

# Istosmjerni izvori napona

---

**Božić, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:572430>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

**Odsjek za politehniku**

**Marin Božić**

**Istosmjerni izvori napona**  
**(završni rad)**

**Rijeka, 2015. godine**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

Studijski program : sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Marin Božić

mat. broj :0009060953

# **Istosmjerni izvori napona**

- završni rad -

**Mentor : mr. sc. Gordan Đurović**

**Rijeka, 2015. godine**

**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**  
**Odsjek za Politehniku**

U Rijeci, 14. travnja 2015. godine

## **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Pristupnik: **Marin Božić**

Studij: **Sveučilišni preddiplomski studij politehnike**

Naslov završnog rada: **Istosmjerni izvori napona**

Kratak opis zadatka: Izvori istosmjernog napona Detaljno opisati način izrade Voltinog članka kao preteče današnjih baterija zasnovanih na elektrokemijskoj reakciji.

Opisati izvore istosmjernog napona koji se danas koriste (baterije, termoelektricitet, solarne ćelije), principe njihovog rada te primjenu u praksi. Navesti tipove baterija koje se danas koriste za napajanje mobilnih uređaja, njihove specifičnosti te budućnost razvoja.

Izraditi repliku Voltinog članka koristeći slobodno dostupne materijale.

Zadatak uručen pristupniku: **15. travnja 2015. godine**

Ovjera prihvatanja završnog rada od strane mentora: \_\_\_\_\_

Završni rad predan: \_\_\_\_\_

Datum obrane završnog rada: \_\_\_\_\_

Članovi ispitnog povjerenstva:

1. predsjednik - \_\_\_\_\_

2. mentor - \_\_\_\_\_

3. član - \_\_\_\_\_

Konačna ocjena: \_\_\_\_\_

Mentor

\_\_\_\_\_  
mr. sc. Gordan Đurović

## Izjava

Izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno, isključivo znanjem stečenim na Filozofskom fakultetu u Rijeci odsjeku za Politehniku, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora mr.sc. Gordana Đurovića.

Zahvaljujem se prije svega mentoru, mr.sc. Gordanu Đuroviću, koji mi je svojim znanjem i savjetima pod pomogao u realiziranju ovog rada. Također, zahvaljujem svojim roditeljima i bratu na moralnoj i financijskoj podršci koji su mi omogućili da ovo studiranje privedem kraju.

U Rijeci, 2015.

## Sažetak

U ovom radu se analiziraju istosmjerni izvori napona skladištenje električne energije. Rad je podijeljen u pet dijelova. U uvodu djelu su opisani električni napon i izvori istosmjernog napona, prve baterije i kako su nastale.

Kroz drugo poglavlje opisan je Volt-in članak i njegova detaljna izrada kao preteča današnje baterije. U trećem poglavlju opisani su izvori istosmjernog napona, njihova podjela i principi rada baterija, termoelektrika i solarnih ćelija.

U četvrtom poglavlju prikazani su tipovi baterija koje se koriste u mobilnim uređajima, principi njihove izrade te načini uporabe.

A u petom poglavlju detaljno je opisana izrada baterije pomoću materijala koji se jednostavno mogu pronaći i specifikacija cijena. Zaključak završnog rada dan je u šestom poglavlju.

## Sadržaj

1. Uvod.....	7
2. Voltin članak .....	8
2.1 Opis izrade Voltinog članka .....	9
3. Izvori istosmjerne struje .....	10
3.1 Baterije.....	11
3.1.1 Primjena baterija .....	12
3.2 Termoeletrici.....	13
3.2.1 Princip rada termoelektrika.....	14
3.2.2 Primjena termoelektika .....	16
3.3 Solarne ćelije .....	18
3.3.1 Fotoelektrični efekt.....	19
3.3.2 Tipovi solarnih ćelija .....	20
3.3.3 Principa rada solarne ćelije.....	21
3.3.4 Primjena solarnih ćelija .....	22
4. Tipovi baterija u mobilnim uređajima.....	23
4.1 NiCd baterija.....	24
4.2 NIM baterija.....	24
4.3 Li-ion baterija .....	24
4.4 Liti baterija.....	25
4.5 Bio baterija.....	26
5. Izrada baterije .....	27
5.1 Faze izrade.....	28
6. Zaključak.....	31
7. Literatura .....	32

## 1. Uvod

Za održavanje stalnog električnog polja koje uzrokuje električnu struju (usmjereno gibanje nosilaca električnog naboja) potrebno je održavati stalnu razliku potencijala, a za to služe izvori električnog napona. Električni izvori su naprave u kojima se različite vrste energije pretvaraju u električnu energiju prikupljanjem pozitivnih naboja na jednome polu izvora, a negativnih naboja na drugome polu izvora.

Električni napon odnosno razlika potencijala na priključnicama se ostvaruje razdvajanjem raznoimenih električnih naboja djelovanjem ne električkih sila (kemijske, toplinske, mehaničke, magnetske i sl.) uslijed pretvorbe nekog drugog oblika energije u električnu energiju.

Naponski izvori su električni uređaji kojima se postiže razdvajanje električnih naboja između dva pola:

- PLUS pol (oznaka +) – el. pol izvora na kojem je više pozitivnih naboja
- MINUS pol (oznaka -) – el. pol izvora na kojem je više negativnih naboja

Električni izvori istosmjernog napona mogu biti kemijski, toplinski i svjetlosni.

Kemijski izvori električne energije ili galvanski članci pretvaraju kemijsku energiju u električnu energiju. Služe za napajanje potrošača i strujnih krugova sa malom potrošnjom električne energije. Galvanski članak sastoji se od dvije elektrode različitih metala, koje su izolirane i uronjene u elektrolit; najčešće razrijeđene kiseline, lužine i soli. U takvom elementu dolazi do elektrolitske polarizacije koja se bazira na postojanju različitih kemijskih sastava graničnih ploha jedne i druge elektrode sa elektrolitom. Primarni elementi za razliku od sekundarnih ne mogu se obnavljati propuštanjem struje u suprotnom smjeru od proizvedene, pa se stoga po istrošenosti zamjenjuju, pošto je kemijski element prestao biti aktivan te su zbog toga predviđeni za jednokratnu upotrebu. Na razvoj galvanskih elemenata bitno su utjecala primjena odgovarajućeg elektrolita i sastav mase. Glavna podjela galvanskih elemenata je na: mokre baterije, baterije s tekućim elektrolitom, baterije s čvrstim elektrolitom i rezervne baterije. Mokre baterije su u načelu neprenosive i ispunjene tekućim elektrolitom sa slobodnom površinom. Danas su zanimljive jedino iz povijesnog gledišta. Tu spadaju Voltin članak, Daniellov i Leclancheov element.

Toplinski izvori su materijali koji bešumno i bez pokretnih dijelova toplinsku energiju pretvaraju u električnu. Izradom uređaja za hlađenje i grijanje termoelektrici su skoro nezamjenjivi zbog svoje funkcije, kvalitete izvedbe i rada.

Svjetlosni izvori pretvaraju svjetlost sunca izravno u električnu energiju.

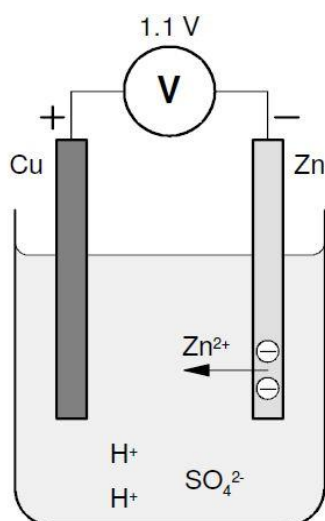


## 2. Voltin članak

Alessandro Volta je prvi konstruirao bateriju, on je došao do zaključka da dva različita metala kad su u kontaktu daju električnu struju. Volta je to sve otkrio 1800. godine uzeo je dva novčića jedan je bio od cinka, a drugi je bio od srebra između takva dva novčića stavio je papir koji je bio natopljen slanom vodom, onda je uzeo žicu i spojio novčiće i između njih je izmjerio napon, a i struju. On je još otkrio, ako bi povećavao stup svaki sloj novčića povećavao bi se napon i struja za određenu vrijednost ovisno o materijalu koje bi koristio.

Reakcija koja se događa u ovom procesu je kemijska, radi nje se stvara struja, ali i radi suprotnih svojstava dvaju različitih materijala. Ovaj postupak naziva se Volt-in niz ili (stup) i od ovog otkrića su se počele izrađivati i današnje baterije. Napon Voltinog niza je 1.1 V.

Kako bi potkrijepio svoju teoriju, Volta je počeo slagati kombinacije različitih metala da vidi hoće li proizvesti električnu struju, te ih je iskušavao vlastitim jezikom da bi prema jačini udara koji je proizvela struja odredio njezinu jakost.



Slika 2.1. – Voltin članak

Nakon Voltinog članak bila je baterija koju je napravio Leclanche on je to napravio od mangana i cinka njen napon bio je oko 1.5 V koristio je dosta složene kemijske pokuse, kod takve baterije dolazilo je do ispuštanja tekućine to se događalo zbog korozije koja se pojavljivala u samoj bateriji. Proizvodnja alkalne baterije počela je 80 godina poslije Leclancheove i u takve baterije koristio se kalijev hidroksid kao elektrolit u bateriji.

U alkalnim baterijama koristilo se puno žive pa to nije ekološki bilo prihvatljivo. Prednost ovakve baterija nad baterijom s cinkom i bakrom je ta što 5-8 puta dulje trajanju.

U današnje vrijeme se najviše koristi litij-polimerna baterija ovakve baterije sastoje se od više različitih materijala zbog toga je najbolja od svih do sada proizvedenih baterija. Slika 2.2 prikazuje voltin niz, a napon se određuje po njemu, a potencijal pojedinog metala se određuje prema standardnoj vodikovoj elektrodi.

Au	Ag	Cu	H	Pb	Sn	Ni	Cd	Fe	Cr	Zn	Al	Na	Li
+1.36	+0.80	+0.34	0	-0.13	-0.14	-0.23	-0.40	-0.44	-0.56	-0.76	-1.28	-2.71	-3.05

Slika 2.2 Voltin niz

## 2.1 Opis izrade Voltinog članka

Volt-in članak sastavljen je od većeg broja bakrenih pločica promjera 90 mm i visine 5 mm unutar kojih se nalaze pločice od cinka smještene na tkaninu (filc) natopljenu natrij sulfatom ili limunovom kiselinom. Članak može biti od 200 mm do 240 mm koji je smješten na drvenom postolju, a oko njega su simetrično raspoređena tri staklena štapa voskom zalijepljena za mjedene cijevi. Donji kraj je pričvršćen za postolje koje je izrađeno od drveta, a gornji za mjedenu trokutastu ploču. Kroz središte ploče prolazi vijak (slika 2.4) koji služi da bi članak bio pritisnut. Na bakrenoj posudici na dnu članka je priključak pozitivnog pola istosmjernog napona, a negativnog pola je na izvodu pločice od cinka na vrhu članka.



Slika 2.3 Dijelovi voltinog niza



Slika 2.4 – Voltin članak

### 3. Izvori istosmjernog napona

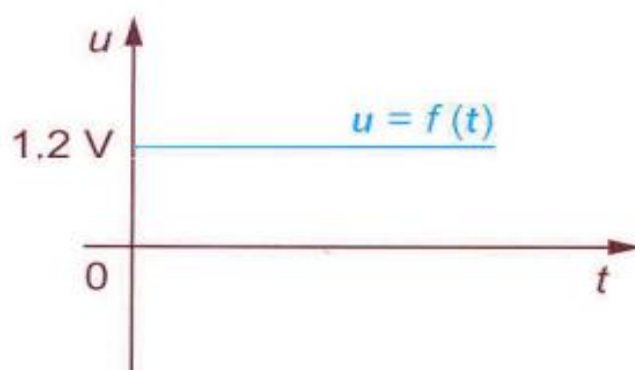
Električni izvori su naprave u kojima se različite vrste energije pretvaraju u električnu energiju prikupljanjem pozitivnih naboja na jednome polu izvora, a negativnih naboja na drugome polu izvora. Dije se na:

- a) idealne naponske izvore – vanjski napon izvora  $U$  jednak je unutarnjem naponu (EMS) izvora  $E$ .
- b) realne (stvarne) naponske izvore – vanjski napon izvora  $U$  manji je od unutarnjeg napona (EMS) izvora  $E$ .

Vrste izvora električnog napona prema obliku energije koja se troši na razdvajanje električnog naboja su:

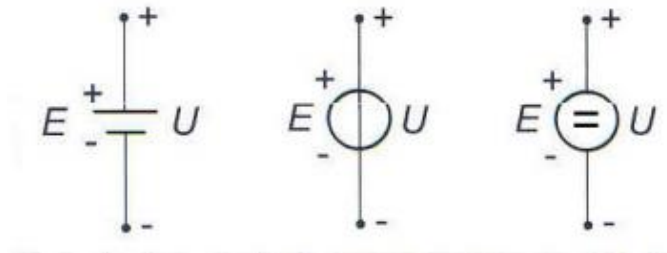
- izvori koji pretvaraju mehaničku energiju u električnu – generatori
- izvori koji pretvaraju kemijsku energiju u električnu – galvanski članci i akumulatori
- izvori koji pretvaraju toplinsku energiju u električnu – termočlanci
- izvori koji pretvaraju svjetlosnu energiju u električnu – fotonaponski članci

Izvori istosmjernog napona – priključnice izvora (polovi) imaju stalno isti polaritet, tj. struja stalno kroz isti pol izlazi iz izvora i u njega ulazi – struja stalno teče istim smjerom. Unutarnji napon (elektromotorna sila) izvora istosmjerne struje označuje se sa  $E$ , a napon na priključnicama (vanjski napon) izvora označuje se sa  $U$ .



Slika 3.1 Valni oblik istosmjernog napona

Istosmjerni napon tijekom vremena ne mijenja polaritet, već može mijenjati samo trenutačnu vrijednost.

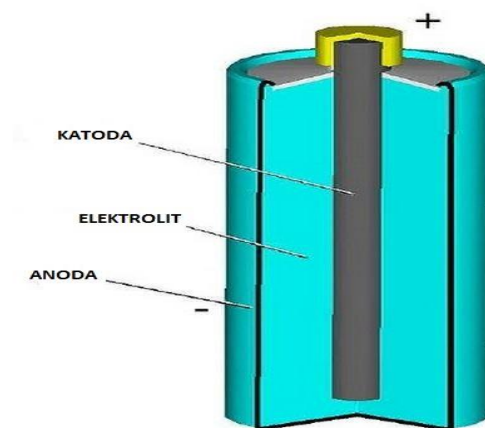


Slika 3.2 Simboli istosmjernog napona

### 3.1 Baterije

Baterije su elektroničke komponente u koje je ugrađena kemijska energija. Atomi najčešće prelaze u niže stanje energije ili atom prelazi iz jedne veze u drugu. Kada bi se spojevi spojili ili stavili u kontakt jedan s drugim, jako brzo bi se kemijska reakcija provela, energija koja bi se oslobodila bila bi toplinska. Zato se spojevi odvajaju u baterijama u više komora. Energija se najčešće oslobađa kemijskim putem koja se kreće iz jednog spoja u drugi.

Baterija se sastoji od tri osnovne komponente: anoda (negativni pol), katoda (pozitivni pol) i elektrolit (Slika 3.3.).



Slika 3.3 Baterija

Pretežno anoda oksidira, a to znači da ona pušta elektrone, a kod katode je suprotan proces i ona prihvaća elektrone. Anoda i katoda moraju bit odvojene za to se koristi elektrolit ujedno se u njemu i pohranjuje energija. Elektrolit je dobar vodič protona i taj isti elektrolit

mora usporiti elektronsko prebacivanje s jedne anode na drugu katodu putem tog istog elektrolita da se više elektrona provede kroz vodič koji se spajaju na krajnje točke elektroda. Potroši li se elektrolit ili drugim riječima kad svi elektroni prijeđu s anode na katodu baterija ne služi svojoj svrsi i ne može se koristiti.

Baterije se dijele u dvije osnovne kategorije:

- **primarni** izvori (baterije) – ne mogu se puniti jer kemijska reakcija nije reverzibilna – životni vijek završava potrošnjom reaktanata tijekom procesa pražnjenja
- **sekundarni** izvori (akumulatori) – mogu se puniti jer je kemijska reakcija reverzibilna

### 3.1.2 Primjena baterija

Baterije za skladištenje energije pronalaze široku primjenu u različitim sustavima za proizvodnju električne energije karakteriziranim varijacijama u različitim procesima proizvodnje, kao što su hibridna električna vozila, mobilni uređaji i elektroenergetski sustavi sa značajnim udjelom obnovljivih izvora energije (npr. izjednačavanja opterećenja i napona električne mreže i regulacije frekvencije) itd.

Glavne prednosti baterija u odnosu na konkurentne sustave poput zamašnjaka i hidropneumatskih sustava za skladištenje energija je u malim dimenzijama samog sustava, izostanku pomičnih dijelova (osim kod protočnih baterija) i najvažnije „direktnom“ skladištenju električne energije (kroz reverzibilne elektrokemijske reakcije).

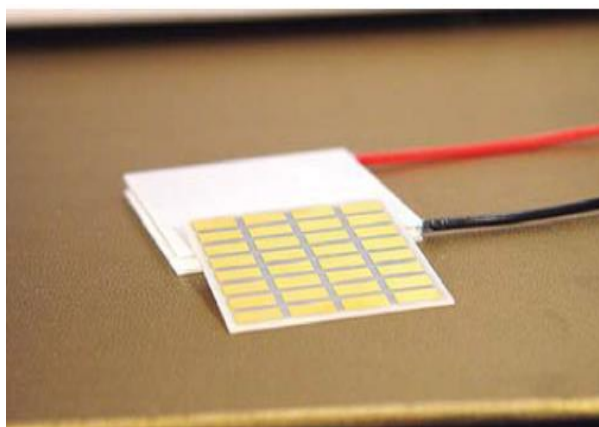
## 3.2. Termoelektrici

Termoelektrici su materijali koji bešumno i bez pokretnih dijelova toplinsku energiju pretvaraju u električnu. Izradom uređaja za hlađenje i grijanje termoelektrici su skoro nezamjenjivi zbog svoje funkcije, kvalitete izvedbe i rada. Uglavnom se koriste u uređajima manje snage i tako dolazi do vidljivih prednosti nad hladnjacima s kompresorima, jer su pouzdani i nemaju pokretnih dijelova, a ujedno su manji i lakši.



Slika 3.4 Termočlanak

Termoelektrični članci prikazani na slici 3.4 su uređaji koji su jako pouzdani. Ovi moduli se koriste više od 20 godina s tim da trajanje modula najviše ovisi o njegovoj primjeni. Kod hlađenja ovakvih modula oni su visoko pouzdani, ali velike toplinske promjene utječu na vrijeme trajnosti modula. Učestalost kvarova može bit jako visoka, ali i jako mali kvarovi ovise najviše o montaži, napajanju, temperaturi i sastavljanju. Od ranih kvarova modula dosta ovisi ispravna inсталicija i način sastavljanja.

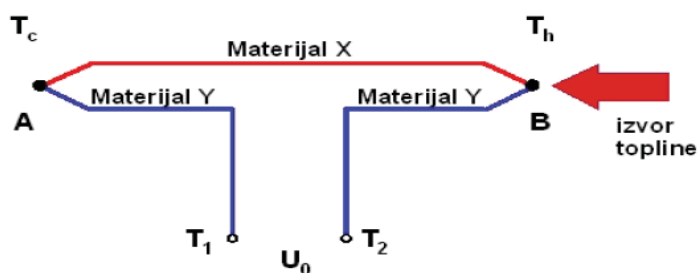


Slika 3.5 Primjer termoelektričnog modula

### 3.2.1 Princip rada termoelektrika

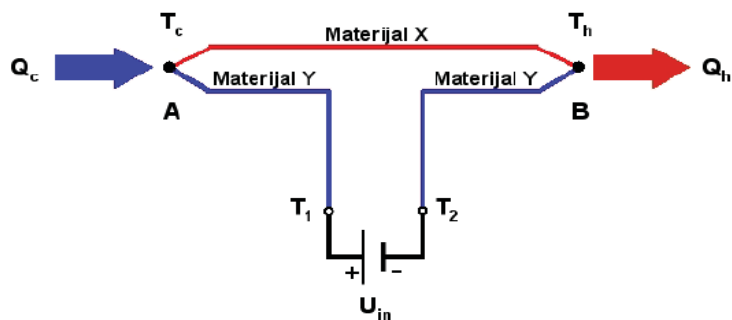
Postupak proizvodnje električne energije dobiva se efektom koji se naziva termoelektrični efekt. Kada se metalni materijal (žica) zagrije na jednoj strani, kroz cijelu dužinu metalnog materijala pojavljuje se temperaturna razlika. Elektroni koji se nalaze na toplijem dijelu metalnog materijala (žice) imaju veću energiju od onih elektrona koji se nalaze na hladnijem dijelu metalnog materijala (žice), pa dolazi do difuzije elektrona iz toplijega prema hladnijem dijelu metalnog materijala (žice) i tako nastaje električno polje s pozitivnim (+) polom na toplijem dijelu, a negativni pol (-) na hladnijem kraju metalnog dijela (žice).

Ovo električno polje dovodi do uspostave ravnoteže. Na slici 3.6 prikazan je strujni krug koji se sastoji od dva različita metalna materijala (materijal X i materijal Y). Ako se u točki B u njihovom spoju dovede izvor topline tada se između točke T1 i T2 pojavljuje razlika potencijala (napon)  $U_0$ , koji je poznatiji pod nazivom Seebeckova elektromotorna sila.



Slika 3.6 Seebeckova elektromotorna sila.

Spojimo li između točke T1 i točke T2 neki potrošač, kroz strujni krug će proteći električna struja. Spoj će djelovati kao termoelektrični generator razlike potencijala. Kada bi se u tome istom spoju između točke T1 i točke T2 spojio napon  $U_{in}$ , u zatvorenom strujnom krugu će teći struja. Ali u spoju dvaju metala točka A kad struja proteče pojavljivat će se hlađenje, a u suprotnoj točki B zagrijavanje. Ako bi promijenili polove napona promijenili bi tok struje i tada bi hlađenje bilo u točki B, a zagrijavanje u točki A. Efekt se naziva „Peltierov efekt“.



Slika 3.7 Peltierov efekt

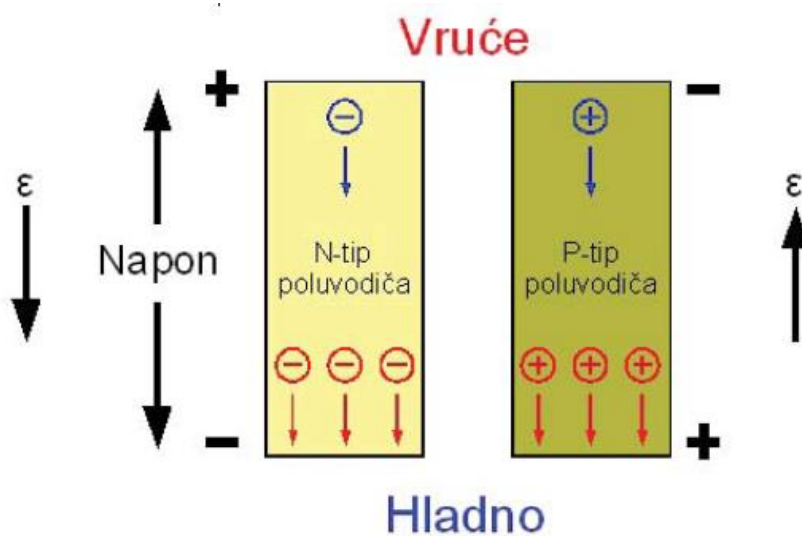
Prema Peltierovom efektu može se proizvesti generator električne energije koji radi na principu termomodula, odnosno sklopova za grijanje i hlađenje. Termoelektricima se nazivaju materijali koji imaju ovakva svojstva. Za primjenu u praksi i dobivanje željenog efekta potrebno je dodati više termoelektika. Postoje dva spoja: paralelni i serijski.

Paralelni spoj nije dobar jer on ne umnožava napon, a i potreban mu je puno veća struja koja kad proteče kroz termoelektik daje Jouleovu toplinu koja je proporcionalna kvadratu struje, što smanjuje efekt hlađenja.

Otpor je kod serijskog spoja puno veći, a to odmah uzrokuje puno manju struju i manju Jouleovu toplinu. Metalni materijali (žice) s kojima su povezani topliji a i hladniji dijelovi termoelektrika i kod ovog spoja umanjuju učinak hlađenja, jer sami ti dijelovi vode dobro toplinu. Ovaj se problem može riješiti korištenjem poluvodiča umjesto metalnih žica..

Princip rada termoelektrika uz korištenje poluvodiča prikazane su na slici 3.7.

Pogledamo sliku poluvodič n-tipa na toplijem kraju ima manje negativnih (-) elektrona za razliku od hladnijeg kao i metal, ali poluvodiči p-tipa na toplijem kraju ima manje pozitivnih (+) nosilaca, šupljina nego na hladnijem. Iz ovih razloga n-tip na hladnijem dijelu daje negativan (-) potencijal, a p-tip daje pozitivan (+) potencijal. Najbolje je koristiti serijski spoj jer on ne smanjuje učinak hlađenja.

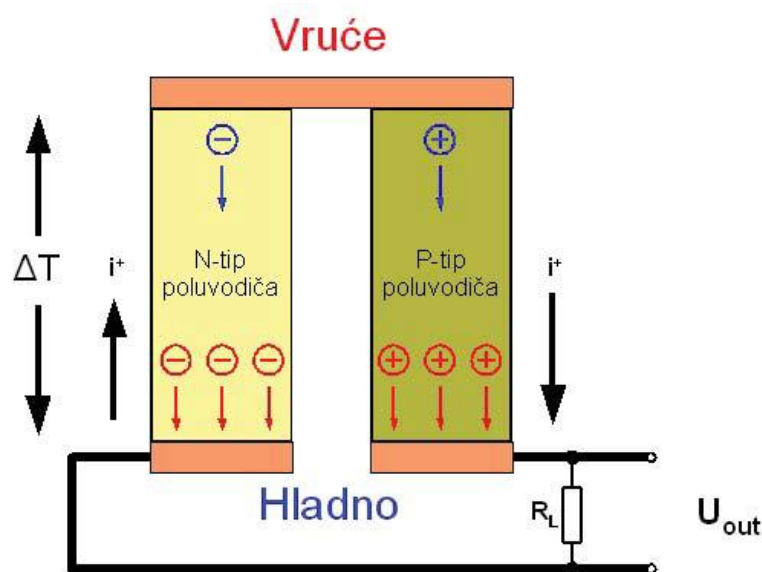


Slika 3.8 Peltierov efekt na poluvodičima

Na slici 3.8 prikazan je modul koji radi na principu poluvodiča. Modul radi za grijanje i hlađenje. Pomoću bakrenog vodiča elektroni prelaze iz metala na topliju dio p-tip poluvodiča i onda se spajaju s pozitivnim šupljinama. U metalu elektroni imaju višu energiju u odnosu od šupljine, a kako bi se popunila prazna mjesta u kristalnoj strukturi poluvodiča, oni gube dosta energije koja se pretvara u toplinu.



U p-tipu poluvodiča električnu struju sačinjavaju šupljine koje prolaze od hladnijeg kraja prema toplijem kraju. Kod prijelaza uz jednog poluvodiča u bakreni vodič na hladnoj strani elektroni skaču na veću energetska razinu.



Slika 3.9 Termoelektrični generator

Na slici 3.9. prikazan je osnovni modul termoelektričnog generatora. Topliji krajevi poluvodiča P-tipa i N-tipa povežu se metalnom vezom, a između hladnih krajeva postavi se otpornik. Uslijed Seebeckovog efekta kroz ovako zatvoreni strujni krug poteći će struja što za posljedice ima generiranje snage na potrošaču spojenom u krug. Povezivanjem više modula u serijski spoj moguće je dobiti generator viših iznosa napona.

### 3.2.3 Primjena termoelektrika

Osnovni uvjeti za rad termomodula je da ima izvor napajanja električnom energijom. Izuzetna im je prednost što nemaju pokretnih dijelova, a to znači da ih je u ispravnom stanju jednostavno održavati. Pri radu su tihi bez ikakve buke, a nema ni električnog šuma. Radi ovih dobrih karakteristika samog modula mogu se koristiti sa jako osjetljivim sensorima. Korištenje ovog uređaja ima veću prednost od mehaničkih uređaja za hlađenje jer je manjih dimenzija i lakši, a daju istu snagu. Pri radu nisu mu potrebne kemikalije i plinovi koji su štetni za ljude i okoliš. Ovim hladnjakom moguće je spuštavanje temperature objekta malo ispod temperature okoline toga objekta, i držanje objekta u stabilnom stanju jer su pretežno objekti izloženi velikim promjenama temperatura od strane okoline, a to nije moguće izvesti sa

pasivnim hladnjakom. Prilikom rada Peltierovi hladnjaci odvajaju toplinu od par mW do nekoliko tisuća W.

Moduli do 100 W najčešće se koriste, a u posljednje vrijeme upotrebljavaju se i moduli od 200 do 400 W.

Visokom kvalitetom i ulogom Peltierovi moduli koriste se u djelatnostima kao što su: industrija, medicina, vojska, znanost. Ovaj modul koristi se za izradu laboratorijskih instrumenata, elektroničkih kućišta i laserskih dioda, telekomunikacijske opreme, kontrolu temperature i temoelektričnih generatora u raketama i u vozilima za svemir.



Slika 3.10 Hladnjak



Slika 3.11 Auto sjedalo



Slika 3.12 Night Vision

### 3.3. Solarne ćelije

Danas je sunčeva energija najveći izvor energije koja se koristi u solarnim sustavima. Energiju koju nam sunce daje svakom terenu može opskrbiti sve ljudske potrebe. Potencijal sunčeve energije je velik, a iskorištenost mala radi još slabe razvijenosti tehnologije. U razvoj solarnih uređaja treba uložiti mnogo novca da bi čovjek što više iskoristio sunčevu energiju. Postoje tri načina kojim se može iskorištavati sunčeva energija.

Prvi način je grijanje vode ili nekog drugog medija koji se može koristiti u kućanstvima. Za grijanje vode pomoću sunca vrši se pomoću solarnih kolektora. Najbolje ih je postaviti na krovove kuća gdje imam najviše svjetlosti.

Drugi način je skupljanje velike količine toplinske energije pomoću zrcala te pretvorbu te toplinske energije u električnu energiju generatorom. Takvi sustavi proizvodnja električne energije su jako velika pa se zato grade u pustinjama, a ujedno zato sto tamo ima puno svjetlosti tijekom cijele godine.

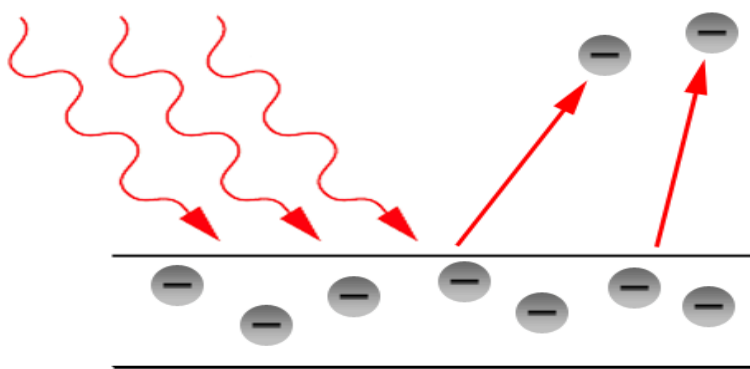
Treći način su fotonaponske ćelije. Ovo je najbolji način kojim se može iskoristiti sunčeva energija, ali ovaj način ima malu iskoristivost i njegova cijena je jako visoka pa zato nema veliku primjenu. Kod ovog načina solarne ćelije direktno sunčevim zračenjem pretvaraju sunčevu energiju u električnu. Pretežno se primjenjuju u područjima gdje nije moguće dovesti neki drugi izvor električne energije kao što su sateliti u svemiru, semafori uz cestu i razni znakovi i sl. Primjenjuju se i kod malih uređaja jer je potrebna za njihov rad mala količina energije (npr. kalkulatori, mala računala i sl.).



Slika 3.13 Solarna ćelija

### 3.3.1 Fotoelektrični efekt

Fotoelektrični efekt je naziv za proces kojim svjetlost (koja ima svoju valnu dužinu) pri padu na metalnu površinu natrija, cinka ili bakra izbija elektrone iz tog metala. Prva značajka efekta je da ovisi o dužini vala i intenzitetu svjetlosti. S povećavanjem intenziteta svjetlosti količina električnog naboja se isto povećava u metalnoj ploči. Fotoelektrični efekt nastaje ako valna dužina prelazi granicu svjetlosti, neovisno o intenzitetu. Druga značajka efekta je gibanje električnih naboja koji iz ploče odlaze. Ovako gibanje električnih naboja moguće je zaustaviti kad bi se električni naboji kočili vanjskim električnim poljem.



Slika 3.14 Prikaz fotoelektričnog efekta

Solarne ćelija sastavljena je pretežno od dva sloja: jedan sloj je pozitivan, a drugi je negativan. Razlika potencija između ova dva sloja ovisi o količini svjetlosti koja pada na metalnu ploču. Fotoni padaju na ploču i predaju svoju energiju ploči te na taj način izbijaju negativne elektrone. Kada je elektron izbačen on putuje do druge negativne strane panela i tako se postiže razlika potencijala. Ćelije su pretežno napravljene od silicija.

### 3.3.2 Tipovi solarnih ćelija

**Monokristalne Si ploče:** To su ploče koje imaju mogućnost stvaranja 140 W električne energije od 1000 W/m<sup>2</sup> svjetlosti koje zrači sunce na površinu ploče od 1 m<sup>2</sup>. Monokristalne ploče se pretežno izrađuju od poluvodički materijala. Iz silicija se izrađuju štapići (siliciji je rastaljen i moguće ga je rezati na jako tanke pločice). Ove ploče imaju jako veliko iskorištenje što im je i osnovna prednost.

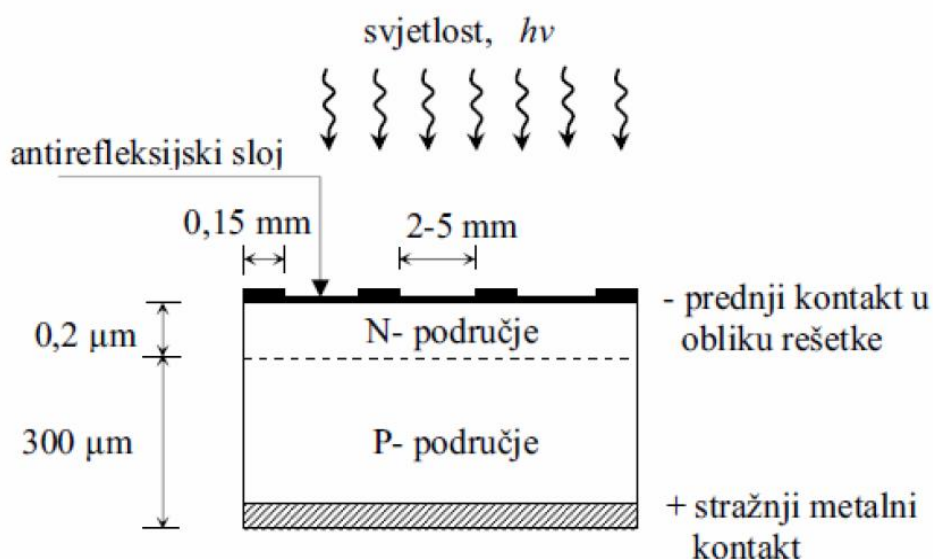
**Polikristalna Si ploča:** To su ploče koje imaju mogućnost stvaranja 130 W električne energije isto kao i monokristalne ploče od 1000 W/m<sup>2</sup> svjetlosti koje zrači sunce na površinu ploče od 1 m<sup>2</sup>. Polikristalne ploče za razliku od monokristalnih su bolje i ekonomičnije. Materijal koji se koristi za izradu ovih ploča mora biti u tekućem stanju jer se on lijeva u kalupe i nakon skrućivanja oni se režu na ploče. Pri skrućivanju silicija u kalupima stvaraju se kristalne strukture pa se iz tog razloga nazivaju polikristalne ploče.

**Galij arsenid:** To su ploče koje imaju mogućnost stvaranja 300 W električne energije od svjetlosti koju daje sunce 1000 W/m<sup>2</sup> na površinu ploče od 1 m<sup>2</sup>. Ovaj tip ploče je napravljen od mješavina materijala galija i arsena. Upotrebljavaju se u pločama koje imaju više slojeva. Debljina galij arsenid ploče mora biti debljine od najmanje nekoliko mikrometara da se mogu zrake koje sunce šalje apsorbirati.

**Kadmij telurijeve:** To su ploče koje imaju mogućnost stvaranje 160 W električne energije od svjetlosti koju daje sunce 1000 W/m<sup>2</sup> na površinu ploče od 1 m<sup>2</sup>, ali ove karakteristike vrijede samu laboratorijskim uvjetima. Veliku primjenu imaju samo u fotonaponskim modulima zbog raznih fizikalnih svojstava i jako prihvatljivih tehnika izrade. Ove ploče se ne koriste u širokoj primjeni zbog otrovnog kadmija.

### 3.3.3 Princip rada

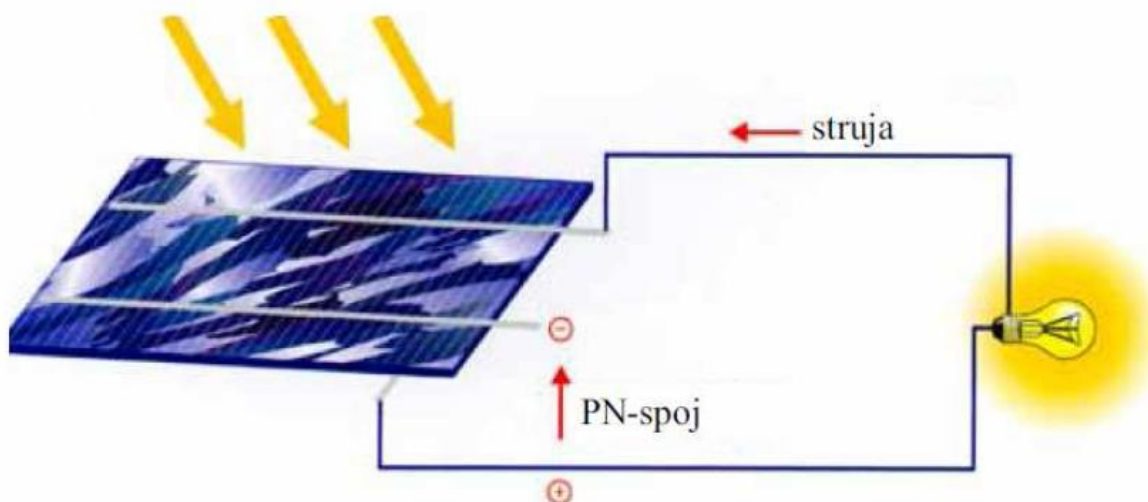
U solarnoj ćeliji od silicija, prikazanoj na slici 3.15, na površini pločice P-tipa silicija difundirana je primjesa (npr. Fosfor), tako da na tankom površinskom sloju nastane područje N-tipa poluvodiča. Kako bi se skupili naboji nastali apsorpcijom fotona iz sunčeva zračenja, na prednjoj površini ćelije nalazi se metalna rešetka koja ne pokriva površine više od 5%, tako da skoro ne utječe na apsorpciju sunčeva zračenja. Metalnim kontaktom prekrivena je stražnja strana ćelije. Kako bi se djelotvornost ćelije povećala, prednja površina ćelije može biti prekrivena prozirnim proturefleksnim slojem koji služi za smanjenje refleksije sunčeve svjetlosti. Na krajevima solarne ćelije, kada se osvijetli, pojavljuje se elektromotorna sila, tj. napon. Tada solarna ćelija postaje poluvodička dioda, tj. PN-spoj, koji se ponaša kao ispravljački uređaj koji propušta elektrone samo u jednom smjeru struju.



Slika 3.15 Silicijeva solarna ćelija

Ako se PN-spoj osvijetli sa svjetlosti, foton koji je došao pravi parove elektrona i šupljina. Električno polje koje se nalazi unutar PN-spoja odvaja elektron i šupljinu. Kako što se vidi na slici 3.15 elektroni se kreću prema N- kraju, a šupljine se kreću u suprotnu stranu prema P-kraju. Zbog tog kretanja elektrona i šupljina na različite strane PN-spoja dolazi do pojave elektromotorne sile između krajeva PN- spoja.

Ako bi se solarna ploča osvijetlila sa svjetlosti, onaj kontakt koji se nalazi na P-kraju postao bi pozitivan, a kontakt koji se nalazi na N-kraju postao bi negativan. Kad kontakte solarnog panela spojimo trošilom (npr. žarulja) kroz strujni će krug poteći električna struja, te je solarni panel izvor električne struje.



Slika 3.16 Solarna ćelija kako izvor električne struje

### 3.3.4 Primjena solarnih ćelija

Solarne ćelije danas postaju sve raširenije. Solarne ćelije možemo vidjeti često kao izvore napajanja na parkiralištu ili kalkulatorima kao pomoćne izvore napajanja. Koriste se još kao izvori napajanja na satelitima i svemirskim stanicama. Mogu se koristiti i u arhitekturi kao dekoracija.

Još se koriste i u solarnim elektranama za proizvodnju električne energije. Solarne ćelije najčešćih se primjenjuju na lokacijama koje su udaljene od elektroenergetskog sustava (poput industrijskih objekata, kućanstava na udaljenim lokacijama i sl.). jer je značajno jeftinije ugraditi foto-naponski sustav nego izgraditi potrebnu infrastrukturu do elektroenergetskog sustava. Najčešće foto-naponski sustav čine foto-naponske ćelije spojene direktno na potrošače i baterije.

## 4. Tipovi baterija u mobilnim uređajima

Baterije koje se koriste u mobilnim uređajima izrađuju se u više različitih tipova. Podjela baterija u mobilnim uređajima su u tri tipa, a pretežno su to:

- Nikal-Kadmijske,
- Nikal-Metal-Hidridne i
- Litij-Ionske.

Odabir materijala pri izradi baterija je jako važan faktor. Najskuplje i najkvalitetnije su Li-Ion baterije te se takav tip baterija u samim počecima koristio u uređajima jaki visoke klase, dok se danas mogu pronaći i u uređajima niskih klasa što odmah znači i nižih cijena. Nikal kadmijske baterije pretežno danas izlaze iz upotrebe. Mobilni uređaji mogu koristiti samo po jedan tip baterija, ali ima i mobilnih uređaja koji podržavaju i drugi tip kao dodatak.

### Vrste baterija:

1. NiCd - nikal kadmijske - visoka
2. NiMH - nikal metal hidridne
3. Li-Ion - litijumske baterije
4. Li-Ion Polymer- litijum polimer baterije (najčešće korištene danas)

Imamo i proširene, te tanke baterije. NiCad i NiMh su baterije koje se koriste u mobilnim uređajima i koje se nazivaju proširene baterije. Jedan od načina povećavanjem kapaciteta baterije je povećanje same veličine. Za produljenje vremena trajnosti baterija neizbježno je povećavanje dimenzije. Proširene (extended) baterije imaju veću masu, a to odmah za sobom vuče i veće dimenzije. Baterije mobilnih uređaja teže gotovo pola uređaja. Tanke baterije su one koje imaju puno manje energije, što odmah za sobom vuče manju masu uređaja. Jedna od prednosti mobilnih uređaja sa manjom težinom je ta što ga je kod dugog razgovaranja lakše držati, ali je nedostatak taj što kod gubitka uređaja nećemo ni osjetiti da samo ga izgubili.



## 4.1 NiCd Baterije

Baterije NiMH (Nickel-Metal-Hydrid) u današnjim su mobilnim uređajima najzastupljenije. Ove baterije se koriste već skoro 45 godina, imaju duplo veći kapacitet od NiCad i nisu toksične. Ovakve baterije imaju 75 Wh/kg kapaciteta, pretežno im je voltaža 1.25 V, a vrijeme koje je potrebno za punjenje je oko 2-3 sata.

Njihova važna prednost je da nemaju memorijskog efekta. Jedina mana ovakvih baterija je dva do tri puta kraći vijek trajanja. Pune se i prazne samo oko 500 puta, oko toga broja punjenja i pražnjenja pada kapacitet. Dnevno samopražnjenje iznosi oko 3-10%.

## 4.2 NiMH Baterije

Ova vrsta baterija poznata je od početka 20. stoljeća, nisu doživjele veće korištenje u postrojenjima diljem svijeta. Razlog tome je cijena koja je puno veća od cijene klasičnih baterija sa tekućim elektrolitom, troškove ugradnje u veća postrojenja s relativno „blagim“ temperaturama je teško ekonomski opravdati.

Memorijski efekt se javlja kod ovih baterija. Kod baterija koje se često nalaze u malim ciklusima kratkog punjenja i pražnjenja dolazi do naglog gubitka napona. Uzrok tome je kristalizacija površine negativne elektrode tijekom kratkih ciklusa. Memorijski efekt uglavnom ne predstavlja značajniji problem kod stacionarnih NiCd akumulatorskih baterija.

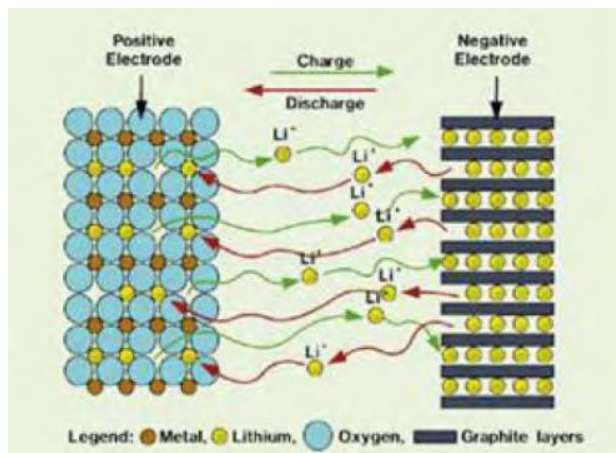
## 4.3 Litij- ion baterije

Li-ion baterije su danas opremljene zaštitnim elektroničkim sklopovima koji osiguravaju da ne dolazi do nepravilnosti pri punjenju i radu koje bi mogle izazvati eksploziju. Li-ion baterije imaju prednosti u odnosu na NiMH baterije. Specifične snage su veće i lakše su (do 170 wh/kg), imaju veći napon do tri puta od otvorenog kruga (3,6 V), nemaju memorijski efekt i mogu podnijeti veliki broj pražnjenja te imaju malo samopražnjenje.

Potreban im je zaštitni elektronički sklop za rad što im je mana, te radi toga nisu pogodni za brza pražnjenja i nadopunjavanja jer im se onda struje punjenja i pražnjenja ograničavaju. Podložne su starenju čak i onda kada nisu u upotrebi.

Li-ion baterijama je velika prednost što imaju mogućnost rada na visokim temperaturama, gdje gotovo nema razlike u radu na temperaturi od one na 60 °C do one na 25

°C. Baterije ovog tipa nije potrebno posebno održavati s obzirom na elektrolit. Opasnost od izlivanja kiseline ne postoji, nije potrebno dodavati vodu što ih čini sigurnim za rukovanje.

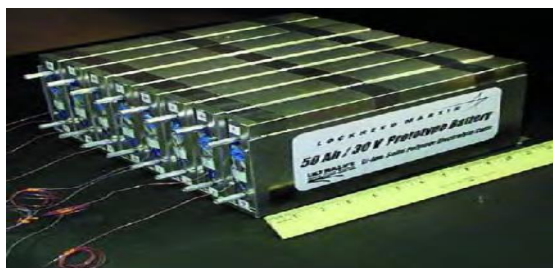


Slika 4.1 Litij – ionska baterija

Slika 4.1 prikazuje princip rada litij-ionske baterije. Jedna je elektroda napravljena od metalnog oksida, a druga elektroda od grafita. Nabijanja baterije ion litija se odvaja od elektrode napravljene od metalnog oksida, prolazi kroz elektrolit i ulazi između grafenskih ravnina na grafitnoj elektrodi gdje se neutralizira primanjem elektrona iz vanjskog kruga. Litij se ionizira ponovo pri izbijanju te spontano vraća na početnu elektrodu. Kemijski se veže oslobađajući energiju kemijske veze. Putujući u vanjskom krugu njegov ga elektron slijedi.

#### 4.4 Litij-polimer baterije

Li-polimer baterije su jako slične Li-ion baterijama samo što je primijenjen kruti polimer (polyethylene oksid) umjesto organskog elektrolita. Zapaljivosti baterije se na ovaj način smanjila. Li-polimer baterije ima prednost u odnosu na Li-ion, manji trošak izrade i veća otpornost na fizička oštećenja. Baterije Li-polimer su najefikasnije na temperaturi od 60°C do 80°C.



Slika 4.4.1 Litij-polimer baterija

## 4.5 Bio-baterije

Bio-baterije su danas u fazi istraživanja, istraživanja se provode na upotrebljivosti bio-baterija iz organskih tvari pomoću bakterija i enzima za proizvodnju električne energije. Predviđa se da će za osam satno svijetljenje žarulje od 40W biti dosta 50g šećera. Tvrtka Sony je jedan od najvećih proizvođača baterija, najviše se posvetila u istraživanju bio-baterija. Sony je konstruirao, a kasnije i napravio bateriju koja pomoću šećera proizvodi elektricitet, veličine 39 kubnih milimetara, koja daje 50 mW što je jako puno za te baterije.

U bio-baterijama, šećerno-raspoređeni enzimi istiskuju u anodi elektrone i hidrogenske ione iz glukoze. Hidrogenski ioni prolaze kroz membranski separator do katode gdje za proizvodnju vode kao sporedni spremnik apsorbiraju kisik iz zraka. Kroz strujni krug elektroni cirkuliraju proizvodeći energiju koja će napajati uređaj.

## 5. Izrada baterije

Ideja ovog završnog rada je da se izradi fizička baterija od materijala koji su lako dostupni i nalaze se skoro u svakom kućanstvu. Materijali koji sam koristio pri izradi ove baterije to su bakar (Cu), a to je bakrena cijev koja se koristi kod izrade centralnog grijanja i aluminij (Al), a to je aluminijska cijev koja se koristi u hladnjavcima. Za elektrolit samo uzeo običnu vodu u koju sam stavio kuhinjsku sol i to sve skupa izmiješao u plastičnoj posudi. Posuda samo napravio od plastične boce prepolovio sam je i uzeo donji dio.

Zatim sam u bakrenu cijev stavio aluminijsku, ali na aluminijsku sam stavio brtve koje su izrađene od gume da ne bi došlo do kontakta između bakra i aluminija. Na kraju sam sa unimerom izmjerio napon i dobio sam napon od 0.5 V.

Pribor i materijal koji se koristio pri izradi prikazan je na slici 5.1.



Slika 5.1 Priprema materijal i alat za izradu baterije

## 5.1 Faze izrade

### a.) Stavljanje aluminijske cijevi u bakrenu

Bakrena (Cu) cijev je katoda (+), aluminijska (Al) cijev je anoda (-) sa brtvama. Brtve služe da nema kontakta između katode i anode odnosno bakra i aluminija.



Slika 5.1.1 Bakar (Cu) i aluminij (Al) i brtve



Slika 5.1.2 Stavljanje brtvi na aluminijsku cijev

Prva faza je gotova :



Slika 5.1.3 stavljanje aluminijske cijevi u bakrenu

## b.) Izrada elektrolita

Elektrolit koji je lako dostupan u svakom domaćinstvu je kuhinjska sol i voda. U plastičnu posudu sam stavio dvije žlice kuhinjske soli i dodao vodu te sve dobro izmiješao i tako je elektrolit spreman za korištenje.



Slika 5.1.4 Dodavanje kuhinjske soli



Slika 5.1.5  
Dodavanje vode



Slika 5.1.6 Miješanje soli i vode

c.) Stavljanje anode i katode u elektrolit te spajanje unimera sa anodom (-) i katodom (+) i mjerenje napona.

Iz prve faze napravljena cijev koja služi kao anoda (-) od aluminijske cijevi (Al) na koju smo stavili brtve i stavili je u cijev koja služi kao katoda (+) od bakra (Cu) i sve skupa stavili u elektrolit koji je izrađen od kuhinjske soli i vode. Nakon toga sam spojio unimer, sa pozitivnom hvataljkom sa spojio bakrenu cijev ili katodu (+), a sa negativnom hvataljkom spojio sam aluminijsku cijev ili anodu (-) kao što se vidi na slikama ispod.



Slika 5.1.7 Stavljanje anode i katode u elektrolit



Slika 5.1.8 Spajanje sa hvataljkama



Slika 5.1.9 Spojene anoda i katoda s hvataljkama

I na kraju mjerenje napona pomoću digitalnog unimera:



Slika 5.1.10 Mjerenje napona

Napon ove baterije kao što se vidi na slici 5.1.10 iznosi  $U=0.5\text{ V}$ .

## 6. Zaključak

U današnje vrijeme sve je više uređaja koji rade pomoću istosmjernih izvora napona. Život bi bio ne zamisliv da ih nema jer naši svi mobilni telefoni, laptopi itd. rade na istosmjernom naponu. Postoje tri vrste električnih izvora istosmjernog napona (kemijski, toplinski i svjetlosni), a najviše su zastupljeni kemijski Istosmjerni izvori napona koji se temelje na kemijskom principu u budućnosti će se temeljit na bio-baterijama koje će rediti pomoću organskih tvari, bakterija i enzima. Predviđa se da će za osam satno svijetljenje žarulje od 40 W biti dosta 50g šećera. Toplinski i svjetlosni izvori istosmjernog napona su skupi dijelovi pa je i njihov razvoj zbog cijene malo sporiji.

U praktičnom dijelu rada ideja je bila da od materijala koji je lako dostupan svakom kućanstvu izradim bateriju koja radi na kemijskom principu. Za dva različita metala odabrao sam bakar i aluminij jer ih je jednostavno nabaviti te sam ih umočio u mješavinu kuhinjske soli i vode. Na opisani način između metalnih cijevi dobio sam napon od 0.5 V čime je jasno vidljivo da se jednostavno može stvoriti osnovna verzija izvora istosmjernog električnog napona.



## 7. Literatura

- [1] A. Bilušić, A. Smontara: “Što su i kako se istražuju termoelektrični materijali?”, Stručni skup “20. ljetna škola mladih fizičara”, Zbornik radova, Zagreb : Hrvatsko fizikalno društvo, 2004. 2.1-2.5 (stručni rad).
- [2] C.L. MANTELL Ph D. Elektrokemijsko inženjerstvo, Tehnička knjiga, Zagreb
- [3] <http://www.ferrotec.com/>
- [4] <http://www.melcor.com/>
- [5] <http://www.hartscientific.com/>
- [6] <http://www.huimao.com>
- [7] <http://www.sintecoptronics.com>