

Pasniedzēja mācību materiāls



Metāla iepakojuma pārstrāde

Saturs

Saturs.....	1
Vispārīgais ievads.....	2
Izvērsta pamatinformācija.....	2
Apmācību rezultāti.....	5
Eiropas pamatkompetenču ietvarstruktūra	5
Apvienoto Nāciju Organizācijas Ilgtspējīgas attīstības mērķi	6
Laboratorijas procedūra	7
Apguves secība.....	10
Vērtēšana	10
Pateicības	11
Izmantotie avoti.....	11

Pasniedzēja mācību materiāls

Vispārīgais ievads

Šajā metodiskajā materiālā apmācāmie tiks iepazīstināti ar metāla iepakojuma jautājumiem, sniedzot četrus vienkāršus eksperimentus, kuros ir izklāstīta:

1. fizikāla metode divu dažādu pārtikas iepakojumos izmantotu metālu (alumīnijs un tērauds) atdalīšanai;
2. ķīmiska metode šo pašu materiālu atdalīšanai;
3. reducēšanās potenciāla sērija, korozijas jēdziens, anodiskā aizsardzība un pasivācija;
4. metālu, it īpaši skārda (viens no pirmajiem pārtikas vienreizējās lietošanas metāla iepakojuma komponentiem) elektroķīmiskā uzklāšana (galvanoplastika).

Atslēgvārdi:

Metāla pārstrāde, oksidēšanās-reducēšanās reakcijas, elektroķīmija

Izvērsta pamatinformācija

Šis metodiskais materiāls iepazīstina apmācāmos ar metāla iepakojuma, tā dēvēto „skārda bundžu”, pārstrādes tēmu, kas sākas ar skārda kārbām, ko izgatavoja, metāla loksnes strēmeli savelmējot un salodējot maza cilindra formā, pārklājot to ar plānu skārda slāni pusē, kas saskaras ar pārtiku, lai nodrošinātu metāla aizsardzību pret koroziju. Pēc tam mazā cilindra galus noslēdza ar diviem metāla diskiem, cieši pārlokot tos pāri cilindra malām. Skārda kārbu atvērējs bija svarīgs instruments šī iepakojuma veida atvēršanai un tas bija iekļauts virtuves, kempinga un karavīru instrumentu komplektos. Patiesībā pārtikas uzglabāšana metāla kārbās, šķiet, attīstījās, lai nodrošinātu Napoleona armijai efektīvu pārtikas produktu uzglabāšanu.

Mūsdienās gandrīz viss metāla iepakojums ir izgatavots alumīnija vai nerūsējošā tērauda disku spiediena deformācijas rezultātā, vienu pusi cieši aizvākojot ar no tā paša metāla izgatavotu disku, kas parasti ir aprīkots ar gredzenu kārbas atvēršanai, atplēšot vāku.



Pasniedzēja mācību materiāls

Dzelzs un tērauds

Dzelzs (Fe) ir ceturtais visbagātīgāk sastopamais elements Zemes garozā, veidojot 5% no Zemes garozas un, iespējams, 16% visas Zemes masas, un tas ir diezgan plaši atrodams Visumā. Šis elements ir tik bieži sastopams, jo tas veidojas kodolsintēzes rezultātā lielās zvaigznēs.

Tīru dzelzi izmanto dažos pielietojumos kā spriegummaiņu serdē, bet parasti to izmanto sakausējumā ar oglekli vai citiem metāliem. Dzelzs ražošanai ir nepieciešams kokss, kas ir viens no stratēģiski svarīgajiem materiāliem ES ekonomikā.

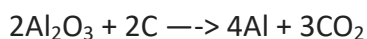
Alumīnijs

Alumīnijs (Al) ir elements, kura atomskaitlis ir 13 un kas atrodams aktuālās elementu periodiskās tabulas trešā perioda trešajā grupā.

Pateicoties tā relatīvai pārpilnībai, kas veido 8%, tas ir trešais visvairāk sastopamais elements Zemes garozā pēc skābekļa un silīcija. Dabā tas ir atrodams gandrīz tikai kā stabils izotops ²⁷Al, vienmēr oksidēts un laukšpata, vizlu, mālu un kaolīnu formā. Tīru oksīdu dēvē par korundu, kura pāris paveidi ir zināmi kā rubīns un safīrs.

Hidratētu oksīdu (boksītu) izmanto metāla ieguvē. Pateicoties tā zemajam standarta reducēšanās potenciālam ($E^0 = -1,66V$), metālu nav iespējams iegūt no augstas temperatūras reducēšanās ar koksu kā ar dzelzi un varu, tā vietā ir nepieciešams īstenot elektroķīmisku procesu kā magnijam un titānam.

Saskaņā ar Halla-Heroultu procesu (1886.) boksītu izkausē 1000 °C temperatūrā ar kriolītu ($3NaF \cdot AlF_3$). Pēdējo minēto elementu pēdējā laikā aizstāj ar mākslīgiem nātrija fluorīdu, alumīnija un kalcija maisījumiem. Reducēšanās process notiek elektrolīzes šūnas pamatnē virs ogles anodiem ar enerģijas prasību, kas šobrīd ir aptuveni 14 kWh uz 1 kg alumīnijaⁱ saskaņā ar šūnas reakciju:



Izkusušais metāls iztek no šūnas (kušanas punkts: 660 °C) ar 99,4-99,9% alumīnija saturu. Nesen Alcoa ir nācis klajā ar profilaktisku pārveidi alumīnija karbīdā, savukārt, Calsmelt ir pazeminājis darba temperatūras, izkausēto minerālu maisījumam pievienojot alumīnija vrakus, tādējādi samazinot enerģijas patēriņu.

2017. gadā alumīnija globālais ražošanas apjoms bija aptuveni 63,4 miljoni tonnu, 57% no šī apjoma saražoja Ķīna un tikai 12% Eiropa, patērējot aptuveni 3,5% no globāli saražotās elektroenerģijas. Augstās enerģijas izmaksas kopā ar iekšējā pieprasījuma samazināšanos un pārstrādes apjoma palielināšanos ir iemesls tam, ka pēdējos gados Itālija, Nīderlande un Apvienotā Karaliste ir pārtraukušas primārā alumīnija ražošanuⁱⁱ. 2012. gadā ES teritorijā tika iegūti tikai neliels daudzums vairāk par 2 miljoniem tonnu boksīta, ieguvei notiekot tikai Grieķijā, Francijā un Ungārijā,

Pasniedzēja mācību materiāls

kamēr galvenokārt ugunsizturīgu materiālu izgatavošanā izmantotā alumīnija oksīda ražošanas apjoms sasniedza 5,6 miljonus tonnu. Alumīnija ražošana Eiropas teritorijā cieš arī no kalcija fluorīda sagādes nenoteiktības, jo ES importē 70% šī savienojuma lielākoties no Ķīnas Tautas Republikas, kas nodrošina 2/3 no globālās ieguves apjomaⁱⁱⁱ.

Alumīnijs ir viens no visvairāk izmantotajiem metāliem, ieņemot otro vietu aiz dzelzs, pateicoties tā zēmajam blīvumam (2690 kg m^{-3} pie 20°C) un izturībai pret koroziju, ko nodrošina dabiska aizsargslāņa veidošanās pēc reagēšanas ar skābekli (process, kas ir zināms kā pasivācija). Pateicoties salīdzinoši zemam kušanas punktam, alumīniju var apstrādāt, izmantojot spiedienliešanas vai hidroformēšanas paņēmienus. Vieglos sakausējumus uz alumīnija, magnija, vara un cinka bāzes atkarībā no pielietojuma izmanto aviācijā, kā arī laivu korpusos un sporta automašīnu detaļās. Pasivācijas slāni var palielināt, izmantojot tā dēvēto anodizācijas procesu, kas arī ļauj izveidot noturīgu krāsojumu: šī iemesla dēļ alumīniju lielākoties izmanto ēku karkasu izveidē.

Tā labās elektrovadītspējas dēļ alumīnijs (gan tīrā formā, gan sakausējumos ar magniju un silīciju pārrāvuma slodzes palielināšanai) aizvieto varu gaisvadu elektrolīnijās, jo tas ļauj izgatavot elektrības kabeļus, kas rada mazāku slodzi uz balsta piloniem. Ņemot vērā alumīnija labo siltumvadītspēju, to izmanto siltummaiņos, savukārt, alumīnija-silīcija-vara sakausējumus izmanto dzinēju detaļu ražošanā^{iv}.

Šī metāla un tā sakausējumu daudzpusība sniedz inženieriem un stilistiem plašu dizaina brīvību, radot daudzus priekšmetus profesionāliem, sporta un sadzīves pielietojumiem. Alumīniju plaši izmanto iepakojuma izgatavošanā tādā apmērā, ka ES ir noteikusi alumīnija pārstrādes mērķus vismaz 50 % apmērā uz 2025. gadu un 65 % apmērā uz 2030. gadu^v.

Alumīnija pārstrādei ir pietiekami to nodalīt no citiem atkritumiem, veikt tā iepriekšēju apstrādi 500°C temperatūrā, lai nodedzinātu lakas un etiķetes, atkal to izkausēt 800°C temperatūrā inertā atmosfērā, izņemt piemaisījumus un ieliet to stieņu vai plāksņu formā. Ieguvums no sākotnējiem atkritumiem ir 87 %, bet patērētās enerģijas un radīto relatīvo CO_2 izmešu ietaupījums, kas izrietētu no primārā alumīnija ražošanas no minerāliem, ir 95%^{vi}.

Iepakojumu nozarē alumīnijs nelielā daudzumā tiek pielīmēts plānām plāksnēm vai izsmidzināts uz dažādiem materiāliem (kartons vai plastmasa), lai bloķētu skābekļa piekļuvi un ļautu ilgāku pārtikas produktu uzglabāšanu inertos apstākļos. Taču alumīnija izgūšana no šādām polilamināta plēvēm ir ārkārtīgi sarežģīta.

Cilvēka organismā alumīnijs ir atrodams koncentrācijā zem vienas miljona daļas un salīdzinājumā ar relatīvo pārpilnību tas atrodas tikai virs silīcija to elementu virknē, uz kuriem, šķiet, ir balstījusies *Homo Sapiens* evolūcija. Kopumā šķiet, ka alumīnijs nav nedz dzīvām būtnēm būtisks elements, nedz īpaši toksisks, neskatoties uz tā augsto koncentrāciju litosfērā un sarežģītajiem ģeoķīmiskajiem cikliem, kas izraisa nepārtrauktu saskari ar biosfēru. Taču, pat ja dzīvības lēnās evolūcijas process ir bijis praktiski vienaldzīgs pret alumīniju, cilvēce savā salīdzinoši īsajā vēsturē ir gudri izmantojusi alumīnija minerālus pašos pirmsākumos un tad, sākot no 20. gadsimta, alumīnijam iegūstot stratēģisku vērtību aeronautikā, ir plaši ieviesusi šo metālu savās tehnoloģijās,

Pasniedzēja mācību materiāls

padarot alumīniju par vienu no minerāliem, uz kuriem balstās cilvēces attīstības sprādziens pēdējās desmitgadēs.^{vii}.

Alumīnija putekļi agresīvi reagē ar skābekli, tāpēc šos elementus izmanto spāgstvielu rūpniecībā. Šīs nozares strādnieki kā personas, kas ir iesaistītas primārā un sekundārā alumīnija ražošanā un ugunsizturīgu materiālu izgatavošanā izmanto alumīnija pulveri, ir pakļauti saslimšanai ar pneimokoniozi, kas ir ar plaušu fibrozi un emfizēmu saistīta respiratorās sistēmas patoloģija. Tas noved pie secinājuma, ka, šķiet, alumīnija savienojumi neuzsūcas mūsu gremošanas sistēmā. Tos izmanto kuņģa skābes ārstēšanai paredzētos medikamentos, un alumīnija polihlorīdu arī izmanto kā flokulantu dzeramā ūdens attīrīšanas iekārtās.

Apmācību rezultāti

Nodarbības noslēgumā apmācāmie spēs:

- Darboties ķīmijas laboratorijā ar lielāku pārliecību
- Atpazīt iepakojuma izgatavošanā tipiski izmantotos metālus

Eiropas pamatkompetenču ietvarstruktūra

Pratības kompetence
S1. Spēja saprast un interpretēt jēdzienus, sajūtas, faktus vai viedokļus mutiskā vai rakstiskā veidā.
S2. Spēja izteikt jēdzienus, sajūtas, faktus vai viedokļus rakstiskā un mutiskā veidā.
S3. Spēja interpretēt pasauli un saistīt sevi ar citiem cilvēkiem.
Daudzvalodu kompetence
S1. Spēja saprast un interpretēt jēdzienus, sajūtas, faktus vai viedokļus mutiskā vai rakstiskā veidā.
S2. Spēja izteikt jēdzienus, sajūtas, faktus vai viedokļus mutiskā un rakstiskā veidā.
S3. Spēja interpretēt pasauli un saistīt sevi ar citiem cilvēkiem.
S4. Spēja atbilstoši un radoši mijiedarboties jebkurā situācijā.
S5. Vārdu krājuma, gramatikas un valodas zināšanas.
S6. Kultūru daudzveidības novērtēšana.
S7. Prasme lietot tehnisko valodu saskaņā ar darba jomu.
Matemātiskā kompetence un kompetence zinātnes, tehnoloģiju un inženierijas jomās
S1. Konstruktīvas domāšanas prasme, risinot problēmu jebkurā situācijā.

Pasniedzēja mācību materiāls


S2. Izpratne par matemātiskiem terminiem un jēdzieniem, un prasme tos pielietot.
S3. Spēja matemātiski modelēt reālās pasaules situāciju un pārnest matemātiskās kompetences nematemātiskos kontekstos.
S4. Gatavība risināt jaunas problēmas jaunās jomās.
S5. Kvantitatīvas domāšanas spēja.
S6. Spēja izgūt kvalitatīvu informāciju no kvantitatīviem datiem.
S7. Spēja matemātiski un ar simboliem formulēt problēmas, lai veicinātu to analīzi un risināšanu.
S8. Spēja plānot eksperimentālus un novērojumu pētījumus un analizēt šādos pētījumos iegūtos datus.
S9. Spēja formulēt sarežģītas optimizācijas un lēmumu pieņemšanas problēmas un interpretēt risinājumus problēmu sākotnējos kontekstos.
Pilsoniskā kompetence
S1. Spēja efektīvi mijiedarboties ar citiem cilvēkiem
S3. Spēja efektīvi strādāt un sadarboties ar citiem komandas locekļiem

Apvienoto Nāciju Organizācijas Ilgtspējīgas attīstības mērķi

Ilgtspējīgas attīstības mērķi ir plāns visu iedzīvotāju labākas un ilgtspējīgākas nākotnes nodrošināšanai. Šie mērķi ir vērsti uz globālajiem izaicinājumiem, ar ko saskaramies, tostarp saistībā ar nabadzību, nevienlīdzību, klimata pārmaiņām, vides degradāciju, mieru un taisnīgumu.

		Nodrošināt piekļuvi pamata pakalpojumiem		Vienlīdzīga piekļuve globālām zināšanām
		Drošas medicīnas ierīces		Ilgtspējīga urbanizācija
		Izglītības pieejamība		Atbildīga patērišana un ražošana
		Mazāk apgrūtinājumu, vairāk iespēju		Izturības stiprināšana, dabas katastrofu ietekmes mazināšana
		Tīrs ūdens par pieņemamām cenām		Okeāna un jūras ūdeņu piesārņojuma mazināšana

Pasniedzēja mācību materiāls

	Enerģija – zelta pavediens		Sauszemes ekosistēmu ilgtspējīga izmantošana
	Darbinieku drošība un ekonomiskā izaugsme		Miermīlīgas un iekļaujošas sabiedrības veicināšana
	Noturīga infrastruktūra un ilgtspējīga industrializācija		Labāka tehnoloģiju un inovāciju pieejamība

Laboratorijas procedūra

Šī procedūra sastāv no četru eksperimentu kopuma. Pirmie divi eksperimenti ir vienkārši veicami ar viegli pieejamiem rīkiem. Trešajam un ceturtajam eksperimentam ir nepieciešami skārda sāļi un cinka granulas, kas nav visur pieejamas.

1. eksperiments

Nepieciešamie piederumi

- liels magnēts (var izmantot magnētu no salūzuša skaļruņa vai velosipēda dinamo ierīces);
- no alumīnija (Al) izgatavota skārda bundža;
- no tērauda izgatavota skārda bundža.
- izturīgas šķēres (elektriķu šķēres)

Sagriez no dažādiem materiāliem izgatavotās skārda bundžas un sajauc iegūtos gabaliņus kopā. Izmanto magnētu, lai atdalītu materiālus. Tā kā tērauds galvenokārt sastāv no dzelzs, magnēts to pievelk, savukārt, alumīniju nepievelk. Šādi vari izmantot alumīnija un tērauda fizikālās īpašības, lai atšķirtu dažādu veidu skārda bundžas.



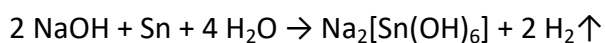
Pasniedzēja mācību materiāls

2. eksperiments

Nepieciešamie piederumi

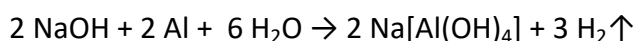
- aizsargcimdi un aizsargbrilles;
- ciets NaOH (to var iegādāties dažos veikalos un to izmanto sifonu tīrīšanai);
- tējkarote;
- piltuve;
- dažas mēģenes;
- mēģeņu statīvs;
- maisīšanas stienis;
- karsts ūdens.

Uzvelc aizsargbrilles un aizsargcimds. Skavā ievietotā mēģenē ieber pus tējkaroti NaOH, izmantojot piltuvi. Piepildi aptuveni trešo daļu mēģenes ar karstu ūdeni. Ūdens iepriekšēja uzkaršēšana palīdz paātrināt NaOH izšķīdināšanu. Šķīdumu maisa, izmantojot maisīšanas stieni līdz viss NaOH ir izšķīdis. Tad mēģenē uzmanīgi ievieto tērauda gabaliņu. NaOH vidē vispirms tēraudu aizsargājošais Sn aizsargslānis reaģēs ar spēcīgu bāzi veidojošo $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$, tāpēc var būt novērojama dažu gāzes burbuļu veidošanās.



Tā kā tērauds pats par sevi nereaģē ar NaOH, nekādām citām reakcijām nebūtu jābūt novērojamām.

Pēc tam alumīnija gabaliņu var uzmanīgi ievietot tajā pašā mēģenē vai citā mēģenē ar to pašu šķīdumu. Alumīnijs agresīvi reaģē ar NaOH, veidojot nātrija alumīnātu:



Tādējādi esi izmantojis tērauda un alumīnija ķīmiskās īpašības, lai atšķirtu skārda bundžas ar dažādu sastāvu.

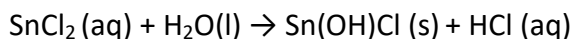
3. eksperiments

Nepieciešamie piederumi

- 50 mL mērglāze;
- SnCl_2 pulveris (var aizvietot ar $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$, šajā gadījumā nebūs jāpievieno HCl);
- HCl šķīdums;
- ūdens;
- cinka granulas;
- Petri trauks.

Pasniedzēja mācību materiāls

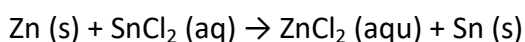
50 ml ūdens izšķīdina aptuveni pus tējkaroti SnCl_2 . Šķīdumā notiek SnCl_2 hidrolīze, veidojot nešķīstošu savienojumu:



Jāpievieno dažī pilieni HCl šķīduma līdzsvara pārvietošanai uz kreiso pusi, lai šķīdums nekļūtu duļķains un uzlabotos sekojošās reakcijas ar metālu redzamība. Tāpat skābes pievienošana novērš nogulšņu veidošanos, izņemot no ūdens karbonātu jonus.

Piepildī 3/4 Petri trauka ar šķīdumu un novieto to izmantošanai 4. eksperimentā.

Mērglāzē atlikušajā šķīdumā ieliec dažas Zn granulas, kas pēc kāda laika pārklāsies ar melnu un putekļainu Sn slāni. Notiek šāda reakcija, jo Zn ir reaktīvāks nekā Sn :



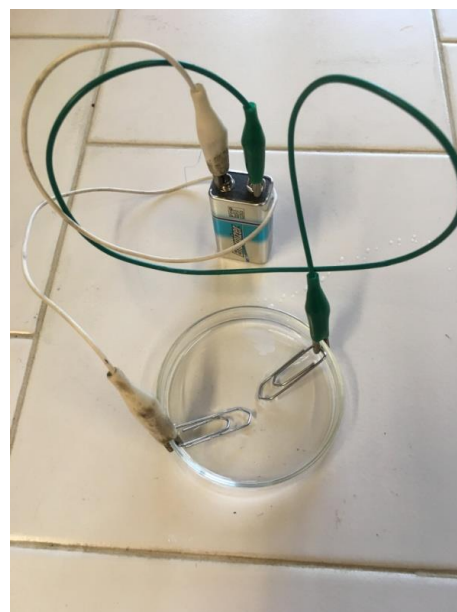
Līdzīgu reakciju izmanto skārda bundžu ražošanā, lai pārklātu tēraudu ar Sn aizsargslāni.

4. eksperiments

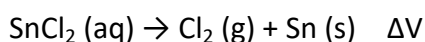
Nepieciešamie piederumi

- 9V baterija;
- divi papīra saspraudes;
- divi 10 vai 20 cm gari elektrības vadi, katrs ar divām krokodila tipa spailēm.

3. eksperimenta gaitā Petri traukā glabātais šķīdums tiks izmantots elektrodepozīcijas eksperimenta īstenošanai. Piestiprini papīra saspraudes pie Petri trauka malas, izmantojot katra vada vienu krokodila tipa spaili (skatīt attēlu zemāk). Pievieno katra vada otru krokodila tipa spaili 9V baterijas diviem poliem. Labāko rezultātu iegūšanai testa aparātam jābūt pilnīgi nekustīgam, un jānogaida dažas minūtes. Jābūt novērojamam metāliska tīkla veidošanās procesam no vienas papīra saspraudes.



Baterijas elektriskā strāva izraisa nespontānu SnCl_2 šķīduma reakciju. Sn tiek reducēts uz papīra saspraudi, kas ir pievienota baterijas negatīvajam polam (katodam), kamēr pie papīra saspraudes, kas ir pievienota baterijas pozitīvajam polam (anodam), veidojas Cl_2 gāze.



Elektroķīmiskā reducēšanās tiek pielietota, lai iegūtu tīru alumīniju no kausētām rūdām, un tā veido aptuveni 3% no visa pasaules elektroenerģijas patēriņa. Ņemot vērā šo apstākli, ir krietni energoefektīvāk pārstrādāt vecās alumīnija bundžas nekā tās izgatavot no rūdās esošā metāla.

Pasniedzēja mācību materiāls

Elektropārklāšanu var izmantot arī tērauda pārklāšanai ar Sn. Skārda bundžas pārklāj ar Sn līdzīgi kā papīra sapraudi, kas pievienota baterijas negatīvajam polam.

Pēc šīs darbnīcas ir vēlams izvēdināt telpu, jo eksperimentu laikā ir izveidojušās dažādas gāzes.

Apguves secība

1. solis - Nepieciešamais laiks un aktivitāte: 15 minūtes – pasniedzējs sniedz īsu ievadu, izmantojot pamācības video.

2. solis – Nepieciešamais laiks un aktivitāte: 90 minūtes – Apmācāmie tiek sadalīti grupās (vēlamais apmācāmo skaits katrā grupā ir 2 vai 3). Katra grupa veic secīgos eksperimentus.

Vērtēšana



Jautājumi:

1. Kādi materiāli veido pārtikas produktu metāla iepakojumu?
2. Kādas ir trīs galvenās alumīnija pārstrādes priekšrocības?
3.

Atbildes

1. Šī skārda bundža ir izgatavota no:
 - 1.1. skārda (tērauda sloksne, kas pārklāta ar plānu skārda slāni);
 - 1.2. alumīnija;
 - 1.3. nerūsējoša tērauda.
2. Trīs galvenās alumīnija pārstrādes priekšrocības ir:
 - 2.1. 95% enerģijas ietaupījums, salīdzinot ar alumīnija iegūšanai no minerāla ($14 \text{ kWh/kg}^{-1} \text{ Al}$);
 - 2.2. atkritumu, kas nonāk atkritumu poligonos, samazināšana; patiesībā pat nonākot 2.3. punktā minētajā sadedzināšanas iekārtā, alumīnija apjoms nesamazinās;
 - 2.3. raktuvju darbības radītās ietekmes uz dabas ainavu mazināšana, samazinot ūdens un ķīmisko vielu (it īpaši fluoršpata) patēriņu un ieguves procesā radušos sārņu ietekmi uz vidi.

Pasniedzēja mācību materiāls

Pateicības

Metodiskā materiāla autori izsaka pateicību Prof. Paola Bocchini no Liceo A. (Boloņa) un viņas studentiem (IV A klase, 2021.-2022. akadēmiskais gads)

Izmantotie avoti

-
- i [World aluminium.](#)
 - ii M. Conserva, [La produzione mondiale di alluminio primario, A&L 21/02/2019.](#)
 - iii Deloitte Sustainability, British Geological Survey, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, [Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets, 2017.](#)
 - iv AA. VV. Enciclopedia della Chimica Garzanti, Garzanti editore, Milano, 1998.
 - v I.S.P.R.A [Rapporto rifiuti urbani edizione 2018.](#)
 - vi CIAL - Consorzio [Imballaggi](#) in Alluminio.
 - vii C. Exley [J. Inorg. Biochem. 97 \(2003\) 1–7.](#)