

MEHATRONIČKI SISTEMI KOD MOTORA I VOZILA

BATERIJE ZA POKRETANJE VOZILA

**Spring 2018
by
Slobodan Lubura**

BATERIJE ZA POKRETANJE VOZILA

- **Automobilske baterije** su regenerativni elektrohemijski izvori električne energije (12 V, 24 V)
- U automobilima takođe služe za **skladištenje** viška električne energije koju generiše **alternator** u toku rada automobila.
- Ta **uskladištena energija** iz **baterije** koristi se za napajanje uređaja u automobilu u slučajevima kada je trenutna potrošnja energije veća od energije koju daje **alternator** (npr. pri malim brzinama).
- **Baterije** takođe napajaju sve uređaje u automobilu kada je motor automobila ugašen
- Jedna od ključnih uloga baterije je **napajanje elektropokretača** (alnasera) pri pokretanju motora automobila.
- Danas se u automobilima najčešće koriste **olovne baterije**

AUTOMOBILSKE BATERIJE: ZAHTJEVI

- Obezbijediti dovoljno energije za **pokretanje** motora automobila
- **Kompenzovati razliku** između potrošnje energije u automobilu i one koja se dobije od alternatora u slučajevima male brzine vozila ili kada je motor automobila ugašen
- **Prigušiti naponske preskoke** koji mogu da se dese u električnim instalacijama u automobilu i tako zaštititi osjetljive električne i elektronske komponente (npr. sijalice, ECU jedinice)

AUTOMOBILSKE BATERIJE: IZGLED

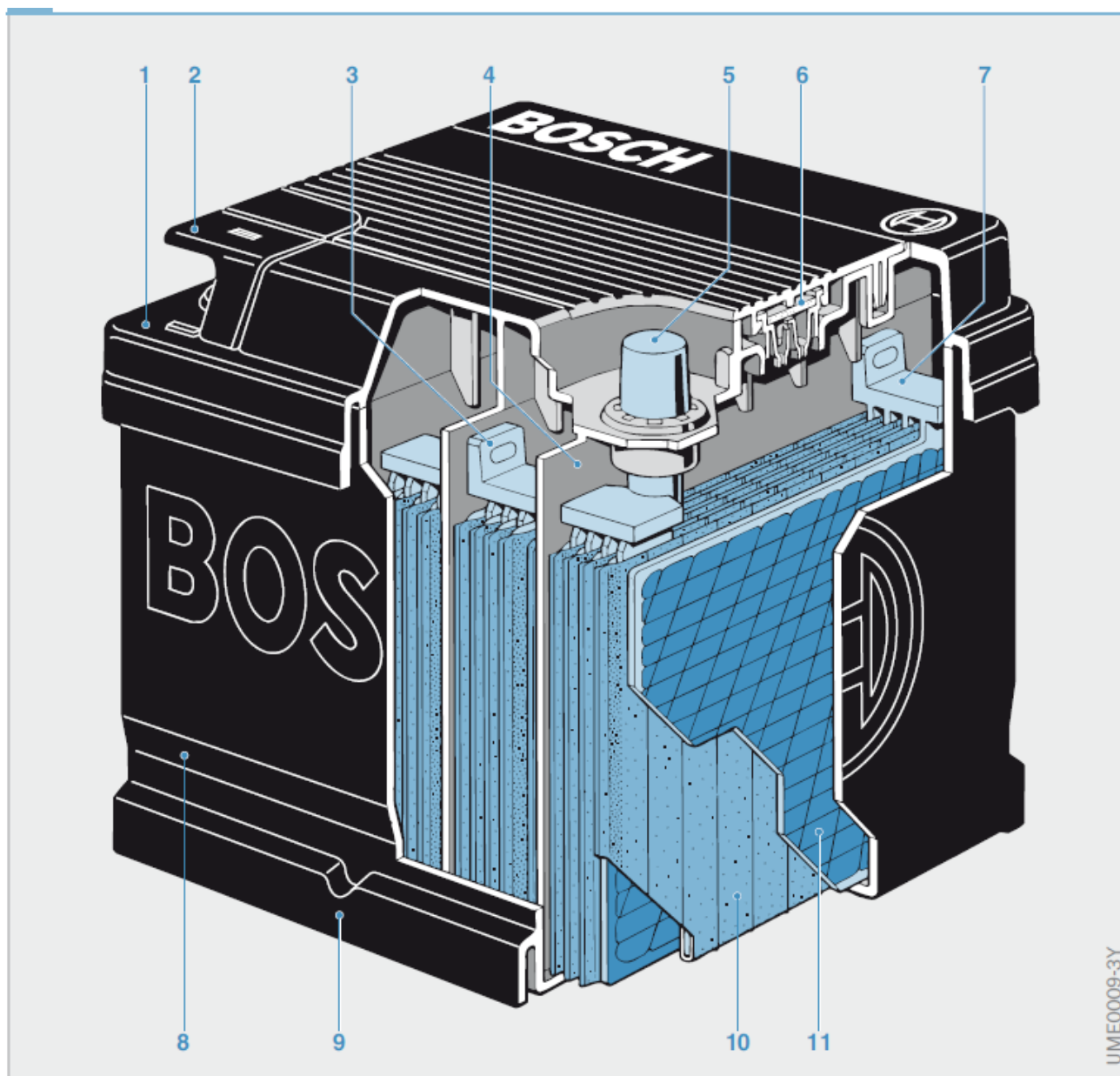


Fig. 1

- 1 One-piece cover
- 2 Terminal-post cover
- 3 Direct cell connector
- 4 Cell partition
- 5 Terminal post
- 6 Sealing plugs underneath the cover plate
- 7 Plate connector
- 8 Battery case
- 9 Bottom rail
- 10 Positive plates inserted into envelope-type separators
- 11 Negative plates

AUTOMOBILSKE BATERIJE: STARTER

- **Starter motora (elektropokretač)** automobila uključen je kratkotrajno, ali zato ima najveću potrošnju od svih električnih uređaja u automobilu
- Kod putničkih vozila sa **benzinskim motorom** potrošnja startera je od **0.7 do 2.0 kW**;
- Kod putničkih vozila sa **dizel motorom** potrošnja startera je od **1.4 do 2.6 kW**;
- Kod autobusa i kamiona potrošnja startera je od **2.3 to 9.0 kW**.
- Pri pokretanju startera zbog velike struje startera dolazi do **pada napona** na priključcima baterije
- Taj pad napona ne smije biti preveliki da ne bi uticao na rad ostalih elektronskih uređaja u automobilu
- Oni neće korektno raditi ukoliko je ovaj pad napona preveliki

AUTOMOBILSKE BATERIJE: POTROŠNJA

- Količina energije koja baterija treba da obezbijedi znatno zavisi od režima rada automobila
- Ako automobil miruje (ugašen motor) struja koju baterija daje potrošačima je jako mala između 10 i 50 mA (0.2 do 0.6 W) (npr. napajanje sata, protivprovalnog alarmnog sistema, sistema za daljinsko zaključavanje automobila).
- Pri malim brzinama kretanja automobila struja baterija za napajanje potrošača može da dostigne vrijednosti od 20 to 70 A (od 70W do 840W)
- Pri pokretanju automobila struja baterije dostiže vrijednosti i do 300A u u kratkom vremenu od 0.3 do 3 s,
- U nekim slučajevima struja baterije od 1000 A je moguća.

AUTOMOBILSKE BATERIJE: OTVORENOG TIPA

- To su EN 50342 baterije sa slobodno pokretnim elektrolitima kod kojih nakupljeni plinovi mogu ispariti u atmosferu kroz otvore na čepovima baterije
- Nazivni napon 12 V ili 24 V



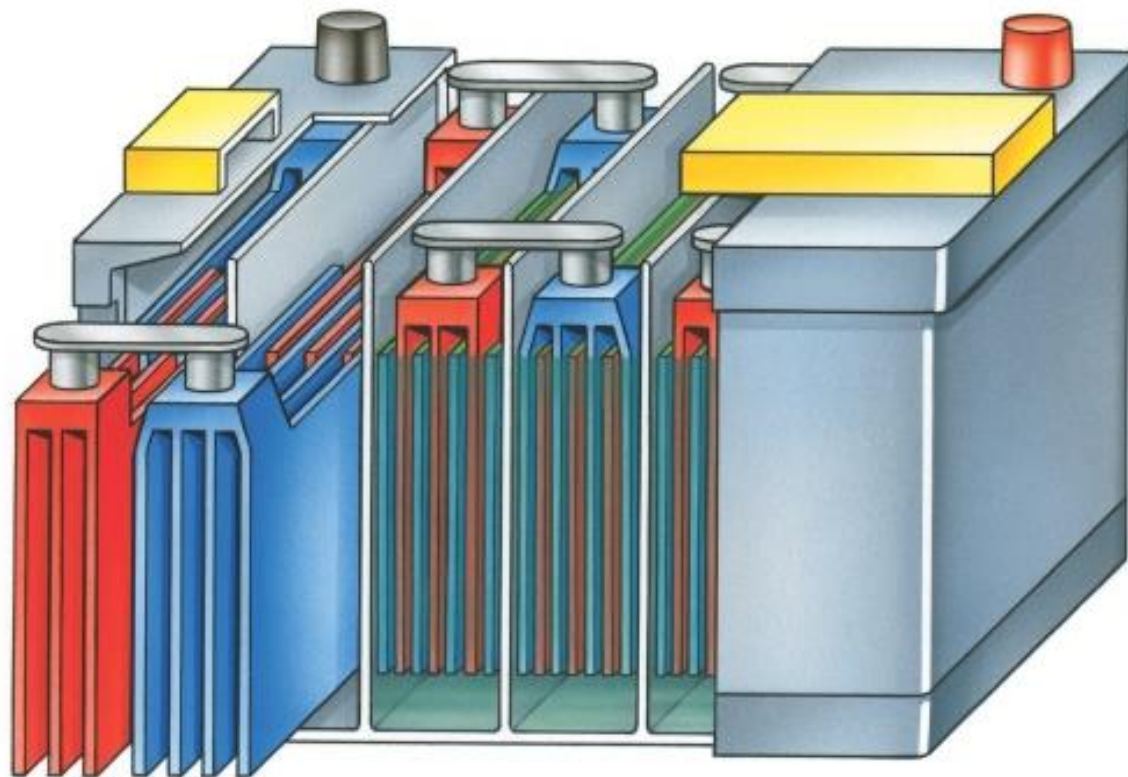
AUTOMOBILSKE BATERIJE: **ZATVORENE**

- To su EN 50342 baterije sa nepokretnim elektrolitima (gel baterije) kod kojih nakupljeni plinovi mogu ispariti u atmosferu samo pod određenim pritiskom
- Nazivni napon 12 V ili 24 V



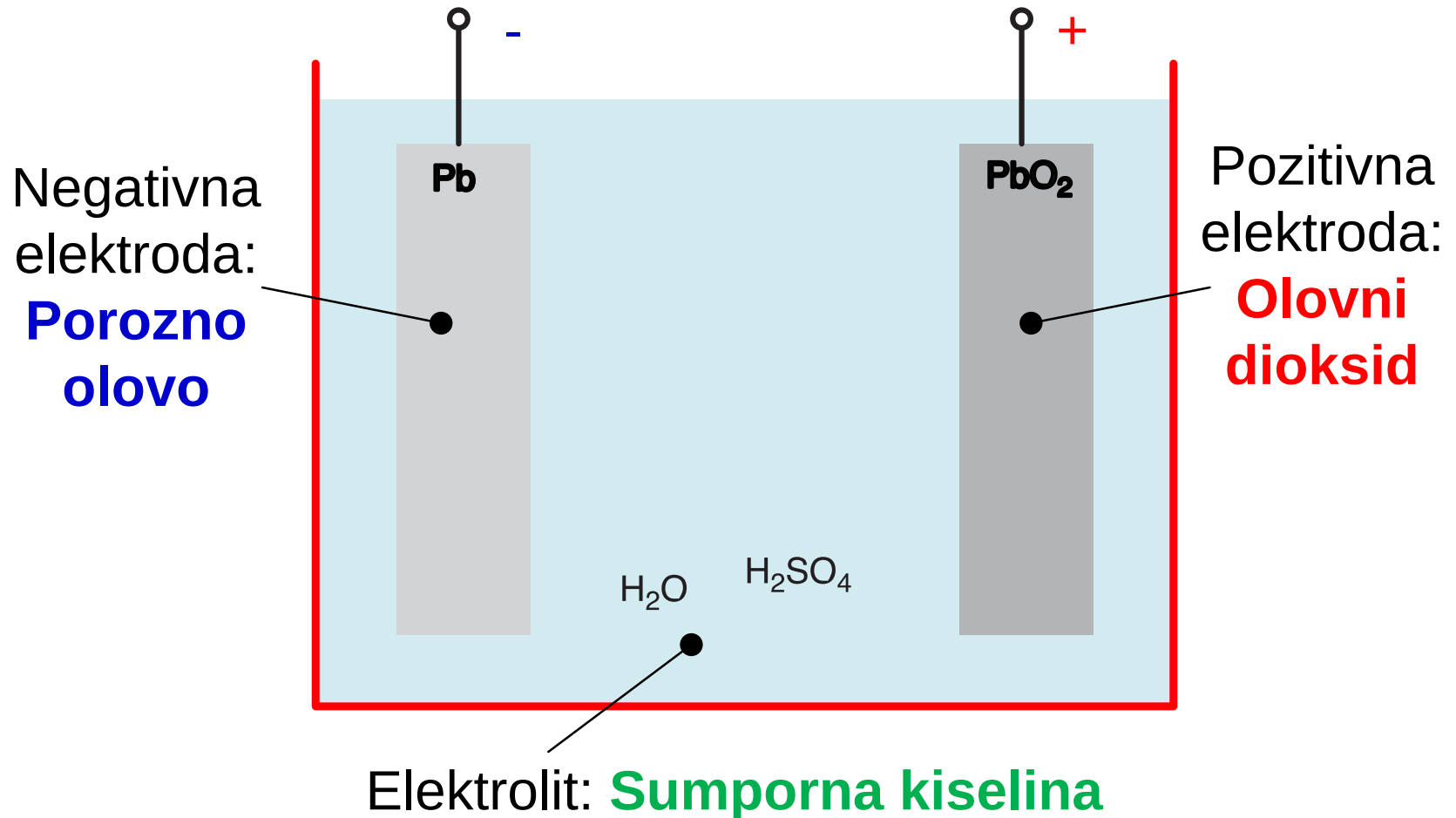
AUTOMOBILSKE BATERIJE: **KOMPONENTE**

- 12 V baterija sastoji se od 6 serijski povezanih ćelija od po 2 V
- Svaka ćelija smještena je zasebno polipropilenskom kućištu



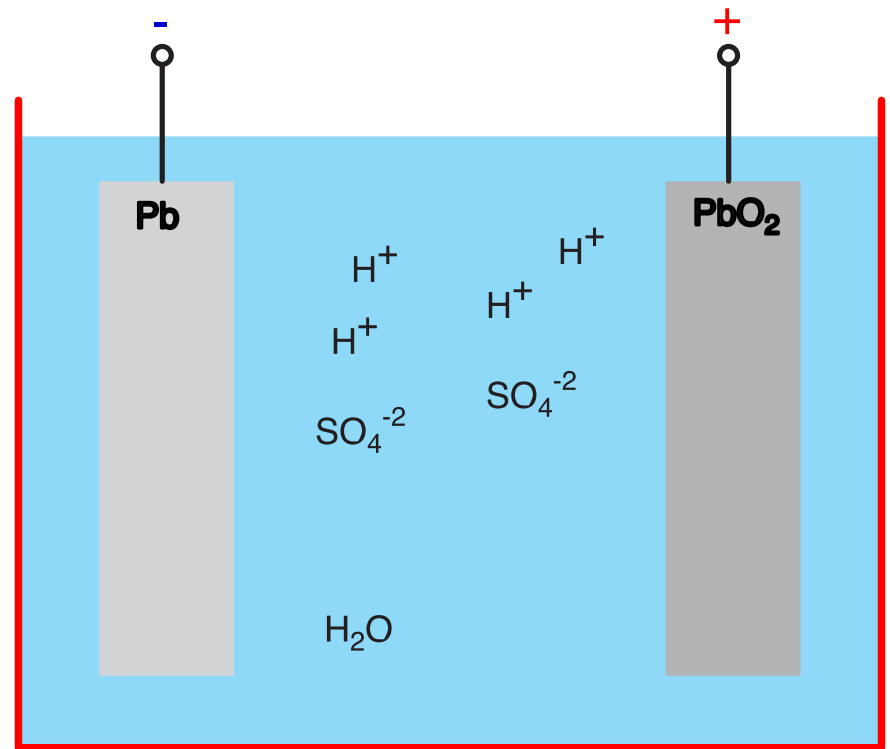
OLOVNE BATERIJE: KONSTRUKCIJA

- Izgled jedne ćelije od 2 V



OLOVNE BATERIJE: MEHANIZAM PROVOĐENJA

- **Olovo** i **olovni dioksid** su dobri provodnici električne struje.
- Provođenje struje ostvaruju elektroni prelaskom sa atoma na atom
- **Elektrolit** sadrži vodene jone **H⁺** i **SO₄⁻²**.
- Mehanizam provođenja struje u elektrolitu je kretanje jona difuzijom ili strujanjem



OLOVNE BATERIJE: MEHANIZAM PROVOĐENJA

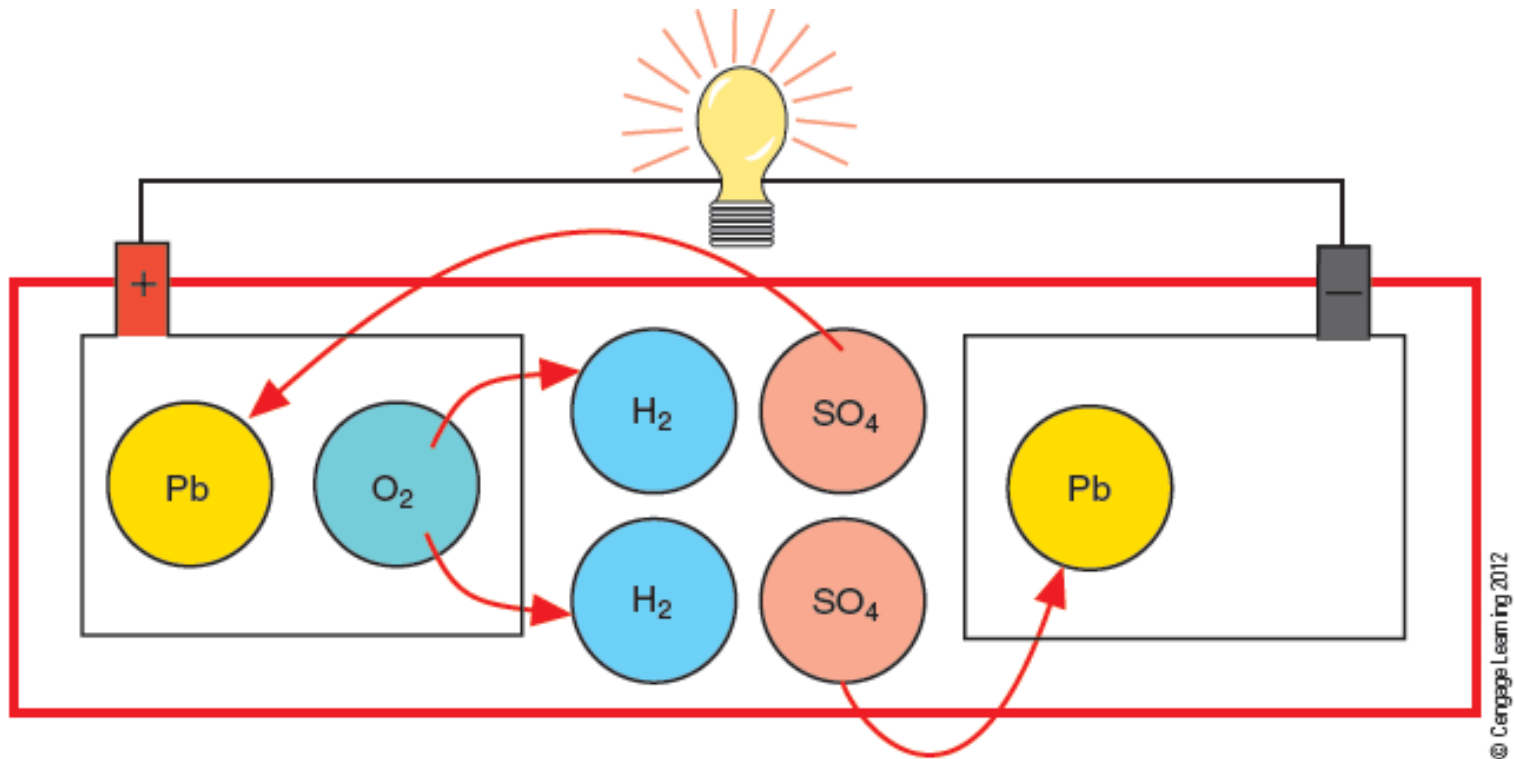


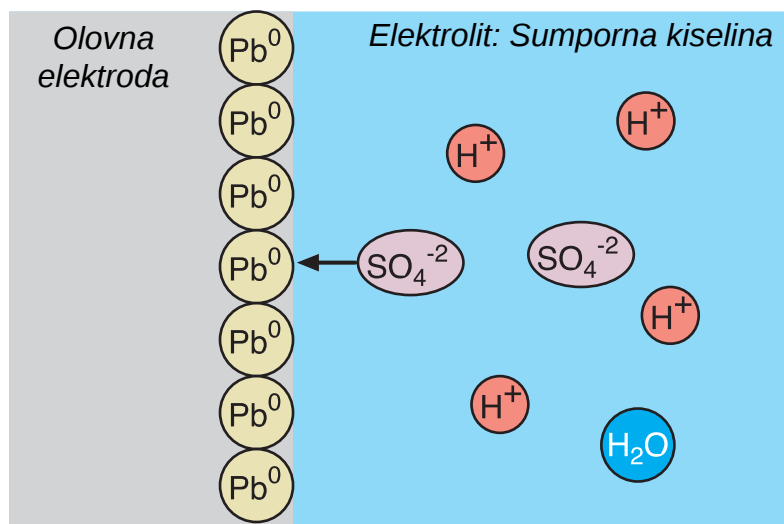
Figure 26.10 Chemical action during discharge of a battery.

OLOVNE BATERIJE: HEMIJSKA REAKCIJA NA NEGATIVNOJ OLOVNOJ ELEKTRODI

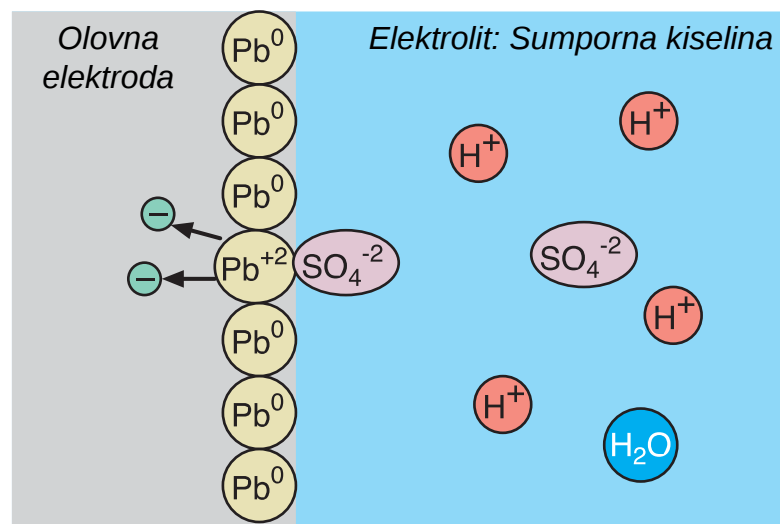
- Oksidacionom redukcijom se elektroni jona SO_4^{2-} iz elektrolitu prebacuju na provodnu **olovnu** elektrodu

Na površini olovne (**negativne**) elektrode

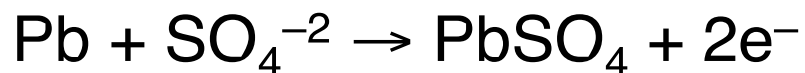
Negativni joni sulfata SO_4^{2-} približavaju se atomima olova na površini elektrode



*Atom olova **Pb** postaje joniziran i gradi jonsku vezu sa jonom sulfata SO_4^{2-} . Pri tome se oslobađaju dva slobodna elektrona*



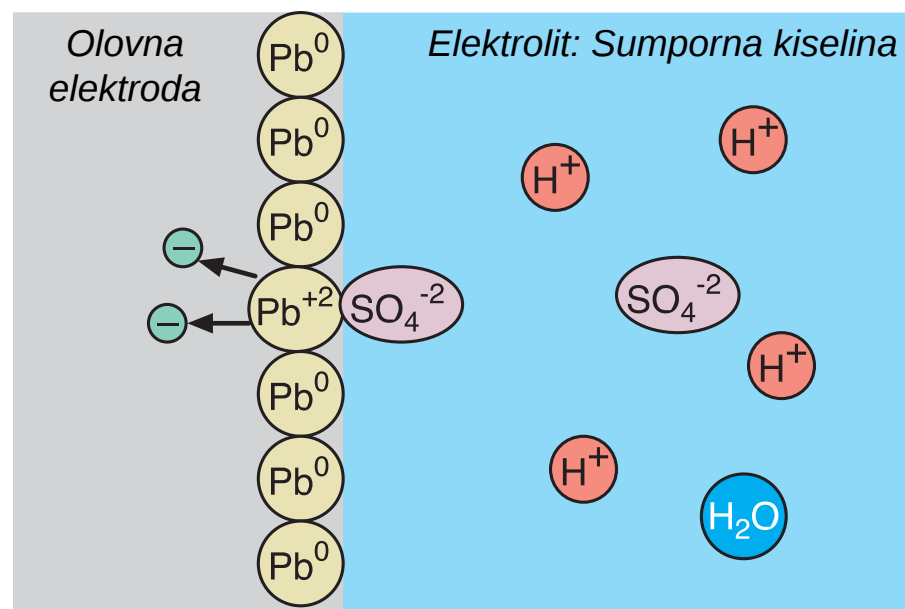
OLOVNE BATERIJE: HEMIJSKA REAKCIJA NA NEGATIVNOJ OLOVNOJ ELEKTRODI



- Ovom reakciom oslobađa se energija: $E_O = 0.356 \text{ eV}$
- Naziva se “Gibsova energija”, pri standardnim uslovima

($T = 298^\circ\text{K}$, concentration = 1 mol)

- Jedinica: Energija = (elektron)(volti)
- Energija u eV: $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

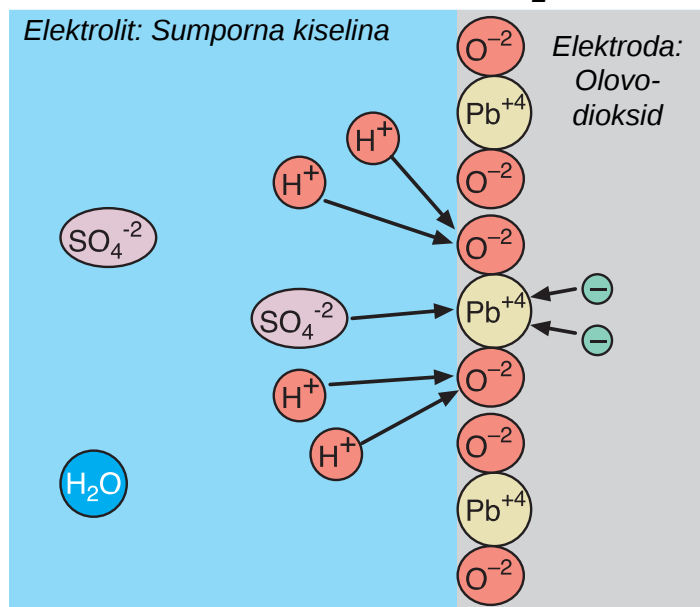


OLOVNE BATERIJE: HEMIJSKA REAKCIJA NA POZITIVNOJ ELEKTRODI

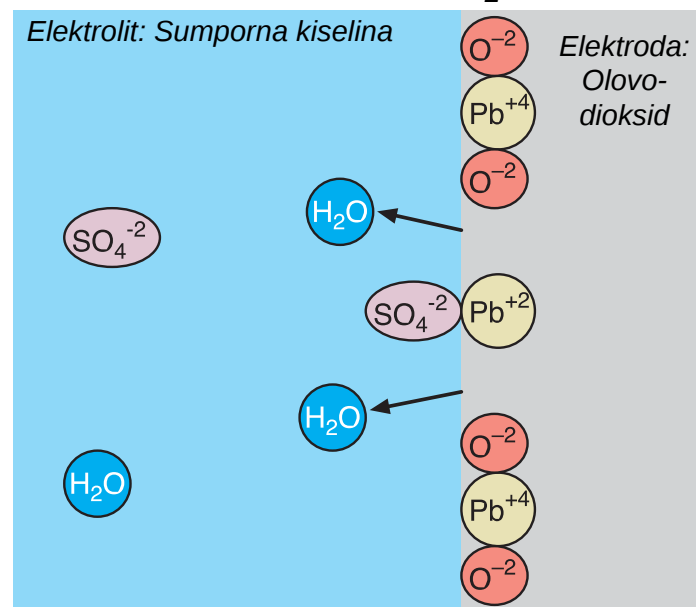
- Olovo mijenja oksidaciono stanje sa +4 na +2
- Elektoda od **olovo-dioksida** ostaje bez dva elektrona

Na površini olovo – dioksid (**pozitivne**) elektrode

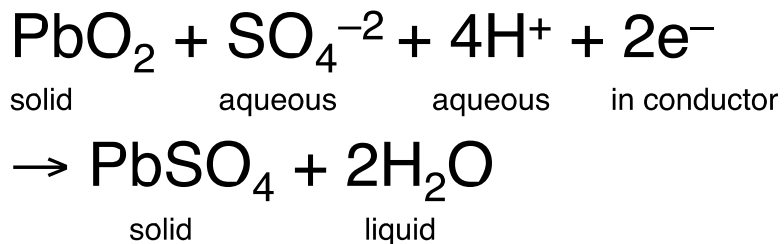
Negativni joni sulfata SO_4^{-2} i pozitivni joni hidrogena H^+ približavaju se površini elektrode od olovo-dioksida PbO_2



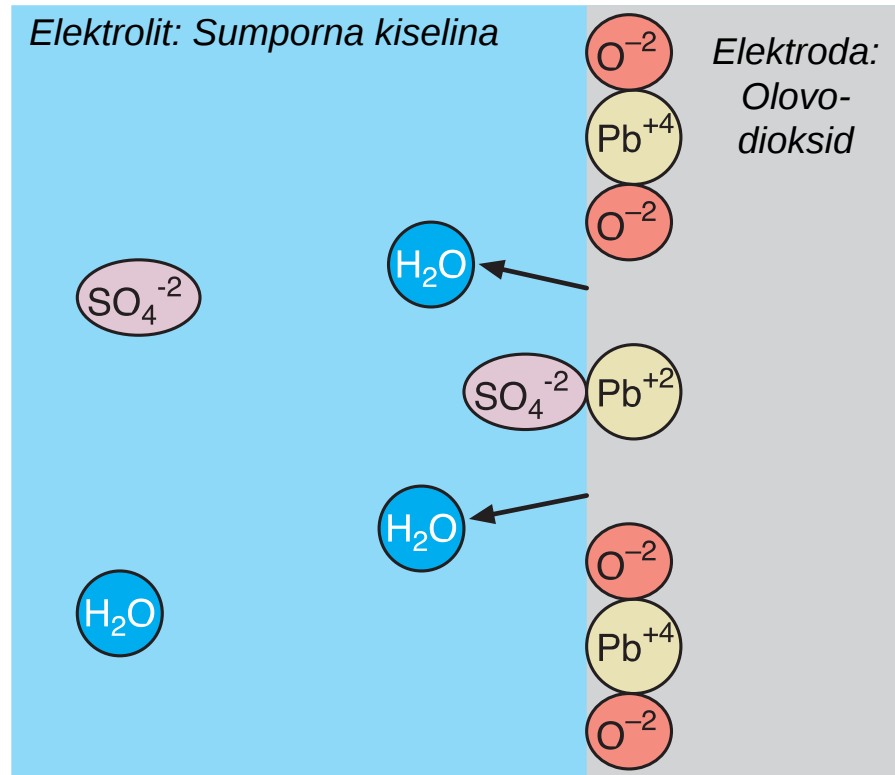
Atomi olova **Pb** mijenjaju jonizaciono stanje i formiraju jonske veze sa negativnim jonima sulfata SO_4^{-2} . Kao rezultat nastaju dvije molekule vode H_2O .



OLOVNE BATERIJE: HEMIJSKA REAKCIJA NA **POZITIVNOJ** OLOVNOJ ELEKTRODI

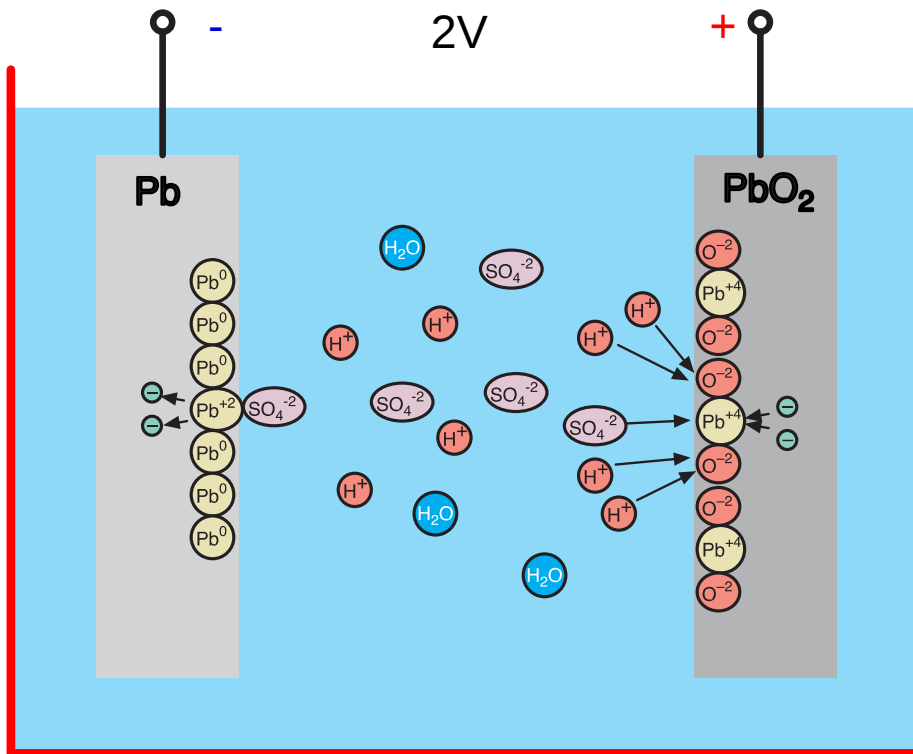


- Ovom reakciom oslobađa se energija: $E_O = 1.685 \text{ eV}$



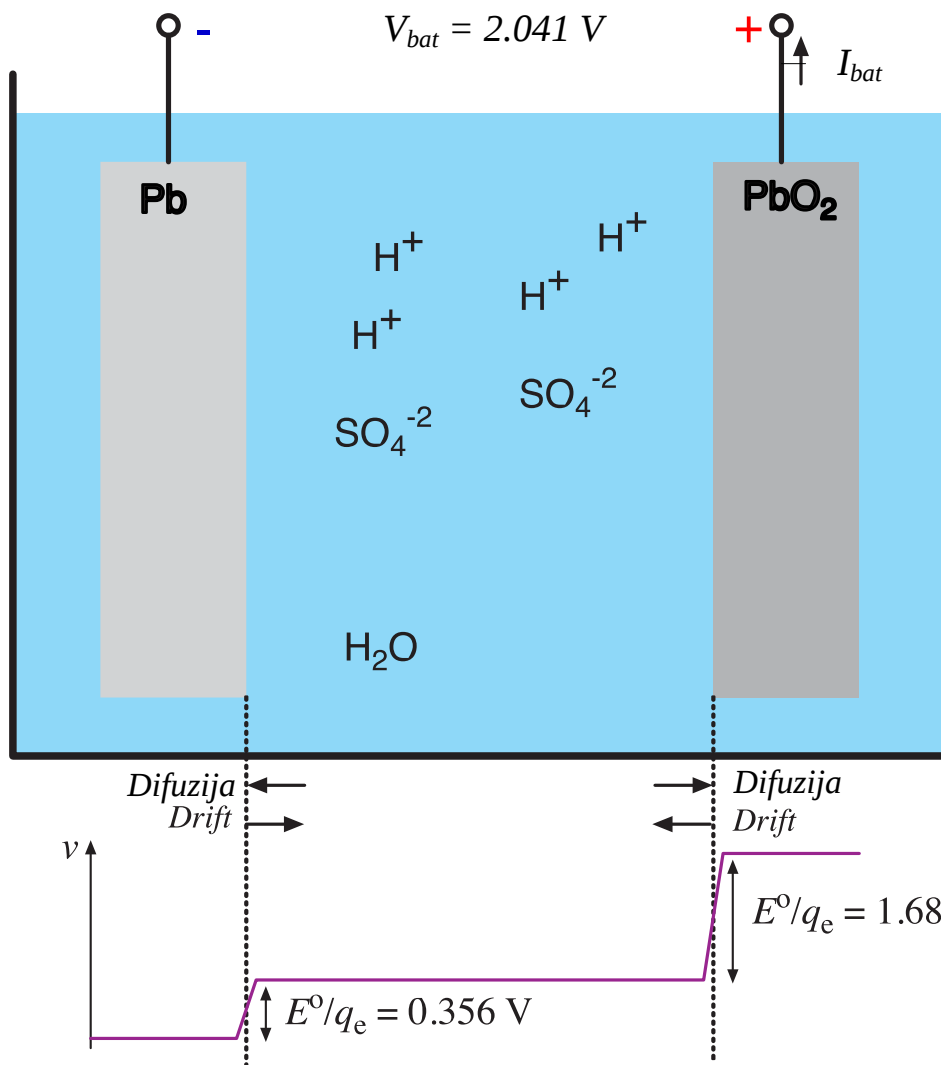
BATERIJE: KAKO SE NA ČELIJI FORMIRA NAPON?

- Neka su nove elektrode uronjene u elektrolit i neka su krajevi baterije otvoreni



- Hemijske reakcije oksidacije započinju sa vodenim jonima SO_4^{-2} i H^+ u blizini elektroda
- Difuziom unutar elektrolita se obnavljaju vodeni joni u blizini elektroda
- Vašak elektrona se pojavljuje na **olovnoj** (-) a manjak na **olovo-dioksidnoj** elektrodi (+)
- Električno polje se stvara na površini elektroda, suprotnog smijera od kretanja jona

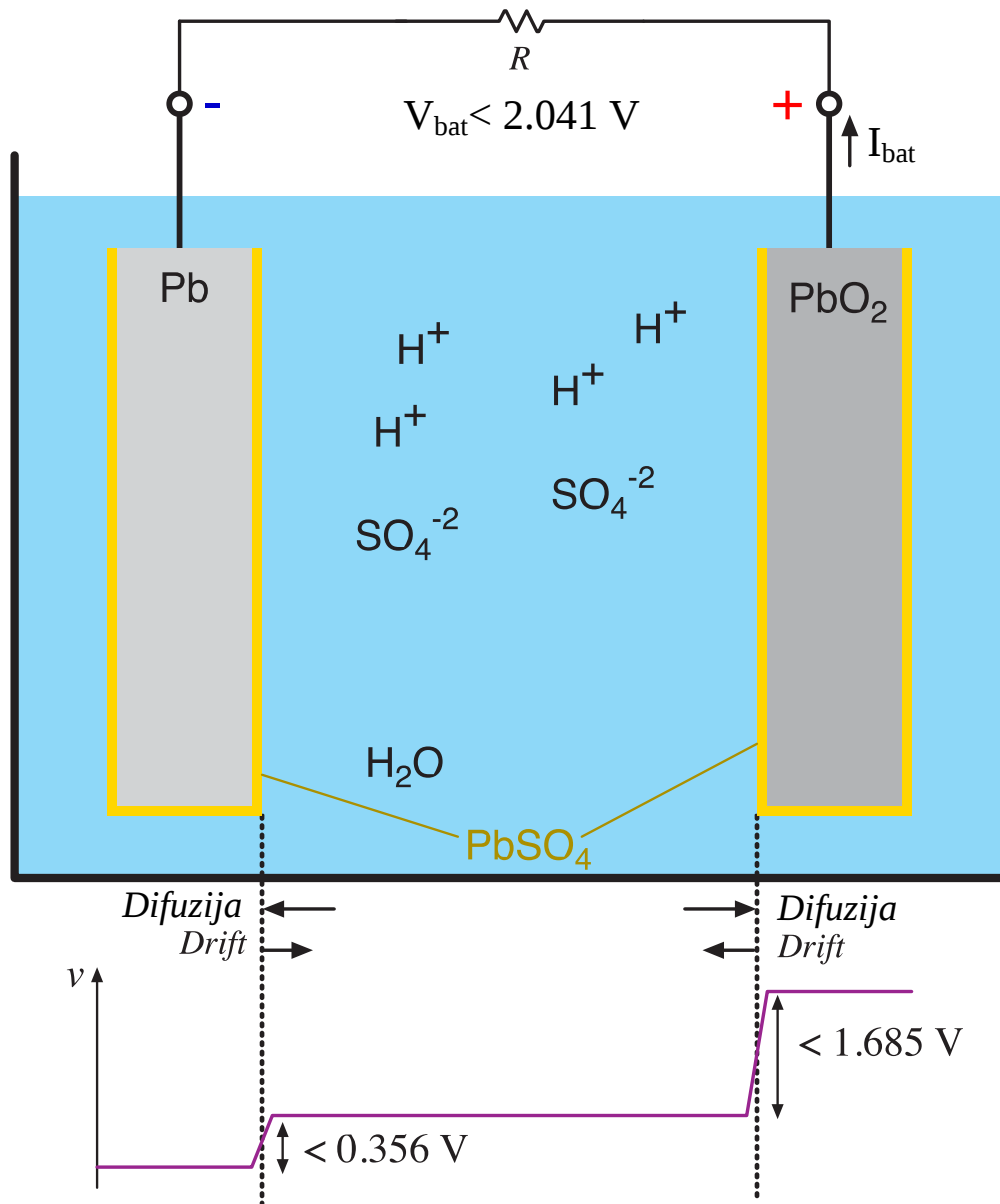
BATERIJE: NAPON ĆELIJE BEZ OPTEREĆENJA



- Hemijske reakcije su izazvale pojavu viška elektrona na **Pb** (-) elektrodi, a manjak elektrona na **PbO₂** elektrodi
- Sistem ulazi u stacionarno stanje kada energija potrebna za pomjeranje elektrona postane jednaka energiji hemijske reakcije
- Napon ćelije (pri $T = 298^\circ\text{K}$ i 1 molu elektrolita je:

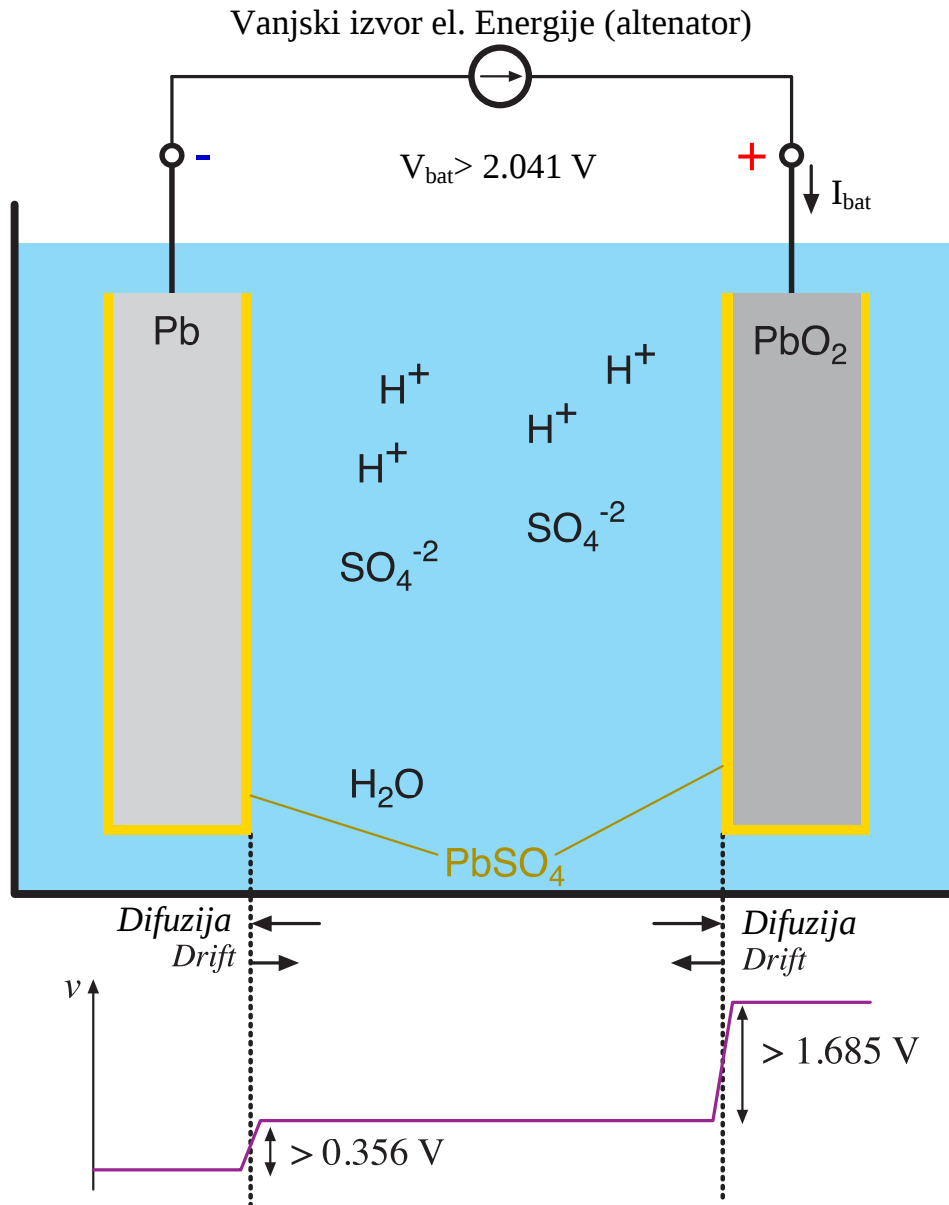
$$V_{batt} = 0.356 + 1.685 = \mathbf{2.041 \text{ V}}$$

BATERIJE: PROCES PRAŽNJENJA



- Priključenjem potrošača dolazi do kretanja slobodnih elektrona sa negativne **Pb (-)** ka pozitivnoj **PbO₂ (+)** elektrodi
- Hemijske reakcije se nastavljaju stvarajući nove slobodne elektrone, a time i električnu energiju kojom se snabdijevaju priključeni potrošači
- Kod prazne baterije elektrode su obložene olovnom sulfatom **PbSO₄** koji spriječava hemijske reakcije oksidacije i nastanak novih slobodnih elektrona

BATERIJE: PROCES PUNJENJA



- Priključkom vanjskog izvora el. energije (alternator) dolazi do kretanja elektrona od pozitivnog ka negativnom priključku baterije
- Hemijske reakcije su sada obrnute i el. energija se sada pretvara i skladišti kao hemijska energija
- Kod napunjene baterije elektrode nisu više obložene olovnim sulfatom **PbSO₂**, što omogućava hemijske reakcije oksidacije u bateriji i nastanak novih slobodnih elektrona

BATERIJE: STANJE NAPUNJENOSTI (SOC)

	POTPUNO NAPUNJENA	POTPUNO ISPRAŽNJENA
Stanje napunjenosti	100 %	0 %
Dubina pražnjenja	0 %	100 %
Koncentracija elektrolita	~ 6 mola	~ 2 mola
Specifična gustina elektrolita	~ 1.3	~ 1.1
Napon praznog hoda	12.7V	11.7V

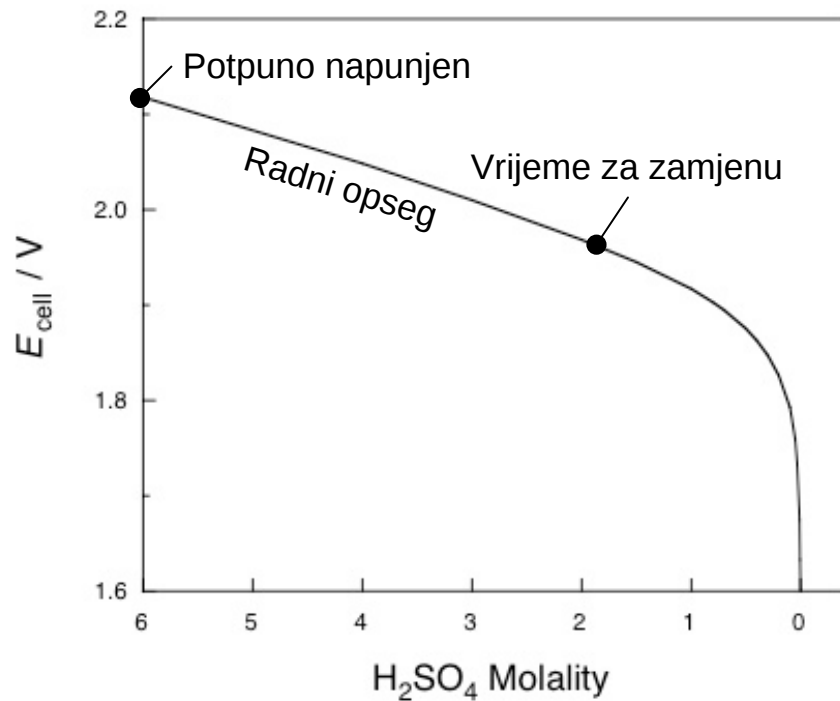
NAPON ĆELIJE & KONCENTRACIJA ELEKTROLITA

- **Nernstova jednačina** daje vezu između hemijske reakcije i energije elektrolita:

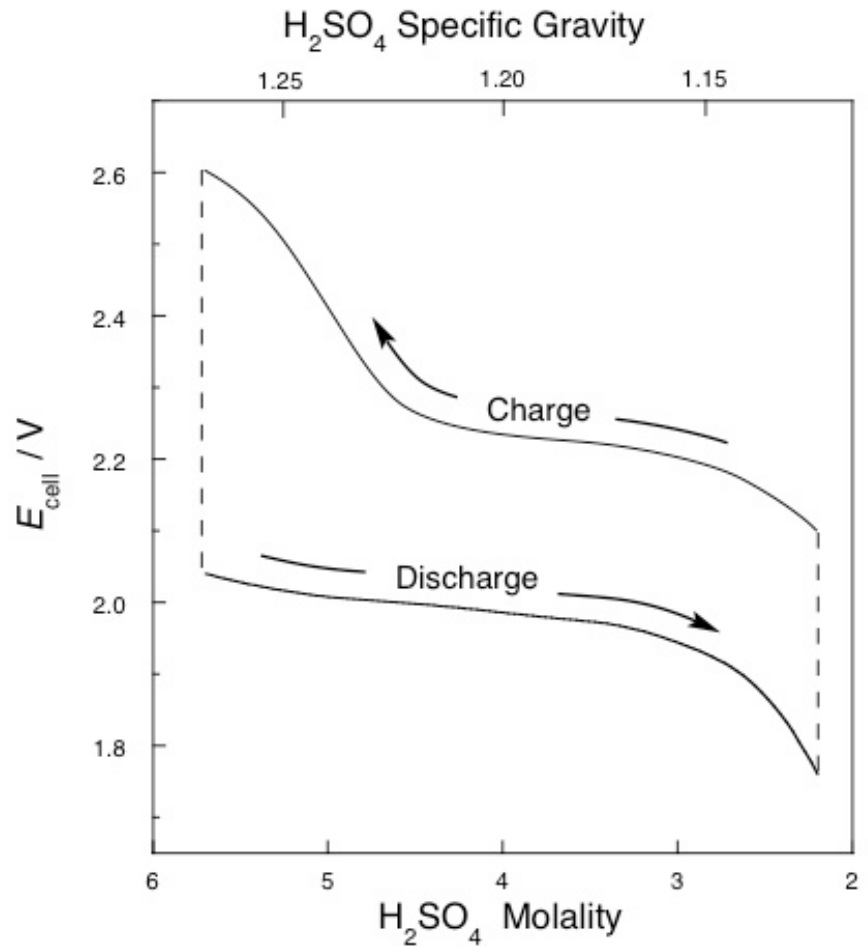
$$E = E^0 + (kT/q_e) \ln(\text{koncentracija elektrolita} / 1 \text{ mol})$$

- E – energija elektrolita pri datoj koncentraciji
 - E^0 – energija elektrolita pri standardnoj koncentraciji 1 mol
 - kT/q_e – termalni napon 26 mV at 298 °K
-
- Kod potpuno napunjene baterija (koncentracija elektrolita 6 mola), napon jedne ćelije je malo veći od E^0 / q_e
 - Kako se baterija prazni napon ćelije se smanjuje

NAPON ĆELIJE & KONCENTRARIJA ELEKTROLITA

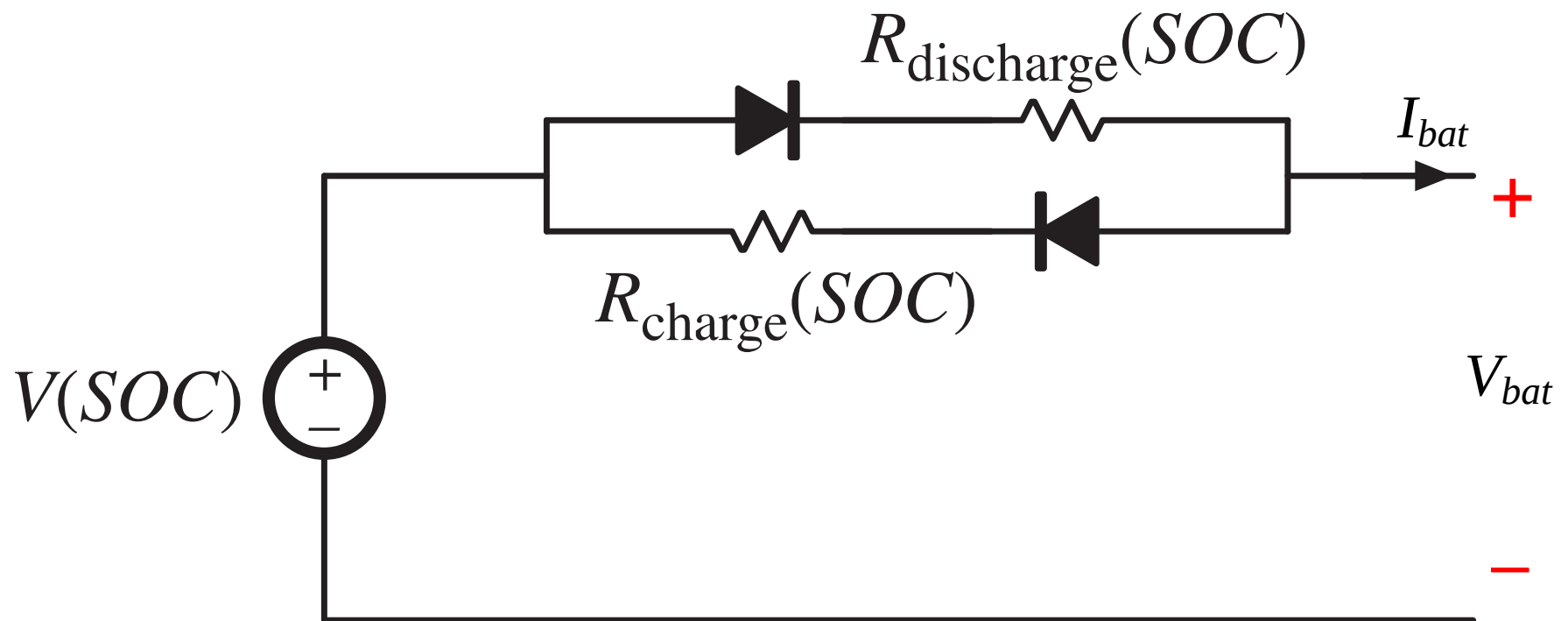


Zavisnost napona olovne ćelije od koncentracija elektrolita prema Nernstovoj jednačini



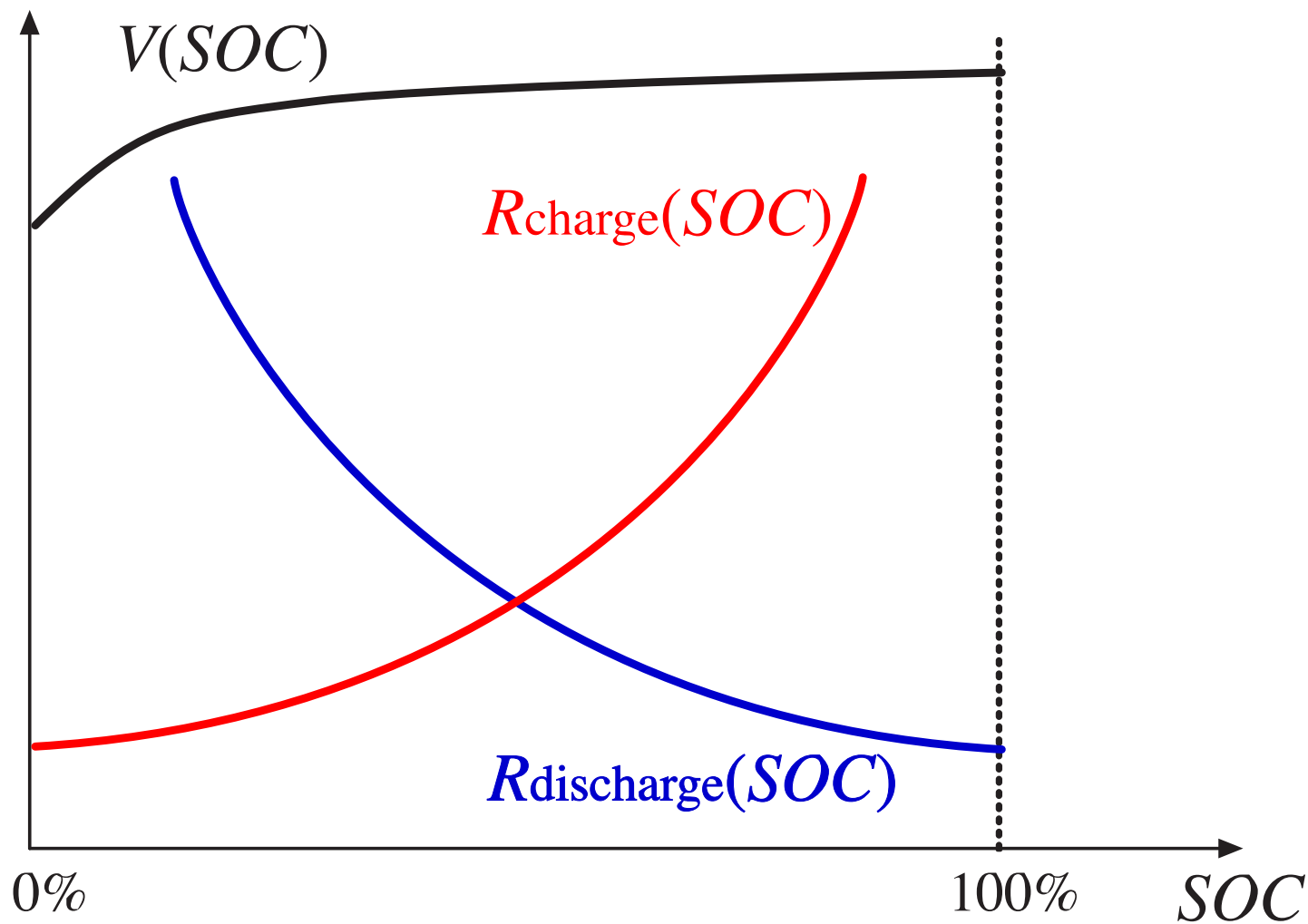
OSNOVNI MODEL BATERIJE

- Osnovni model



OSNOVNI MODEL BATERIJE

- Zavisnost parametara modela od stanja napunjenosti baterije (SOC)



KAPACITET BATERIJE

- Pored **nazivnog napona** jedna od osnovnih karakteristika baterije je njen **kapacitet** koji se iskazuje u Ah (Amper–sati)
- **Kapacitet** baterije iskazan u **Ah** jednak je proizvodu **struje A** i očekivanog **vremena h** za koje baterija može da isporuči tu struju prije nego što postane neupotrebljiva

Primjer:

- Baterija kapaciteta 200 Ah može teoretski da daje potrošaču 20 A for 10 h ili 5 A za 40 h
- Veza između životnog vijeka baterije, kapaciteta i struje data je sa:

$$\text{životni vijek} = \frac{\text{kapacitet baterije}}{\text{struja baterije}}$$

- Kapacitet baterije nije fiksna veličina već zavisi od niza faktora: načina pražnjenja i punjenja baterije, temperature i sl.

KAPACITET BATERIJE: POJKERTOV ZAKON

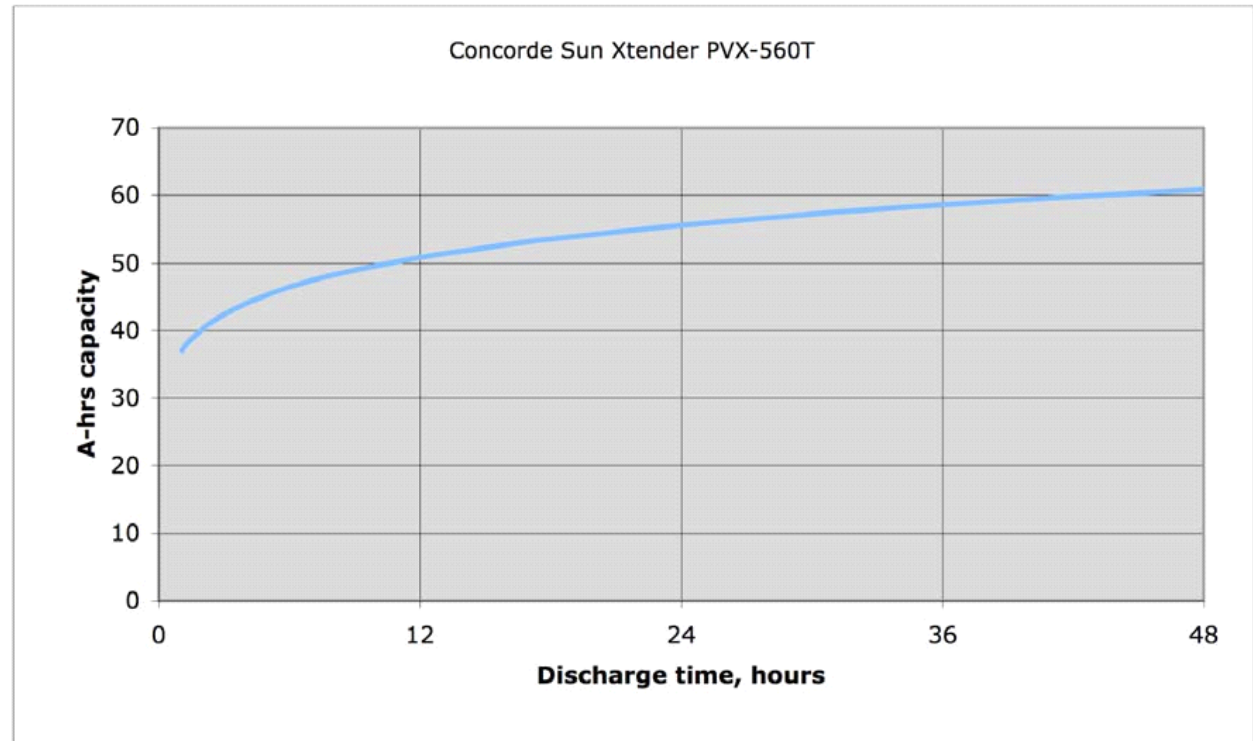
- Pojkertov zakon opisuje kako na kapacitet baterije utiče struja pražnjenja baterije (1A, 2A, 5A)

$$C_p = I^k t$$

- C_p - Ah kapacitet baterije pri struji od 1 A
 - I - struja pražnjenja u Amperima
 - t - vrijeme pražnjenja u satima
 - k - Pojkertov koeficijent, obično od 1.1 do 1.3
-
- Što se većom strujom prazni akumulator dobija se manji ukupni kapacitet baterije, zbog toga što se povećeva unutrašnji otpor baterije
 - Ustvari tokom pražnjenja u bateriji se dobija sve više vode a sve manje sumporne kiseline, koja je nosilac hemijske energije u bateriji.

POJKERTOV ZAKON: PRIMJER

- Baterija sa:
 - $k = 1.15$
 - $C = 36 \text{ A}$
 - $C_p = 63 \text{ Ah}$

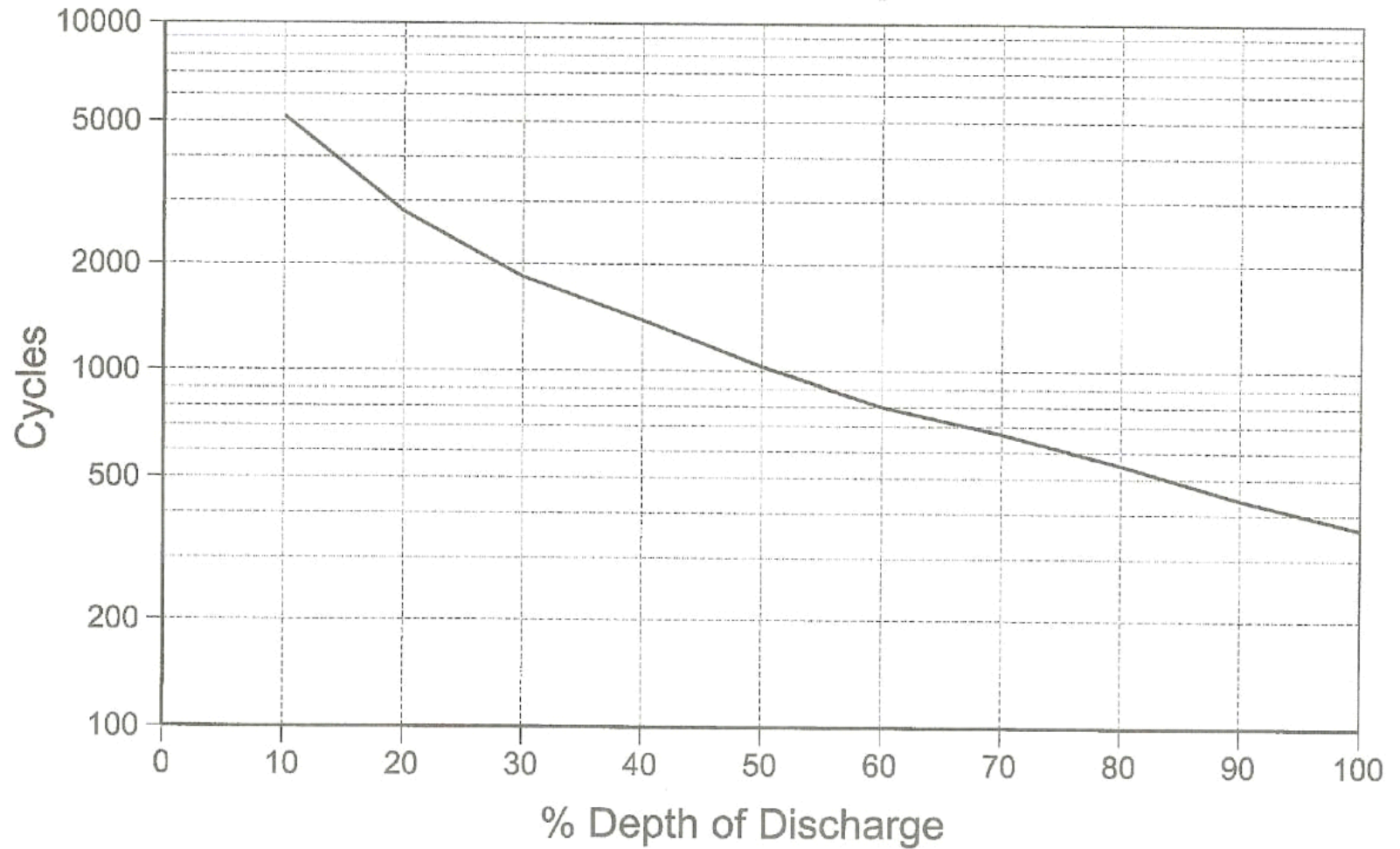


Nominal capacity: A-hrs @ 25°C to 1.75 V/cell

1 hr	2 hr	4 hr	8 hr	24 hr
36 A-hr	45 A-hr	46 A-hr	49 A-hr	56 A-hr

ŽIVOTNI VIJEK BATERIJE

Concorde AGM Battery
Expected Life Cycles



BATERIJE: SPECIFIČNA TEŽINA ELEKTROLITA

- **Specifična težina elektrolita** baterije može biti mjera napunjenosti baterije (SOC)
- Specifična težina se povećava prilikom punjenja a smanjuje tokom pražnjenja baterije
- Uređaji za mjerenje specifična težina elektrolita zovu se **hidrometri**



BATERIJE: SPECIFIČNA TEŽINA ELEKTROLITA

Stanje napunjenosti (SOC)	Specif. težina	Napon baterije 2V	Napon baterije 6V	Napon baterije 8V	Napon baterije 12V
100 %	1.265	2.10	6.32	8.43	12.65
100 %	1.225	2.08	6.22	8.30	12.45
50 %	1.190	2.04	6.12	8.16	12.24
25 %	1.155	2.01	6.03	8.04	12.06
0 %	1.120	1.98	5.95	7.72	11.89

BATERIJE: SPECIFIČNA TEŽINA ELEKTROLITA

SOC (% Full)	Cell Specific Gravity (at 80°F)*	System Voltage (Nominal)		
		12 V	24 V	48 V
100	1.277	12.73	25.46	50.93
90	1.258	12.62	25.24	50.47
80	1.238	12.50	25.00	49.99
70	1.217	12.37	24.74	49.49
60	1.195	12.24	24.48	48.96
50	1.172	12.10	24.20	48.41
40	1.148	11.96	23.92	47.83
30	1.124	11.81	23.63	47.26
20	1.098	11.66	23.32	46.63
10	1.073	11.51	23.02	46.03

BATERIJE: ODRŽAVANJE

- **Oksidacija i korozija** priključaka baterije može izazvati probleme kod startovanja automobila
- Zbog **oksidacija i korozije** priključaka javlja se **veliki prelazni otpor** koji umanjuje struju koju baterija može da isporuči potrošačima
- **Soda bikarbona i voda** se koriste za odstranjivanje oksidacije i korozije



BATERIJE: PRIKLJUČNI KABLOVI

- Moraju imati dovoljno veliki presjek pogotovo za priključak startera automobila (ogromna struja)
- Baterija se sa električnom instalacijom automobila povezuje preko baterijskih priključaka koji se izrađuju od: mesinga, olova i aluminijuma

