Technécium (98)	<b>44</b>	<b>Ru</b> Ruténium 101.07	<b>45</b>	<b>Rh</b> Ródium 102.90550	<b>46</b>	<b>Pd</b> Palládium 106.42	<b>47</b>	<b>Ag</b> Ezüst 107.8682	<b>48</b>	<b>Cd</b> Kadmium 112.411	<b>49</b>	<b>In</b> Indium 114.818	<b>50</b>	<b>Sn</b> Ón 118.710	<b>51</b>	<b>Sb</b> Antimon 121.760	<b>52</b>	<b>Te</b> Tellúr 127.60	<b>53</b>	<b>I</b> Jód 126.90447	<b>54</b>	<b>Xe</b> Xenon 131.29	<b>55</b>	<b>Cs</b> Cézium 132.90545	<b>56</b>	<b>Ba</b> Bárium 137.327	<b>57</b>	<b>La</b> Lantán 138.9055	<b>72</b>	<b>Hf</b> Hafnium 178.49	<b>73</b>	<b>Ta</b> Tantal 180.9479	<b>74</b>	<b>W</b> Wolfrám 183.84	<b>75</b>	<b>Re</b> Rénium 186.207	<b>76</b>	<b>Os</b> Ozmium 190.23	<b>77</b>	<b>Ir</b> Iridium 192.217	<b>78</b>	<b>Pt</b> Platina 195.078	<b>79</b>	<b>Au</b> Arany 196.96655	<b>80</b>	<b>Hg</b> Higanv 200.59	<b>81</b>	<b>Tl</b> Tallium 204.3833	<b>82</b>	<b>Pb</b> Ólom 207.2	<b>83</b>	<b>Bi</b> Bismut 208.98038	<b>84</b>	<b>Po</b> Polónium (209)	<b>85</b>	<b>At</b> Asztácium (210)	<b>86</b>	<b>Rn</b> Radon (222)	<b>87</b>	<b>Fr</b> Francium (223)	<b>88</b>	<b>Ra</b> Rádium (226)	<b>89</b>	<b>Ac</b> Aktínium (227)	<b>104</b>	<b>Rf</b> Rutherfordium (261)	<b>105</b>	<b>Db</b> Dubnium (262)	<b>106</b>	<b>Sg</b> Seaborgium (263)	<b>107</b>	<b>Bh</b> Bohrium (262)	<b>108</b>	<b>Hs</b> Hassium (265)	<b>109</b>	<b>Mt</b> Meitnerium (266)	<b>110</b>	<b>Ds</b> Darmstadtium (269)	<b>111</b>	<b>Rg</b> Roentgenium (272)	<b>112</b>	<b>Cn</b> Copernicium (277)	<b>113</b>	<b>Nh</b> Nihonium (277)	<b>114</b>	<b>Fl</b> Fleróvium (277)	<b>115</b>	<b>Mc</b> Moscovium (277)	<b>116</b>	<b>Lv</b> Livermorium (277)	<b>117</b>	<b>Ts</b> Tennessium (277)	<b>118</b>	<b>Og</b> Oganesson (277)
<b>2</b>	<b>He</b> Hélium 4.003	<b>5</b>	<b>B</b> Bór 10.811	<b>6</b>	<b>C</b> Szén 12.0107	<b>7</b>	<b>N</b> Nitrogén 14.00674	<b>8</b>	<b>O</b> Oxigén 15.9994	<b>9</b>	<b>F</b> Fluor 18.9984032	<b>10</b>	<b>Ne</b> Neon 20.1797	<b>11</b>	<b>Na</b> Nátrium 22.989770	<b>12</b>	<b>Mg</b> Magnezium 24.3050	<b>13</b>	<b>Al</b> Alumínium 26.981538	<b>14</b>	<b>Si</b> Szilícium 28.0855	<b>15</b>	<b>P</b> Foszfor 30.97376	<b>16</b>	<b>S</b> Kén 32.066	<b>17</b>	<b>Cl</b> Klór 35.4527	<b>18</b>	<b>Ar</b> Argon 39.948																																																																																																																						

<b>58</b>	<b>Ce</b> Cérium 140.116	<b>59</b>	<b>Pr</b> Praezodórium 140.90765	<b>60</b>	<b>Nd</b> Neodímium 144.24	<b>61</b>	<b>Pm</b> Prométiúm (145)	<b>62</b>	<b>Sm</b> Szamárium 150.36	<b>63</b>	<b>Eu</b> Európiúm 151.964	<b>64</b>	<b>Gd</b> Gadólínium 157.25	<b>65</b>	<b>Tb</b> Terbium 158.92534	<b>66</b>	<b>Dy</b> Diszpródium 162.50	<b>67</b>	<b>Ho</b> Holmium 164.93032	<b>68</b>	<b>Er</b> Erbium 167.26	<b>69</b>	<b>Tm</b> Tólium 168.93422	<b>70</b>	<b>Yb</b> Ikerbium 173.04	<b>71</b>	<b>Lu</b> Lutecium 174.967
<b>90</b>	<b>Th</b> Tórium 232.0381	<b>91</b>	<b>Pa</b> Protaktínium 231.03588	<b>92</b>	<b>U</b> Urán 238.0289	<b>93</b>	<b>Np</b> Neptúnium (237)	<b>94</b>	<b>Pu</b> Plutónium (244)	<b>95</b>	<b>Am</b> Americium (243)	<b>96</b>	<b>Cm</b> Kúrium (247)	<b>97</b>	<b>Bk</b> Berkélium (247)	<b>98</b>	<b>Cf</b> Kaliforniaium (251)	<b>99</b>	<b>Es</b> Einsteinium (252)	<b>100</b>	<b>Fm</b> Fermium (257)	<b>101</b>	<b>Md</b> Mendelevium (258)	<b>102</b>	<b>No</b> Nobélium (259)	<b>103</b>	<b>Lr</b> Laurécium (262)