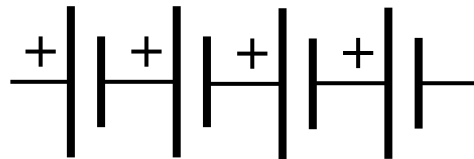
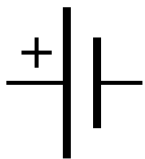


AKUTEHNOLOOGIA

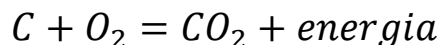
- Aku on elektrokeemiline energiaallikas (vooluallikas)
- Eesti keeles kasutatakse „aku“ kontekstis taaslaetav energiaallikas ning „patarei“ kontekstis ühekordselt kasutatav energiaallikas (sõltumata elementide arvust)
- Kui on soov olla terminoloogiliselt täpne siis
 - Patarei on komplekt keemilisi vooluallikaid, koosnedes kas primaarelementidest või sekundaarelementidest – vastavalt siis primaarpatarei ja sekundaarpatarei.
 - Patarei pinge sõltub elementide hulgast ja ühendusviisist
 - Primaarelement on ühekordselt kasutatav allikas, mille pinge sõltub ainult kasutatavast elektrokeemilisest tehnoloogiast ning loomulikult energiasisaldusest.
 - Sekundaarelement on taaslaetav element, mille pinge sõltub ainult kasutatavast elektrokeemilisest tehnoloogiast ning laetuse tasemest.



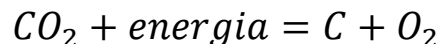
KEEMILISTE REAKTSIOONIDE ENERGIA

Eksotermilised ja endotermilised reaktsioonid. Keemilise reaktsiooni käigus võib eralduda soojusenergiat – sellisel juhul on tegemist eksotermilise reaktsiooniga.

Nt süsiniku põlemine



Kui soovime seda protsessi ringi pöörata, siis



See on endotermiline, ehk energiat neelav protsess.

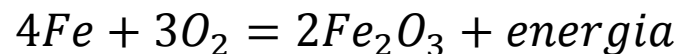
Süsiniku põlemine ei pea olema kõrge kuumusega protsess (lõke). Lihtsustatult võib öelda, et loomade organismis toimub samuti süsiniku põletamine hapniku abil, läbi keeruliste ja „rahulike“ reaktsioonide. Üleliigne süsihappegaas väljub atmosfääri.

Ning taimed omakorda teostavad vastupidist protsessi – kasutades välist energiaallikat, korjavad nad õhust süsihappegaasi ning vett ja muudavad selle tagasi süsinikuühenditeks, „hingates“ seejuures välja hapnikku.

Mis on selleks väliseks energiaallikaks ?

OKSÜDEERUMINE – REDUTSEERUMINE ehk REDOX protsess

Oksüdeerumine on keemiline protsess, mille käigus element kaotab elektroni ning ühineb oksüdeeriva elemendiga – enamasti on oksüdeerijaks hapnik, kuid võib olla ka mõni teine oksüdeeriv element (nt fluor). Kui protsess on väga energiline, siis rahvakeeli nimetatakse seda **põlemiseks**



Energiat tekib päris palju – selline protsess toimub raua lõikamisel hapnikuga. Esialgu on vajalik ületada teatud temperatuuribarjäär (atsetüleeniga kuumutades), kuid peale reaktsiooni algust tuleb kogu energia raua põlemisest hapnikus (atsetüleenikraani võib kinni keerata).

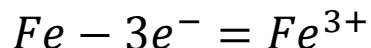


REDOX

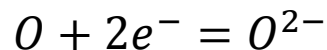
Energia eraldub soojusena. Mida kõrgem temperatuur, seda rohkem on soojuses kiirguslikku komponenti ehk valgusosakesi – footoneid.

Mida tähendab „elektroni kaotamine“ ?

Lihtsustatult toimuvad vahepealsed reaktsioonid:



Raua aatom „kaotab elektronid“ ehk oksüdeerub ja omandab positiivse laengu

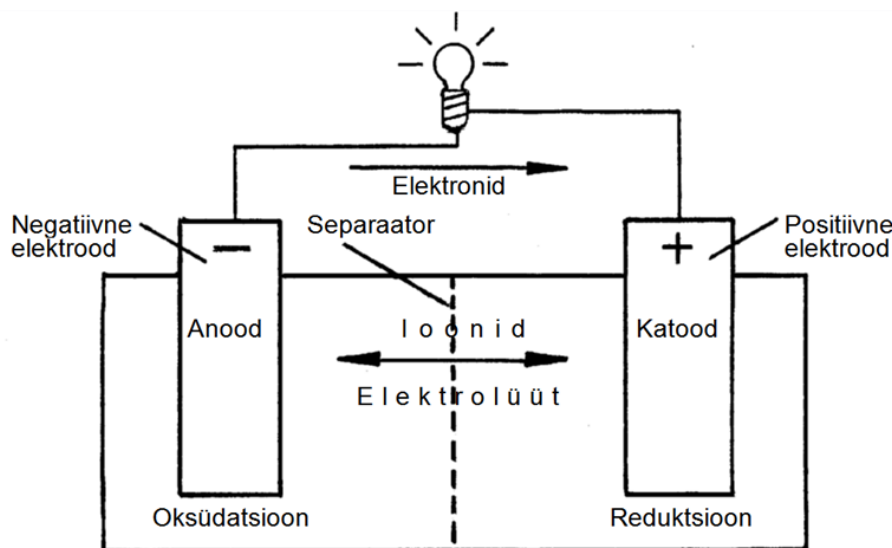


Hapniku aatom „haarab elektronid“ ehk redutseerub ja omandab negatiivse laengu.

Tulemuseks on „kokkupõimunud aatomid“ ehk käesoleval juhul roostemolekul Fe_2O_3 . Aatomid omandavad protsessi käigus elektrilaengud, mis rekombineeruvad ja lõpptulemusel elektrilaengut ei ole.

ELEKTROKEEMILINE VOOLUALLIKAS

Keemilise vooluallika põhiosadeks on positiivne ja negatiivne elektrood ning elektrolüüt. Elektroodi aktiivainena kasutatakse elektrokeemiliselt aktiivseid metalle ja nende keemilisi ühendeid. Elektrolüüdiks on hapete, aluste ja soolade lahused võiioonvedelikud. Keemilises vooluallikas toimuvad elektrokeemilised protsessid põhinevad redoksreaktsioonidel. Vooluallika elemendi negatiivne elektrood on niisugusest metallist, mis elektrolüüdiga reageerides oksüdeerub. Oksüdeerumisprotsessis eralduvad metalli aatomeist elektronid. Kui ühendada elektrootidega elektritarviti, moodustub vooluring ja elektronid liiguvad välisahelas negatiivselt elektrootilt positiivsele - tekib elektrivool. Positiivsel elektrootil osalevad elektronid reduktsioonireaktsioonis. Elektrolüüdis kannavad laengut ühelt elektrootilt teisele ioonid.



Kui voolu ei tarbita, siis ioonid ei liigu ning reaktsioon teoreetiliselt peatub. Praktikas toimuvad reaktsioonid vähesel määral edasi ning seda nimetatakse vooluallika isetühjenemiseks.

Lihtsustatult võime öelda – patarei „põletab“ energia saamiseks metalli.

VAHEMÄRKUS

Eelnevalt on kasutatud väljendeid „elektronid liiguvad juhtmes“. Tegemist on illustratsiooniga, mis ei kirjelda pärismaailmas toimuvat. Nagu ka väide „elektron tiirleb ümber aatomituuma“. Elektroni liikumist ja olekuid saab täpsemalt kirjeldada ainult kvantmehhaaniliselt – ning sellisel juhul ei saa me enam rääkida elektronist kui „osakesest“ vaid elektron on ka laine. On olemas teooriaid mis väidavad et kuna elektronid on omavahel identsed, siis on kogu Universumis ainult üks elektron mis asub igal pool korraga...

Nobelistist füüsik **Richard Feynman** väitis, et

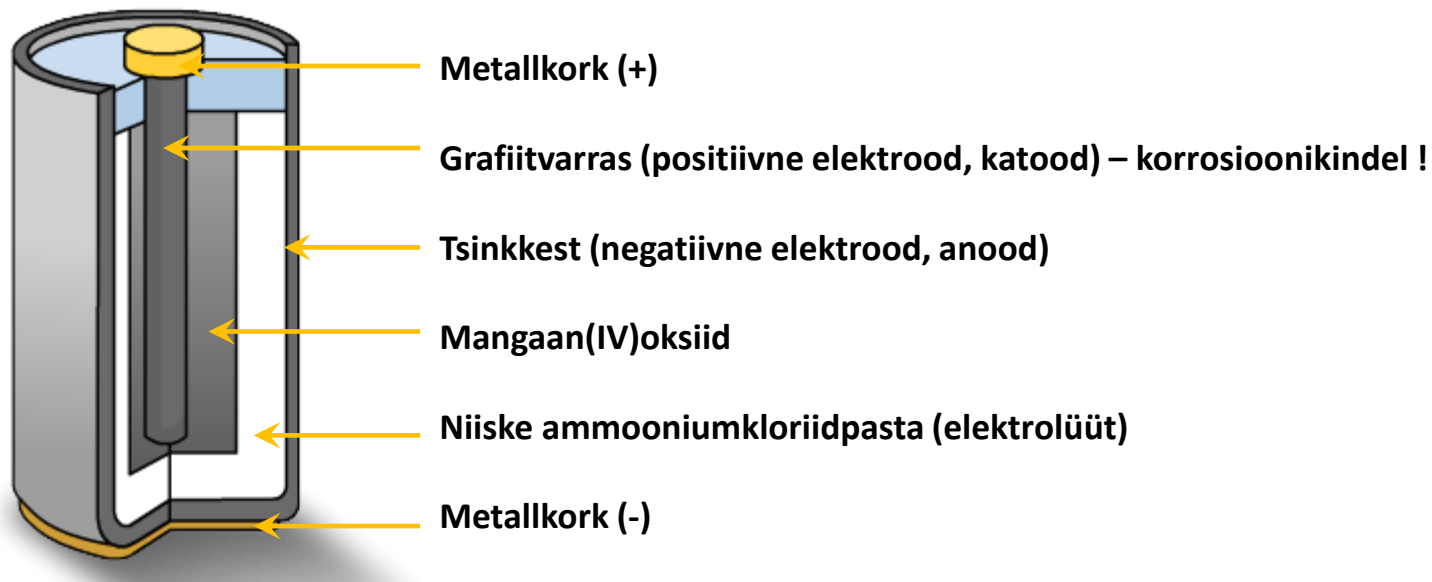
„Keegi ei mõista kvantfüüsikat“

Pidades silmas ilmselt seda, et kvantfüüsikalisi protsesse ei saa „ette kujutada“ – neid saab ainult matemaatiliselt mudeldada.



PATAREID

Tsink-süsinikelement

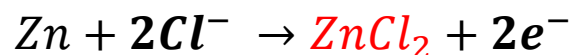


„Vanakooli“ patareid, tänapäeval kasutatakse vähe. Eeliseks odavus. Puuduseks lekkimine ja korrosioonioht seadmes. Vanemad mudelid sisaldasid elavhõbedaühendeid, pliid ja kaadmiumi. Elavhõbe ja kaadmiumi kasutamine keelati alates 1990 aastast, viimase ajal on elimineeritud ka plii. Vanad patareid prügimägedel on suur keskkonnaprobleem .

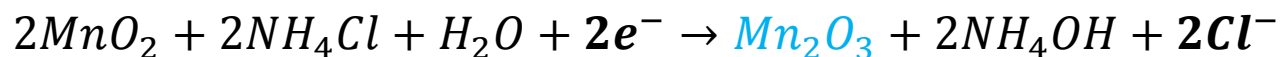
PATAREID

Tsink-süsinikelement

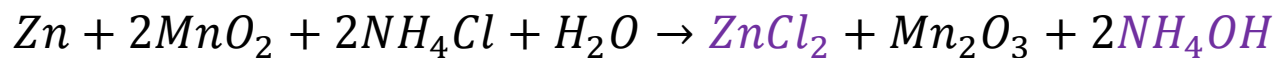
Anoodil – tsink oksüdeerub (metall „põleb“) kuna sinna liiguvad klooriioonid



Katoodil – mangaan redutseerub kuna sinna liiguvad elektronid



Üldine reaktsioon



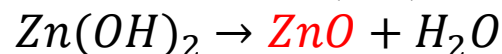
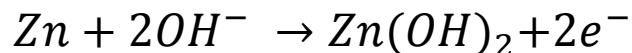
Tsinkkloriid on valge hügrokoopne pulber, ammooniumhüdroksoid on leeliseline vesilahus. Kui patareid väliskest korrodeerub, siis sealt see sodi välja pressib. Kumbki ei ole mürgine. Kui reageerivad komponendid ammenduvad, siis patareid lõpetab vooluandmise. Reaalsuses tekivad sees jääkained, kihistused, kuivamine – mistõttu eluiga on teoreetilisest alati lühem

PATAREID

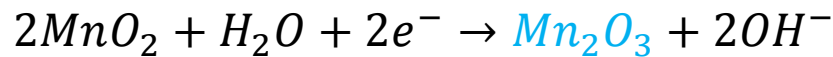
Leelis-mangaan element ehk *Alkaline*

Suurema mahtuvusega, tänapäeval väga laia kasutusega.

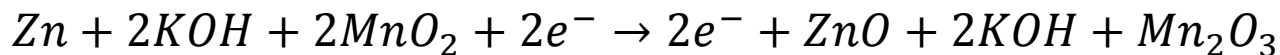
Anoodil – tsink oksüdeerub



Katoodil – mangaan redutseerub



Üldine reaktsioon



Kaaliumhüdrosiid praktiliselt ei kulu. Liiga kõrge temperatuuri või koormuse korral tekivad gaasilised lagunemisproduktid (vesinik), need väljuvad läbi kaitseventiili. Vigasest korpusest võib lekkida leeliselist vedelikku.

PATAREID

Liitium-primaarelemendid

Kõrgeim mahtuvus, mida saab osta igapäevakasutuseks.

Li-MnO₂ - Ei sobi leelispatareide asendamiseks, kasutatakse odavates laiatarbeseadmetes, kus vajalik vähene isetühjenemine

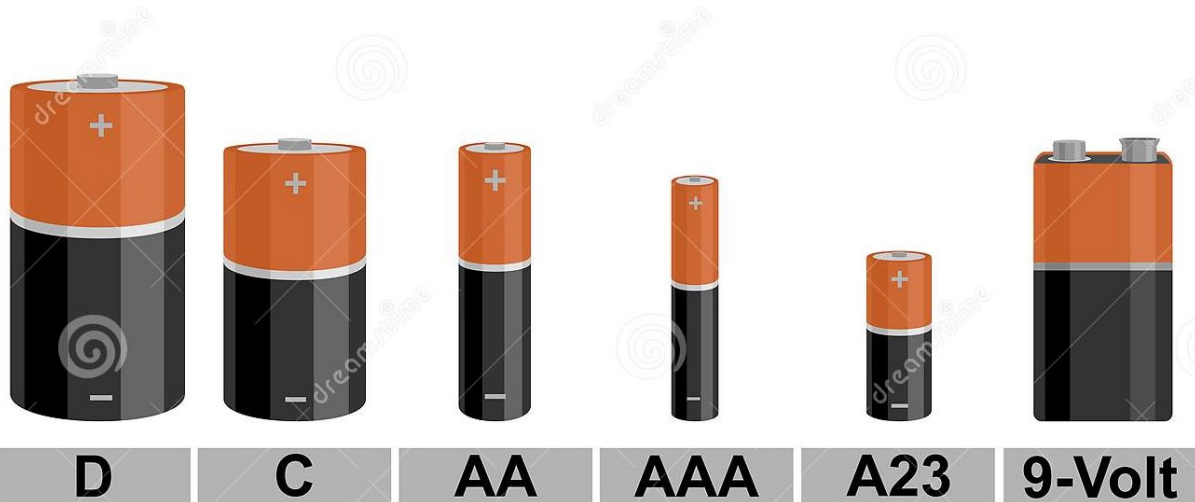
Li-FeS₂ - sobib asendamaks leelispatareisid. Sisaldab termokaitset, kuna ülekuumenemisel (välise temperatuuri või ülevoolu mõjul) võib süttida

Li-SOCl₂ – kõrgema pingega (3.6V). Väga kõrge energiatihedus, töötab ka väga madalal temperatuuril. Väga pika elueaga – kasutatakse nt pika missiooniajaga kosmosesondides maandumisautomaatika toiteks.

Sisaldab mürgiseid kemikaale. Lühise korral võib plahvatada. Soovitatakse kasutada ainult suletud seadmetes ja mitte müüa tavatarbijatele. Märgatavalt kallim teistest elemenditüüpidest.

PATAREID

Levinud gabariidid



Gabariit	Süsinik [Wh]	Leelis [Wh]	Liitium [Wh]
AAA	0.8	1.8	1.8
AA	2.5	3.9	5.1
C	3.8	8.0	32*
D	8.0	27	68*
9V	3.5	5.0	10

* Kõrgem pinge võrreldes teiste elementidega, ei sobi 1:1 asendamiseks. Gabariit sama.

PATAREID

Gabariidid, energiatihedus, nüansid

Eelnevast tabelist on näha, et liitiumi tehnoloogiline „ülimuslikkus“ on palju märgatavam suurema gabariidiga patareidel. Miks ?

- Liitiumpatarei sisaldab ülekoormuse ja ületemperatuuri eest kaitsvaid lülitusi
- Patarei kesta ja elektroodide mahumõõdud ei sõltu eriti patareitehnoloogiast

Samas on lisaks mahutavusele oluline jälgida ka töötemperatuuri ning kasutustsükli iseloomu. Seadmetes, mis valdava osa ajast seisavad „ooterezhimis“ – näiteks avariitaskulamp – on mahtuvusest olulisem, et ei toimuks isetühjenemist ning samuti on oluline lekkekindlus.

Madalatel temperatuuridel väheneb leelispatarei mahtuvus, samas liitiumelemendil muutub see vähe, mistõttu esialgne mahtuvuse „võrdsus“ ei kehti ning seetõttu võiks nt külmoone avariitaskulambis olla liitiumpatareid – ehkki hind on oluliselt kõrgem.

PATAREID

Keskkonnasõbralikkus

Primaarpatareid ei ole keskkonnasõbralikud

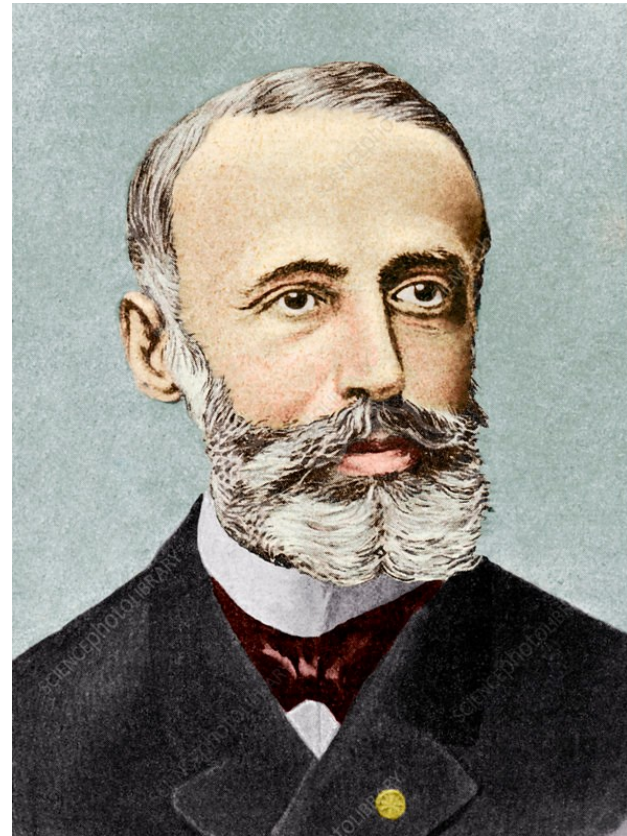
- Leeliselemendi valmistamiseks kuluv energia on sadu kordi suurem kui sealt saadav energia
- Energia hind – patarei vs võrguelekter – 500..1000 korda kallim
- Euroopa Liidus tekib iga aasta üle 100 000 tonni leelispatareijäätmeid
- Liitiumpatareid – kui satuvad üldprügisse, siis võivad süüdata prügiauto (prügiautod pressivad prügi kokku ja võivad lõmastada patarei, mis seejärel süttib)
- Patareidest lekkivad ühendid võivad jõuda põhjavette
- „Rämpstootjate“ odavpatareid kulutavad sama koguse toormaterjale, kuid nende kasulik energiasisaldus on mitu korda madalam.
- Patareide ümbertöötlemisel saadavad metallid on ca 5x kallimad maailmaturuhindadest

AKUD

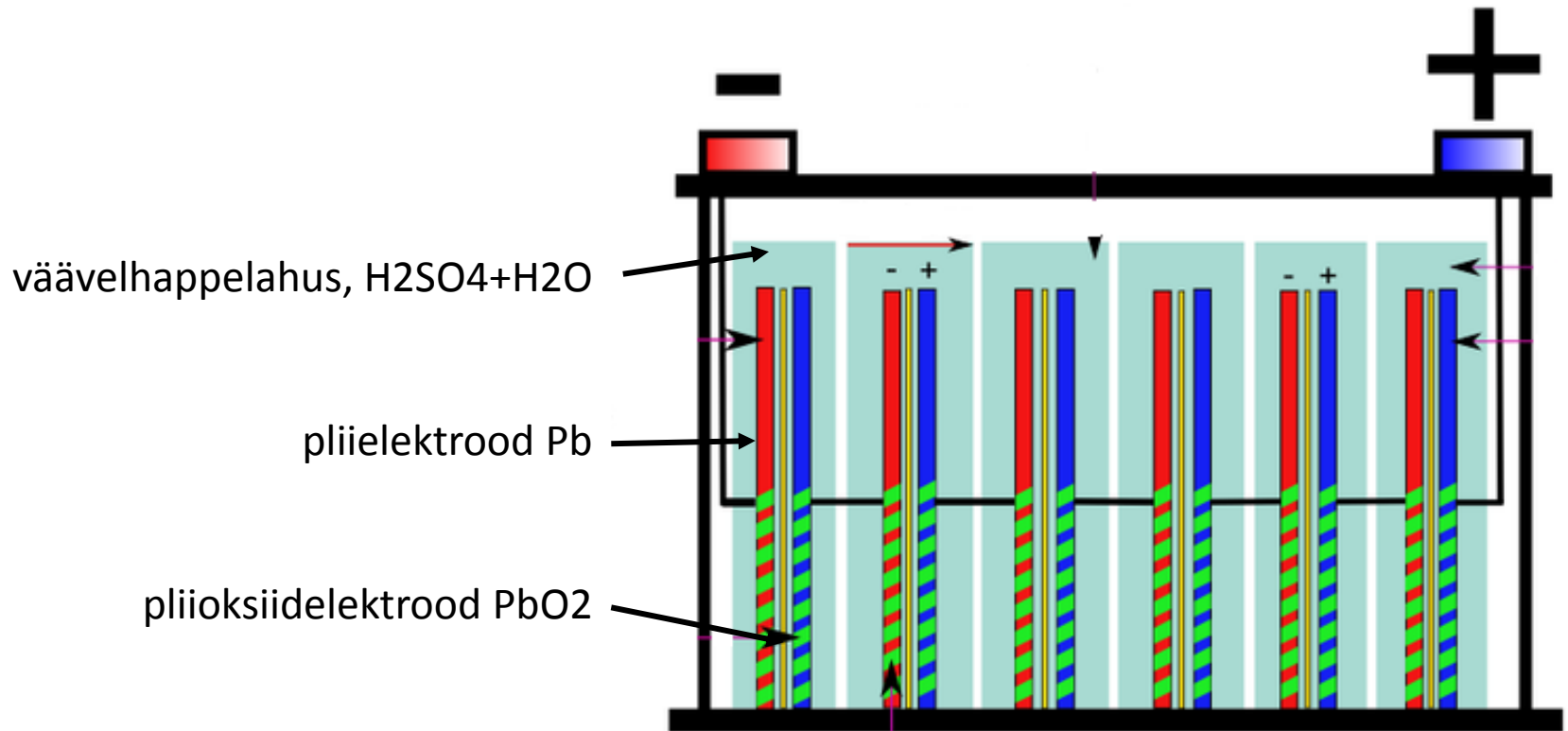
- Aku ei erine kuigi palju primaarelemendist
- Aku keemia on valitud selliselt, et reaktsioonid oleksid reverseeritavad välise energiaallika abil
- Ka leelispatareid on teatud määral „taaslaetavad“, kuid kuna konstruktsioon sellega ei arvesta, siis reeglina ei ole see kuigi kasulik tegevus
- Ideaalne aku on taaslaetav lõputu arv kordi
- Reaalses akus tekivad erinevad parasiitühendid ning plaatide pinnastruktuur kahjustub – seetõttu on laadimiskordade arv piiratud (enamasti vahemikus 100 – 10000 korda)
- Aku energiatihedus ja maksimaalne väljundvool on pöördvõrdelises suhtes. **Miks ?**

PLIIAKU

- Kõige vanem akutüüp, leiutatud aastal 1859 Gaston Plante (pildil) poolt.
- Tootmisküpseks kujundas aastal 1886 Henri Tudor
- Suur impulssvoolu taluvus – sobib hästi sisepõlemismootori käivitusakuks
- Madal energitihedus – 40Wh/kg ja 90Wh/L
- Siiani laialt kasutuses
- Sisaldab pliid (Pb), kuid plii taakasutus on >95%
- Suhteliselt ohutu ja töökindel
- Normaalse hoolduse korral pikk eluiga



PLIIAKU



Joonisel näidatud pliiaku tühjenemisprotsess

PLIIAKU

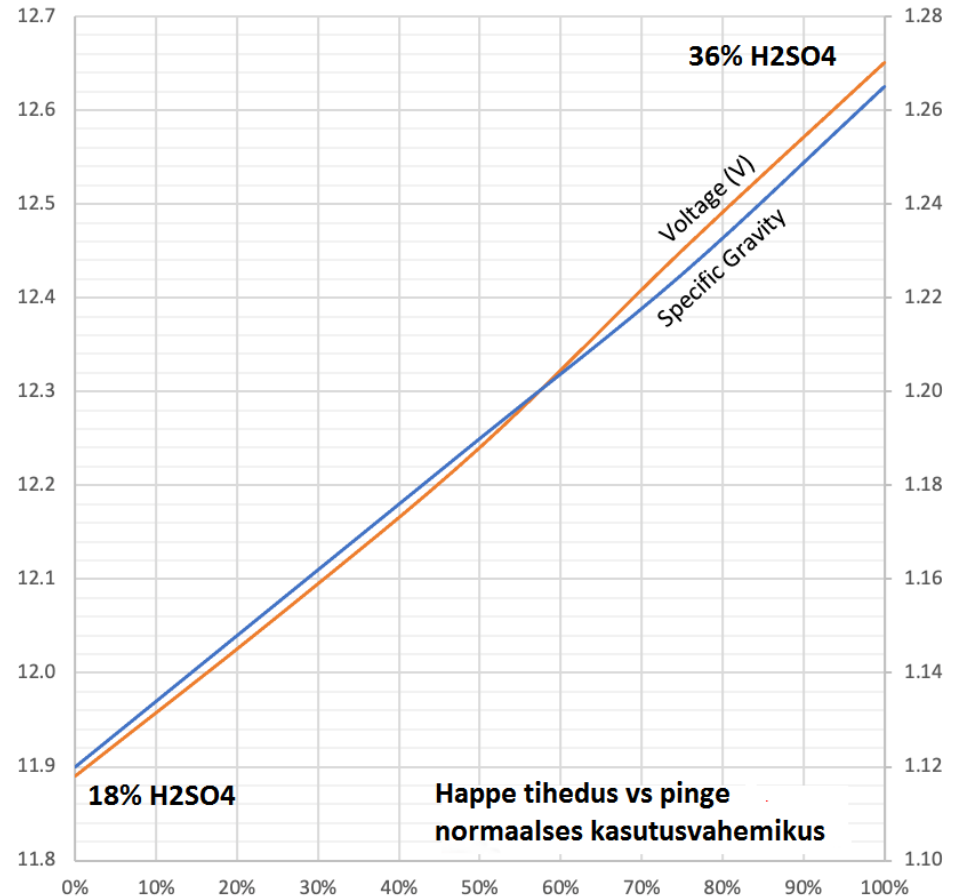
Elektroodid ehk plaadid on valmistatud võrgukujulise pinnaga. Põhimaterjaliks on plii (Pb), kuid seda legeritakse tugevuse huvides antimoni (Sb) ja kaltsiumiga (Ca). Sulamid sõltuvad kasutusotstarbeks ja on transpordiakul ja käivitusakul mõnevõrra erinevad. Kaltsium-plii akud nõuavad mõnevõrra kõrgemat laadimispinget, kuid väidetavalt tekitavad vähem vesinikku.

Plaatide võrgud täidetakse pastaga, mis sisaldab pliioksiidi, väävelhapet, tahma, baariumsulfaati, väävel-ligniini jt elemente. Pasta kasutamine tekitab anoodi ning katoodi, millel on suur pindala ning lisandid soodustavad selle pinna võimalikult pikka vastupidavust (soodustades nt dendriitide tekkimist ja vähendades tihke, vähese eripinnaga massi teket). Ka pasta koostis sõltub aku kasutusala ja on eri tootjatel erinev. Pasta „püsimine“ võrgus on aku eluea üks võtmetähtsusega komponente. Kui plaat „laguneb“ või „pudeneb“, siis kaotab aku oma mahtuvust.

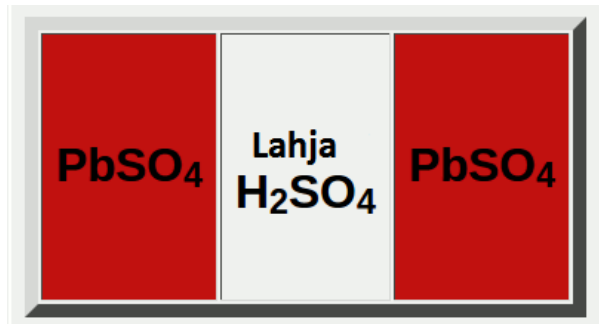
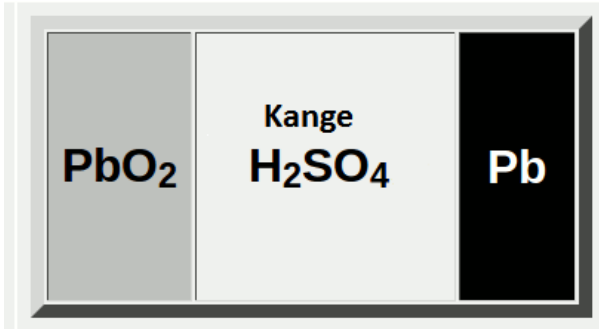


PLIIAKU

Elektrolüüdiks kasutatakse destilleeritud vee ja väävelhappe segu. Sõltuvalt laetuse tasemest muutub happe tihedus – energia salvestub happes. See annab võimaluse hinnata aku laadimistaset tihedusmõõtja abil – II MS ajal pidi aku eest vastutav mehike tiheduse regulaarselt logiraamatusse kirjutama. Happe liigmadal või kõrge tihedus mõjub halvasti plaatide pinnakihi ning samuti tekib vesinikku. Elektrolüüdi külmumispunkt sõltub happe kontsentratsioonist, 36% puhul on see **-67°C** aga tühjal akul, 18% juures ainult **-7°C**. Seega, külma ilma korral võib tühi aku lõhki külmuda. Laetud aku külmumiseks on vaja Siberi külmust.

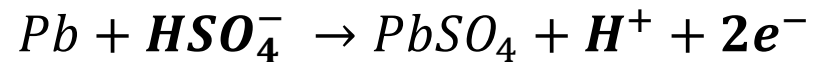


PLIIAKU

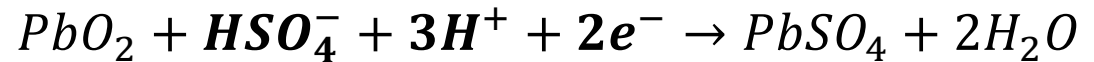


Mis protsessid toimuvad pliiaku tühjenemisel ?

Negatiivsel plaadil



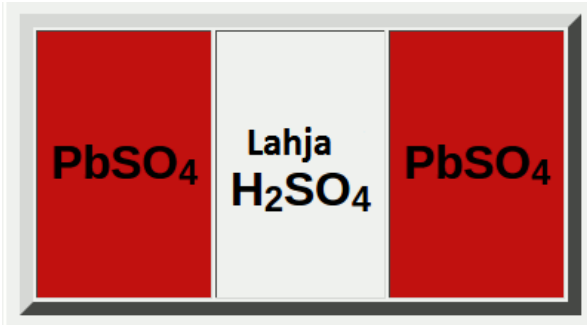
Positiivsel plaadil



Üldreaktsioon

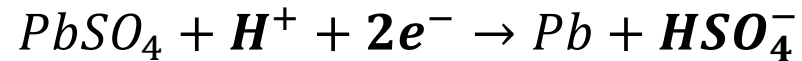


PLIIAKU

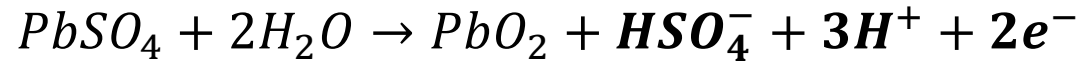


Aga laadimisel ?

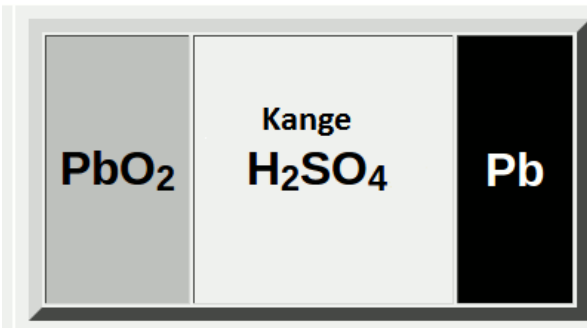
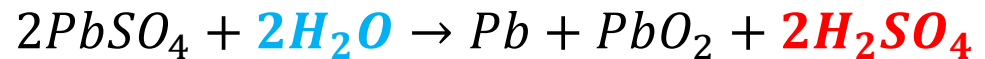
Negatiivsel plaadil



Positiivsel plaadil



Üldreaktsioon



Ülelaadimisel tekib vee elektrolüüs – vesi laguneb hapnikuks ja vesinikuks, mis moodustavad väga hästi süttiva „paukgaasi“

PLIIAKU – VRLA, SLA, AGM ?

VRLA – valve regulated lead acid, ülerõhupiirajaga pliiaku, tuntud ka kui

SLA – sealed lead acid, suletud pliiaku

Suletud tüüpi akud, milles elektrolüüt on „suletud“ plaatide lähedusse ja ei loksu vabalt ringi. Eeliseks on vibratsioonikindlus ja võime töötada igas asendis. Elektrolüüt ei kihistu ja on ühtlase koostisega – see annab parema külmataluvuse. Samuti suudab selline lahendus teatud ulatuses rekombineerida eraldunud vesiniku ja hapniku, mistõttu ei vaja hooldust.

Elektrolüüdi „fikseerimiseks“ on kaks lahendust:

AGM – absorbent glass matt,

absorbeeriv klaasfiiber – klaasfiibermass on immutatud elektrolüüdiga.

Kallim kui vedela elektrolüüdiga aku.

GEL – räniühenditega geelistatud elektrolüüt

Kallim kui vedela elektrolüüdiga aku.



PLIIAKU – VRLA, GEL, AGM ?

Vedela elektrolüüdiga aku

On tundlik vibratsiooni suhtes, tööasend on piiratud.

Samas – vaikselt seistes tekib elektrolüüdi kihistumine, mis on halb.

Laadimisel eraldub vesinikku.

Vigastamisel lekib väävelhapet.

Odavam hankida.

Nõuab elektrolüüdi hooldust ja ühtlustamist.

Korraliku hoolduse puhul pikema elueaga.

Vastupidavam ületühjendamisel ning ülelaadimisele

Vananeb sujuvalt

Laetuse taset on võimalik kontrollida tihedusmõõtjaga

VRLA/GEL/AGM

Tööasend vabamalt valitav

Elektrolüüt on ühtlane ja ei kihistu

Vesiniku eraldumine väiksem, kuna võimaldab rekombineerumist

Vigastamisel ei leki vedelikke

Tundlikum ülelaadimise ja ületühjenemise suhtes

Hooldusvaba – kuid see tähendab ka, et elektrolüüti ei saa värskendada

Eluiga mõnevõrra lühem ning rikneb järsult

Kallim

PLIIAKU REGENEREERIMINE

Tühjenemisel tekivad plaatidele pliiisulfaadi kristallid. Kui pliiaku on tühjenenud üle 75% ulatuses, moodustavad need kristallid plaadile käsnja struktuuri. Kui aku laetakse seejärel uuesti, siis need kristallid valdavalt lahustuvad. Kui aku seisab tühjena pikema aja jooksul, siis kristallid enam ei lahustu ning see vähendab plaatide aktiivsed pindala ja suurendab sisetakistust. Uuesti laadimise korral saavutab aku „laetud“ taseme palju kiiremini ja see tähendab aku mahtuvuse vähenemist. Pliisulfaati tekib reeglina ka normaalsel kasutusel ja aastate jooksul see kuhjub plaatide pinnale.

Kui akut laadida kõrgema pingega, siis pliiisulfaat valdaval määral lahustub, samas on oht et kõrgem laadimispinge tekitab liiga palju kuumust. Seetõttu kasutatakse kiireid, lühikesi pingepulsse, mis ei tekita märkimisväärset kuumenemist. Protsess on aeganõudev.

Regeneerimist on võimalik teha ka keemiliselt (magneesiumsulfaadi lahusega).



PLIIAKU LAADIMINE

Laadimistsükkel koosneb kolmest põhilisest etapist:

- laadimine piiratud vooluga – kuna tühi aku kuumeneks vastasel juhul liigselt. Aku saavutab ca 70% laetuse
- laadimine piiratud pingega – seejuures vool pidevalt langeb ning aku saavutab laetuse 100% taseme
- hoidelaadimine, mis kompenseerib aku isetühjenemist
- laadimispinge sõltub aku tüübist (vedel, geel, AGM) ning seal on võimalikud teatud kompromissid:

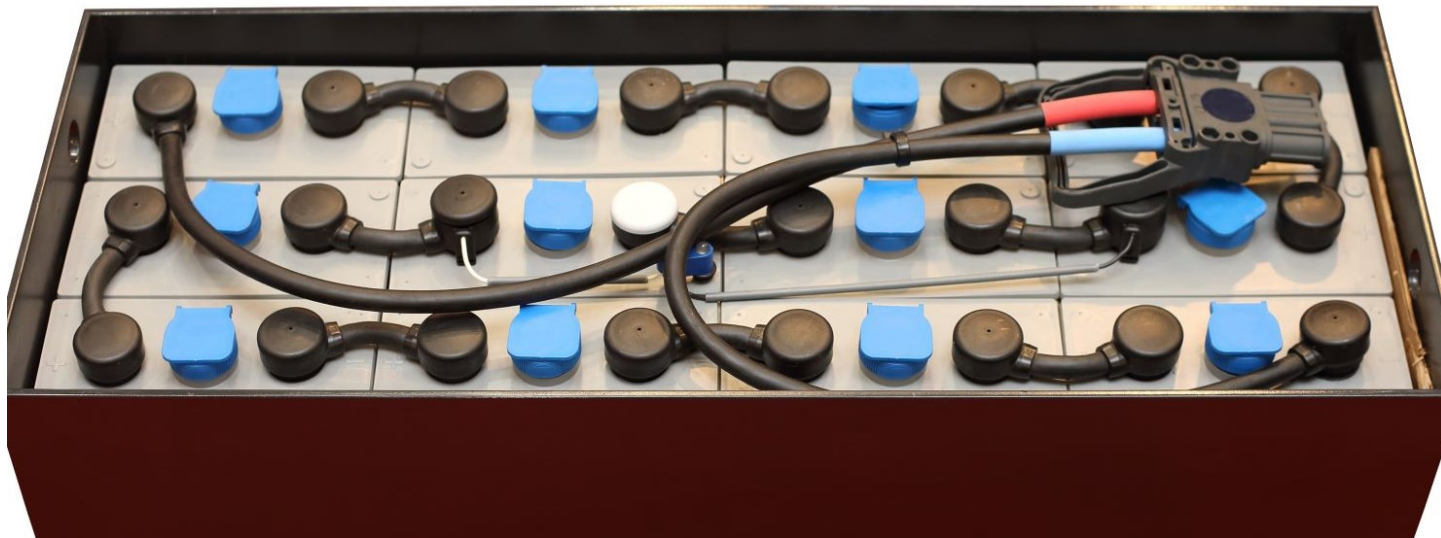
2.3V – 2.35V per element – parem eluiga, madalam temperatuur ja energiakulu. Vajab ühtlustamist ning plii sulfaati tekib rohkem

2.4V – 2.45V per element – eraldub rohkem gaase, korrosioonihoht, tekib vähem sulfaate, kõrgem energiasaldus akus

VEE LISAMINE PLIIAKULE

Vedela elektrolüüdiga akus tekib laadimisel alati vesinikku ja hapnikku, mis lahkuvad akust mullidena. Lisaks eraldub ka veeauru. Seetõttu väheneb vee osakaal elektrolüüdis. Väävelhappe keemistemperatuur on palju kõrgem, seda eriti ei eraldu. Tulemusena langeb elektrolüüdi tase. Soovitud nivoo saamiseks tuleb vett lisada laetud akule, kuna laadimisel nivoo tõuseb. Plaadid ei tohi kunagi „kuivale“ jääda, kuna vastav osa plaadist rikneb pöördumatult ja aku omadused halvenevad.

Lisada tuleb ainult DESTILLEERITUD VETT, kuna kraanivees sisalduvad lisandid sadestuvad plaatide pinnale ja rikuvad omadusi. Elektrolüüti ei tohiks lisada, kuna aku keemiline tasakaal läheb paigast ära – happe kontsentratsioon tõuseb. Ei pea tegema käsitsi, kuna eksisteerivad automaatsed veesüsteemid.



LIITIUM-IOON AKU

Põhiprintsiibiks liitiumi iooni liikumine anoodi-katoodi vahel.

1973 – liitiumthionüülkloriidprimaarelement (Adam Heller)

1980 – grafiitelektroodiga liitiumaku (Rachid Yazami)

1990 – viimased fundamentaalsed avastused mis vajalikud liitiumaku loomiseks (Jeff Dahn ja sõbrad)

1991 – Sony toob turule esimesed tööstuslikud liitiumioonakud

2019 – John Goodenough, Stanlye Whittingham ja Akira Yoshino saavad Nobeli preemia oma töö eest liitiumakude alal.

LIITIUM KUI ELEMENT

- Liitium Li on perioodilisustabeli esimene metalliline element
- Väga kerge – tihedus 0.534 kg/L, ujub isegi õli pinnal
- Sulab temperatuuril 180°C
- Keemiliselt väga aktiivne – oksüdeerub õhus, reageerib veega, tekitades vesinikku. Reageerib isegi lämmastikuga
- Seetõttu on liitium maakoos ja merevees väga hajutatud kujul ning tööstuslikult soodsaid maake leidub suhteliselt vähe. Suurimad leiukohad on Hiinas, suurim tootja hetkel Austraalia. Väidetavalt on Afganistanis väga suured varud, kuid neid on leitud ka nt Soomes. Kuna nõudlus pidevalt kasvab, siis laienevad ka otsingud ja mingil hetkel võib osutada ökonoomseks ka liitiumi eraldamine mereveest – seal hinnatakse selle koguseks 230 miljardit tonni ehk 460 kuupkilomeetrit
- Liitiumi kaevandamine ja eraldamine maagist on üpris saastavad protsessid, eriti kui seda tehakse arengumaades (Boliivia)
- Liitiumi taaskasutusahelad ei ole välja kujunenud ning kasutatud liitiumakud on hetkel suur keskkonnaprobleem
- Liitiumaku kaalust moodustab liitium ca 7%
- Elektriautodele üleminek praeguse akutehnoloogiaga nõuaks ca 3 miljonit tonni liitiumi aastas – teadaolevad kaevandatavad varud ei suudaks seda nõudlust normaalselt rahuldada

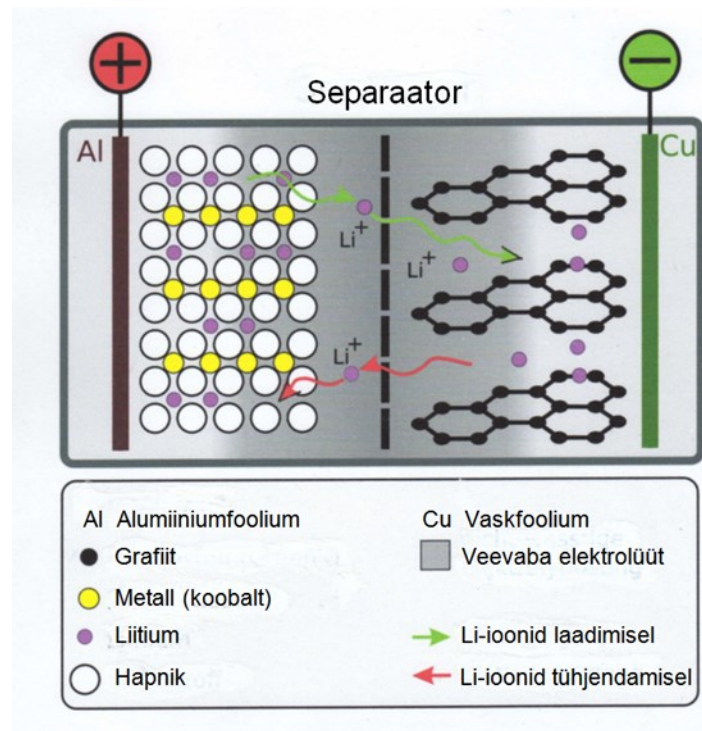
LIITIUMAKU EELISED

- Väga kõrge energiatihedus $>200\text{Wh/kg}$ ja 400Wh/L
- Vähene isetühjenemine
- Pikk eluiga - 5000+ laadimistsüklit
- Kiire laadimine
- Hooldusvabad



LIITIUMAKU TÖÖPÕHIMÕTE

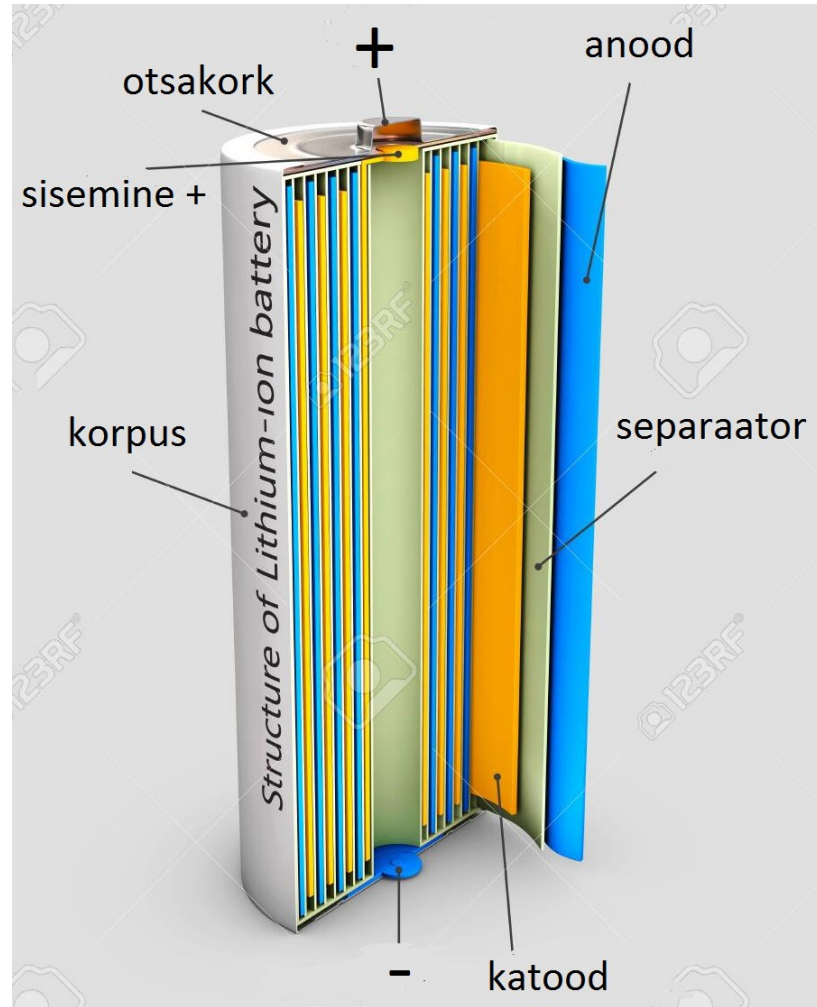
Liitiumi ioonid liiguvad anoodi – katoodi vahel läbi elektrolüüdi. Anoodiks (-) on enamasti grafiit, mis on kantud vaskfooliumile. Katoodiks on liitiumkoobaltoksiid mis on kantud alumiiniumfooliumile. Elektrolüüdiks on veevaba liitiumsoola lahus. Nii katoodi, anoodi kui ka elektrolüüdi materjalides on palju erinevusi sõltuvalt kasutusotstarbest ning tootjast – tehnoloogia on hetkel kiirelt arenev



18650 elemendi läbilõige

Laialt kasutatav standardelement nii elektriautodes kui käsitööriistades.

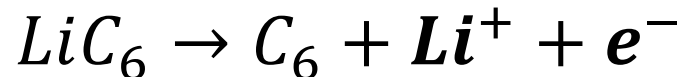
Teatava ohutuse tagab sisemise ja välimise + klemmi vedruühendus: kui elemendi sees tekib ülerõhk, siis otsakork pundub ning katkestab ühenduse ja hoiab sellega loodetavasti ära elemendi lõhkemise.



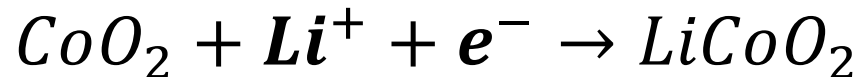
LIITIUMAKU TÖÖPÕHIMÕTE

Mis protsessid toimuvad liitiumaku tühjenemisel ?

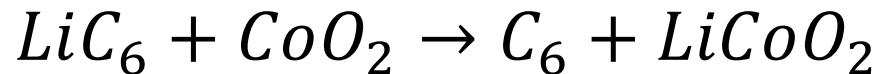
Negatiivsel plaadil – sealt „lahkuvad“ liitiumi ioonid



Positiivsel plaadil – sinna „kogunevad“ liitiumi ioonid



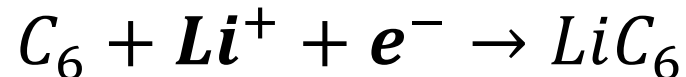
Üldreaktsioon



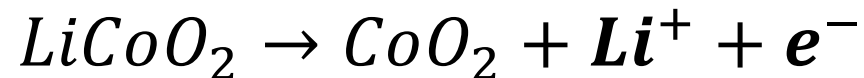
LIITIUMAKU TÖÖPÕHIMÕTE

Mis protsessid toimuvad liitiumaku laadimisel ?

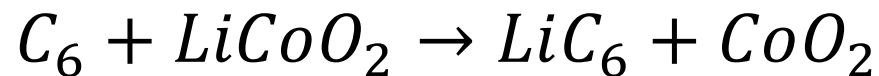
Negatiivsel plaadile kogunevad liitiumi ioonid



Positiivselt plaadilt lahkuvad liitiumi ioonid



Üldreaktsioon



LIITIUMAKU PUUDUSED

- Ranged nõuded laadimisele ja tühjendamisele – ülevool, ületemperatuur rikuvad elemendi
- Vananemine. Iga töötsükliga kasvab sisemine takistus, mistõttu uuel laadimisel mahutavus väheneb. Üks põhilisi arendussuundi ongi selle nähtuse vähendamine. Vananenud akusid on võimalik teatud vähendatud koormuse korral taaskasutada – nt elektriautode akud taaskasutatakse tuuleenergia salvestuseks
- Tuleohtlikkus. Liitium on kergesti süttiv ja hästi põlev metall. Aku suur energiatihedus tekitab sisemise või välimise lühise korral väga suure võimsuse, mis on enam kui piisav aku süütamiseks.
- Transport. Liitiumakusid tuleb transportida ja ladustada eraldi konteinerites, lennutransport on üldiselt välistatud.

LIITIUMAKU SÜTTIMINE

Algpõhjus – sisemine või välimine lühis plaatide vahel ja sellest tingitud kontrollimatu energia vallandamine.

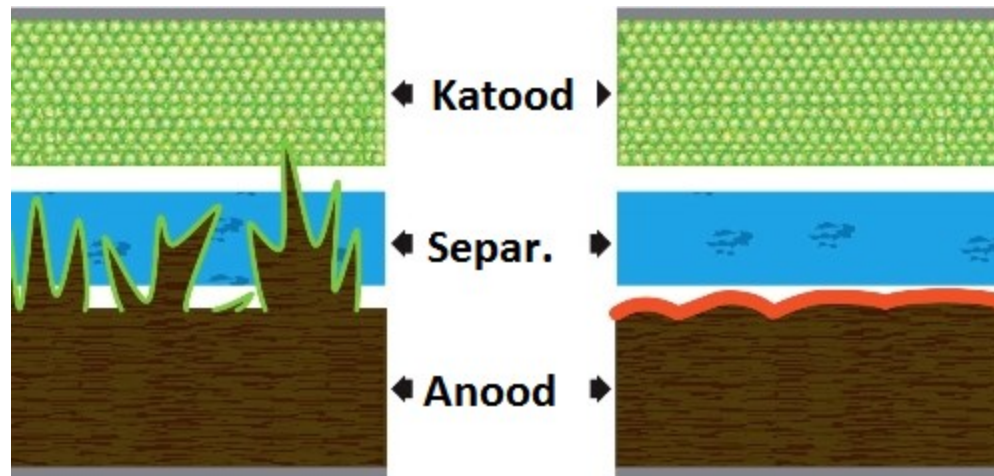
Mehhaaniline vigastus, ülelaadimine, ületemperatuur.

Välise tule mõjul aku sulab, plaadid vajuvad kokku ning edasi põleb juba ilma tuleta.

Juhtelektroonika rike

LIITIUMAKU SÜTTIMINE

Aja jooksul kasvavad plaatide vahel elektrivälja mõjul dendriidid – need on üksteise külge kinnitunud liitiumiosakesed, mis moodustavad niitja struktuuri. Dendriidid ei ole ainult liitiumakude probleem, need on ka suur probleem mikroskeemide, transistoride, kondensaatorite, elektroonikakoostude jt miniatuursete struktuuride juures. Teatud juhtudel võib lühis dendriidi hävitada ning normaalne töö jätkub, kuid teistel juhtudel võib tekkida juhtiv kanal mis süvendab lühisvoolu. Probleemi vältimiseks tehakse pidevat arendustööd.



LIITIUMAKU SÜTTIMINE

Ülekuumenemine dendriitide või mehhaanilise surve tõttu (tagataskus kandmine) – levinud probleem kantavatel seadmetel. Selline aku oleks mõistlik kiiremas korras tuleohutusse kohta viia – nt killustikuteele visata.



LIITIUMAKU PÕLEB

Tuleohutuse seisukohalt on liitiumaku samas kategoorias (Class B) õlide, lahustite, bensiini, propaaniga. Veega kustutamine on vastunäidustatud, kuna teeb olukorra hullemaks.

Tesla superaku Austraalias, august 2021. Tuletõrje kustutas seda 3 päeva – õigupoolest, hoidis teisi seksioone süttimast. Kustutamine kui selline väga ei õnnestunud, seksioon põles jäägitult maha.



LIITIUMAKU PÕLEB

Liitiumaku põlemisel toimub erinevaid reaktsioone, mis kahjuks võimendavad teineteist.

Ülekoormuse korral eraldub elektrolüüdist vesi ning süsihappegaas. Samuti kristalliseerub liitium osaliselt metallina.

Liitium süttib 180°C juures ning põleb 2000°C temperatuuriga

Vesi ja metalliline liitium reageerivad energiliselt ning tekitavad vesinikku. Veega kustutamisel tekib paukgaas (vesinik+hapnik) mis omakorda võib põhjustada plahvatuse.

Elektrolüüdis võib sisalduda fluoriühendeid, mis põledes lagunevad ning tekib gaasiline fluor ning vesinikfluoriidhape – mõlemad on ülimürgised ja ülimalt korrosiivsed.

LIITIUMAKU PÕLEB

Tuletõrjel puuduvad üldiselt vahendid liitiumipõlengute kustutamiseks ning kogu tegevus piirdub ümbritseva keskkonna jahutamisega.



LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

Tuleb suhtuda realistlikult ja kriitiliselt. Küsime
Googlelt

<https://www.adaptalift.com.au/blog/comparison-lithium-ion-vs-lead-acid-forklift-batteries>

<https://www.fluxpower.com/blog/are-lithium-batteries-better-than-lead-acid-for-forklifts>

ning saame alljärgnevad „pooltargumendid“
liitiumi kasuks. Läheneme väga kriitiliselt

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

„Liitiumaku on energiasäästlikum ja ei vaja hooldust – tulemuseks madalamad üldkulud“

- Laadimine ja tühjenemine on parema kasuteguriga
- Hooldusvajadus puudub. Kuid kui kõrged on tegelikult pliiaku hoolduskulud ?
- Eluiga pikem. Kas ka reaalsuses ? Väidetavalt pliiakul 1000 tsüklit ja liitiumil 1500 tsüklit
- Kaalusääst – enamikel tõstukitel töötab pliiaku vastukaaluna, seega liigset massi ei ole
- Ostuhind 5x kallim

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

„Liitiumakut võib laadida „jooksu pealt“ ja kiiremini“

- Liitiumaku on kiiremini laetav
- Kas reaalses kasutuses saab pliiaku päeva jooksul tühjaks ?
- Kui pliiaku tsükkel ei võimalda pidevat kasutamist, kas ei ole oht et sellises rakenduses ka liitiumaku eluiga lüheneb ?
- Kas liitiumaku laadimine päeva jooksul ei tee selle eluiga lühemaks kui pliiakul ?
- Kas pliiaku laadimine nt lõunapausi ajal ikkagi vähendab selle eluiga, juhul kui hooldus on korrapärane ja kvaliteetne ?
- Liitiumakut võib tõepoolest laadida 5..10x kiiremini, kuid see eeldab ka 5..10x suuremat elektrivõimsust, mida laopinnal ei pruugi olla !

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

„Liitiumaku jõudlus ei vähene tühjenedes“

- Liitiumaku tööpinge on konstantsem
- Kas pliiaku korral on vahetuse lõpus tuntav tõstuki „aeglus“ ?
- Kas reaalselt kasutatakse tõstukit maksimaalse tõstejõu juures ?

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

„Suurem ohutus võrreldes pliiakuga“

- „Pliiaku lekib hapet“ – aga seda ainult väärkasutuse korral. Liitiumaku eraldab lõhkumise korral heal juhul palju mürgisemaid aineid ning halvemal juhul...
- „Pliiaku laadimisel eraldub mürgiseid gaase“ – vesinik, hapnik EI OLE MÜRGISED GAASID !
- Väävelhappelahus on ärritav, kuid mitte eriti lenduv ega ka mürgine.
- Liitiumakust võib lekkida FLUORIÜHENDEID, mis on oluliselt ohtlikumad võrreldes väävelhappega

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PII ?

„Ei vaja eraldi laadimisruumi“

- Pliiakude laadimiseks on vaja eraldi ala, kus on tagatud ventilatsioon. Kuid seda ainult tõstukite ja akude suure koguse korral !
- Liitiumakude laadimisel on aku süttimise tõenäosus palju kõrgem, ehk oleks mõistlikum ka seda teha eraldi ruumis ?

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PII ?

„Pliiakud vajavad keerukat laadimist ja vee lisamist“

- Pliiakude veemajandus on automatiseeritav
- Pliiakude laadijad on küps tehnoloogia ja kasutaja ei pea selle peale mõtlema
- Liitiumakude laadimine on oluliselt keerulisem ning ülelaadimine võib tekitada tulekahju, samas kui pliiaku läheb lihtsalt keema.

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PII ?

„Ohutus“

- „Pliiakud sisaldavad ülimürgist pliid ja väävelhapet“ - Plii on mürgine ainult organismi sattudes, mis on aku puhul vähetõenäoline. Väävelhape on ärritav, kuid ei ole mürgine
- „Vee lisamine suurendab väävelhappelekke riski“ – iga tegevus on riskantne, kuid seisvasse anumasse vee kallamine reeglina ei ole seda !
- „Pliiaku laadimine põhjustab kõrget temperatuuri ja mürgiseid gaase“ – akut saab laadida ka ilma keetmiseta !
- „Laadimisel lekib plahvatusohtlikku gaasi“ – selleks gaasiks on vesinik, mis oma kerguse tõttu hajub ülikiiresti
- „Liitiumakud ei kannata sulfatsiooni käes“ – tõsi, kuid samuti ei kannata liitiumakud koerte katku käes.
- „Liitiumaku puhul on ainult vähene risk.“ kuna elektrolüüt on süttiv (!!!!) ning vesi tekitab korrosiivseid ühendeid (!!!!)

VÄIDE ET LIITIUMAKU ON TÖÖKESKKONNAS OHUTUM, ON MEELEVALDNE !!

LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

„Ohutus“ ehk kuidas kustutada põlevat liitiumakuga tõstukit. Tulekindel vaip...

Mis on sellel pildil valesti ?



LAOTÕSTUK – LIITIUM VÕI PLII ?

Mis oli sellel pildil valesti ?

Kuidas saab eeldada, et ilma kaitsevarustusega laotöötaja sukeldub sekundite jooksul mürgise gaasi sisse ning katab põleva aku tulekindla tekiga, seejuures õhukindlalt.

Kuidas saab eeldada et selliseid kangelasi on igal hetkel laos vähemalt kaks ?

Kas kahveltõstukile on lihtne tekki peale tõmmata, st kas kahveltõstuk on sõbralikult munaja kujuga ?

LIITIUMAKUD - KOKKUVÕTE

Liitiumakud on potentsiaalne tulevikutehnoloogia transpordis ning olevikutehnoloogia telefonides. Praegusel hetkel on see tehnoloogia üpris toores, kuna lahendamist vajavaid probleeme on palju, eelkõige

- Taaskasutus – liitiumi taaskasutus on keeruline, samas liitiumivarud on piiratud. Pliiakude puhul on tegemist praktiliselt kinnise tsükliga.
- Tuleohtlikkus – väiksed liitiumakud, mis satuvad prügisse on nagu süütepommid. Samas on selline süütepomm praktiliselt iga inimese põuetaskus ja telefonide (ise)süttimine on arvestatav ohuallikas
- Elektrisõidukite puhul on tuleohutus ja isesüttimine kordades hullemad probleemid, kuna massid on sadu kordi suuremad
- Arendamisel on tuleohutumad akud ning potentsiaali on ka liitiumit mittekasutatavatel akutehnoloogiatel