

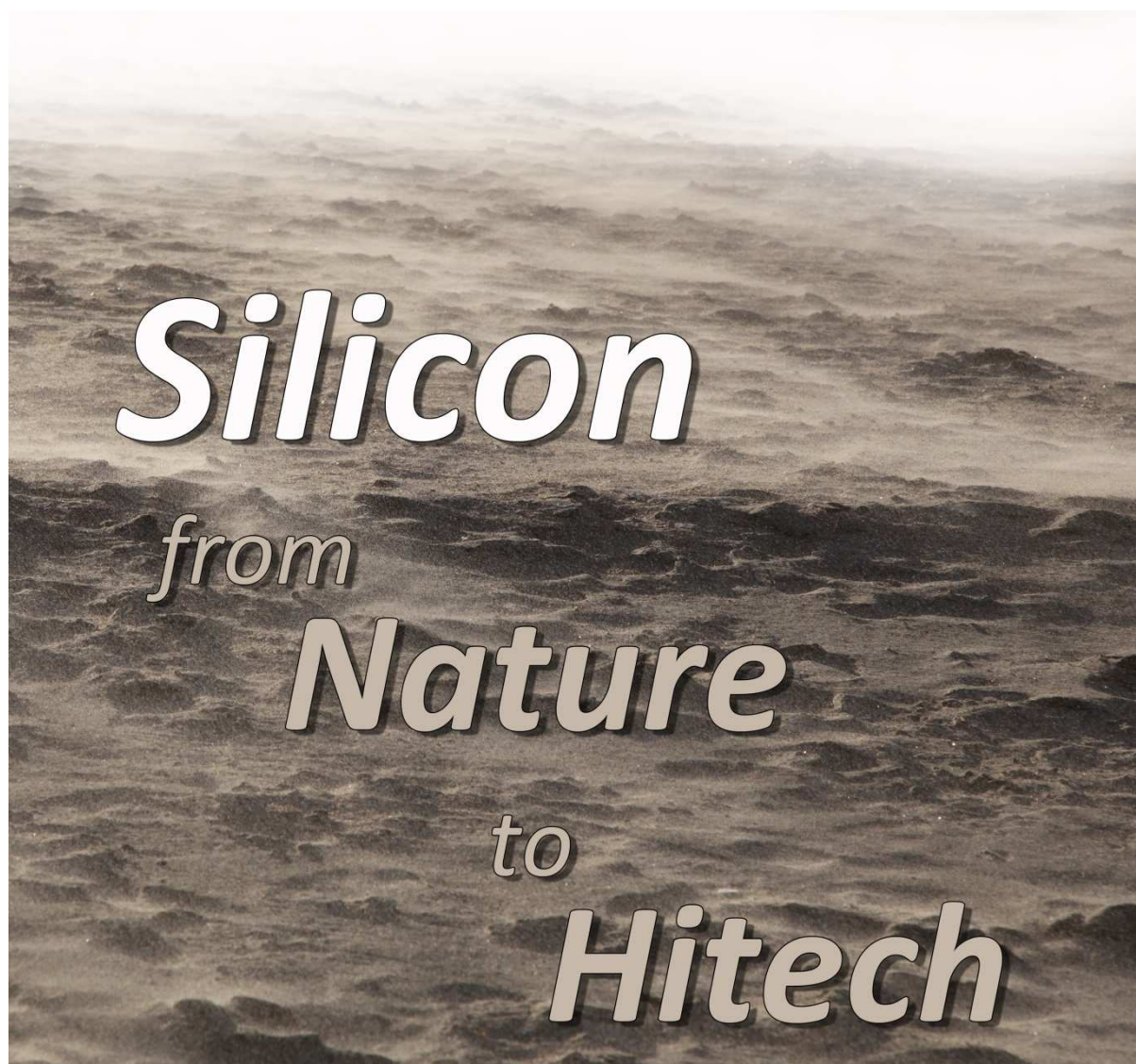


11th EUROPEAN UNION SCIENCE OLYMPIAD

Test 1

Task sheet (Zadanie)

Luxembourg, 19. marec 2013



Country: SLOVAKIA Language: Slovak

Všeobecné pokyny

Počas práce v laboratóriu majte oblečený plášť a nasadené ochranné okuliare

Jedenie a pitie v laboratóriu je zakázané

K dispozícii sú rukavice a musíte ich použiť pri práci s chemikáliami

Všetky použité hárky papiera, vrátane nečistopisov, musia byť odovzdané
na konci experimentu

Všetky výsledky musia byť zapísané do odpoved'ových hárkov („Answer sheets“)

Vaše výpočty musia byť priložené k odpoved'ovým hárkom

Hodnotené budú iba finálne odpoved'ové hárky (ktorých prvá strana je farebná)

Úlohy možno riešiť v ľubovoľnom poradí podľa vašej úvahy

Experiment pozostáva z 3 úloh a možno ich odovzdať každú jednotlivu
alebo spoločne za družstvo

K dispozícii máte **3,5 hodiny** na celkové spracovanie úloh

Úloha 1: 30 bodov

Úloha 2: 29 bodov

Úloha 3: 33 bodov

Ked' skončíte, nechajte všetko ležať na stole.

Nie je dovolené čokoľvek odnášať z laboratória



Príbeh kremíka

Kremík (Silicon, Silícium), značka Si, je ôsmym najrozšírenejším prvkom vo vesmíre. Vyše 90 % zemskej kôry pozostáva z rôznych minerálov na báze SiO_2 . Najznámejší je **kremeň** (Quarz). Možno ho nájsť na plážach po celom svete ako kremenný piesok, kryštáliky v pieskovci, ako granit alebo v ďalších horninách. Napr. Luxemburg, mesto hostujúce EUSO 2013, je vystavané na pieskovcovom podloží, ktoré obsahuje vysoký podiel kremeňa.

Keď sa SiO_2 prudko ochladí z roztaveného stavu, nevytvára kryštalickú štruktúru, ale tuhne ako amorfné sklo. Tento proces sa využíva napr. pri výrobe sódovkových fliaš, okenných tabúl, bóro–silikátového skla alebo sklenených vlákien.

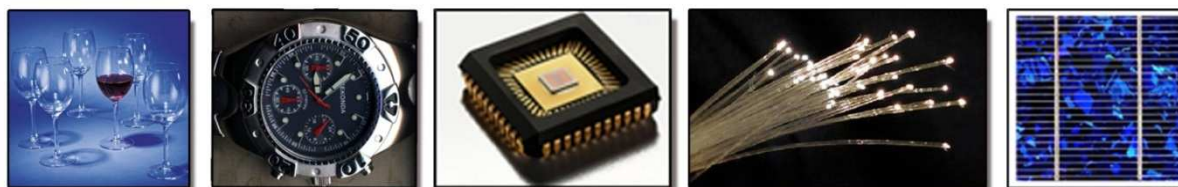
V súčasnosti má kremík obrovský význam v moderných technológiách. **Vláknová optika** má rozsiahle využitie v moderných komunikačných prostriedkoch a využíva kremičité sklo. Ohybné optické vlákno predstavuje vlnovod na prenos svetla na veľké vzdialenosti medzi dvomi koncami vlákna. Zväzky takýchto vlákien sa používajú tiež na osvetľovanie alebo ako vláknové lasery.

Kremík je tiež významnou surovinou v počítačovom priemysle, pretože kremíkové **polovodiče**, ktoré sa nachádzajú v každom **mikročipe**, sa vyrábajú z kremeňa. Monokryštály SiO_2 sa používajú ako súčasti **oscilátorov** v hodinách a mnohých ďalších elektronických zariadeniach. Technológia solárnych článkov sa tiež zakladá na kremíku z SiO_2 , pričom z čistého kryštalického kremíka sa režú a lešia tenké kremíkové plátky, ktoré predstavujú základnú časť **fotovoltaických článkov** solárnych panelov.

Kremík je tiež prirodzeným prvkom v biológii. Silifikácia (skremenenie) buniek sa uplatňovala v živom svete po miliónoch a miliardy rokov. Kremík je významným **biomateriálom**, ktorý sa vyskytuje v baktériách, jednobunkových organizmoch, rastlinách a živočíchoch. Napr. mikroorganizmy ako rozsievky potrebujú kremík na tvorbu ochranných stien bunky. V nanotechnológiách výskum kremíkových elementov ako sú **nanovektory** pre cieleňý prenos liečiva predstavuje skutočný prielom v modernej medicíne.

V nasledujúcich experimentoch budú družstvá EUSO 2013 riešiť rôzne úlohy, dotýkajúce sa prírodného i technologického kremíka.

- Úloha 1:** Určenie obsahu SiO_2 vo vode
- Úloha 2:** Rozsievky – život v kremičitej schránke
- Úloha 3:** SiO_2 v technológii solárnych článkov.



ÚLOHA 1: STANOVENIE SiO_2 VO VODE

Základné informácie

Kremík sa v prírode nevyskytuje v elementárnej forme, ale len vo forme voľného kryštalického oxidu kremičitého (kremeň, ametyst a pod.) alebo v mikrokryštalickej forme v rôznych kryštalických modifikáciách kremeňa. ale aj ako piesok a minerál pieskovec.

Pri analýze kremíka v kremičitanových horninách, v sedimentoch a vo vodách sa výsledky zvyčajne vzťahujú na oxid kremičitý (SiO_2). Takto sa priemerný výskyt oxidu kremičitého v rôznych horninách uvádza v rozmedzí 7 až 80 % a v povrchových a podzemných vodách dosahuje koncentrácia SiO_2 hodnoty 10 až 20 mg L⁻¹.

Pri spektrofotometrickom stanovení kremičitanov sa využíva fakt, že kremičitany a fosforečnany reagujú vo vodných roztokoch pri pH 1,3 s molybdenanom amónnym za vzniku heteropolykyselín. Na izolovanie kyseliny molybdenokremičitej sa do zmesi kyselín pridá kyselina vínna, ktorá rozloží kyselinu molybdenofosforečnú. Kyselina boritá sa zasa pridáva, aby maskovala prípadne prítomné fluoridy. Kyselina molybdenokremičitá má slabo žlté sfarbenie, ktorého intenzita sa s časom mení, čo nedáva predpoklady na spektrofotometrické stanovenie. Aby sa dosiahlo intenzívnejšie sfarbenie roztoku, kyselina molybdenokremičitá sa redukuje kyselinou askorbovou, pričom sa sfarbenie roztoku zmení na modré. Takto sa zvýši citlivosť metódy, čo umožňuje presné stanovenie koncentrácie SiO_2 vo vodovodných a minerálnych vodách.

Intenzita sfarbenia roztoku, ktorý sa získa týmto postupom, je priamo úmerná koncentrácii SiO_2 , ktorý je prítomný v roztoku, čo možno využiť pre jeho spektrofotometrické stanovenie s použitím filtra pri 800 nm.

Vo všeobecnosti je spektrofotometrické stanovenie umožnené tým, že zložky roztoku absorbujú časť svetla (žiarenia), ktoré na ne dopadá. Stupeň absorpcie je funkciou vlnovej dĺžky a koncentrácie absorbujúcich zložiek.

V danej oblasti vlnových dĺžok je priama úmernosť medzi absorbanciou a koncentráciou absorbujúcej vzorky. Tento vzťah vyjadruje Lambertov-Beerov zákon:

$$A = \varepsilon \cdot d \cdot c$$

kde A je absorbancia nameraná spektrofotometrom, ε je molový absorpčný koeficient charakteristický pre danú farebnú látku a d je hrúbka farebnej vrstvy, cez ktorú musí prejsť svetelný lúč (je to vlastne hrúbka kyvetu) a c je molová koncentrácia farebnej látky v roztoku. Pre danú kyvetu a analyzovanú látku platí:

$$A = K \cdot c \quad \text{alebo} \quad A = K' \cdot \gamma, \quad \text{kde } \gamma \text{ je hmotnostná koncentrácia vyjadrená v mg L}^{-1}$$

a K' je konštanta.

Spektrofotometer je v podstate prístroj, ktorý obsahuje lampu vysielajúcu žiarenie (svetlo) pri kontrolovanej vlnovej dĺžke. Toto svetlo prechádza kyvetou, v ktorej sa nachádza roztok látky, ktorého absorbanciu chceme zmerať. Časť svetla sa absorbuje, čo sa zaregistruje detektorom spektrofotometra.

Chemikálie a pomôcky

- Fixka, milimetrový papier, stopky
- Mikropipeta 100 μl nastaviteľná
- Micropipeta 1000 μL nastaviteľná
- Pipetové špičky (modré a žlté)
- 3 plastové pipety 5 mL a pipetovací násadec
- Eppendorfova fľaštička 2 mL
- Stojan na Eppendorfove skúmavky
- Plastické fľaštičky 15 mL (falkonky)
- Kyvety (plastické, makro) pre spektrofotometer
- Destilovaná voda
- Roztok obsahujúci kremík, ktorý sa použil na kalibráciu (1000 mg/L **Si**) označený "Si"
- Kyselina boritá (4 g v 100 mL) označená ako "Boric Acid"
- Molybdenan amónny (5 g v 100 mL H_2O) označený "Molybdate"
- Kyselina vínna (20 g v 100 mL) označená "Tartaric Acid"
- Kyselina askorbová (5 g v 100 mL) označená "Ascorbic Acid"
- Kyselina sírová (5 g (1,84 g/mL) v 100 mL) označená "Sulfuric Acid"
- 3 pripravené roztoky s neznámou koncentráciou SiO_2 označené "Unknown 1", "Unknown 2" a "Unknown 3"

Na hlavnom laboratórnom stole:

- Spektrofotometer s filtrom pri 800 nm

Opis úlohy

Aby ste mohli stanoviť koncentráciu SiO_2 v troch neznámych vzorkách, musíte najprv zmerať absorbanciu štandardných roztokov so známou koncentráciou. Na to si potrebujete pripraviť kalibračné roztoky, pomocou ktorých získate kalibračnú krivku. Kalibračné roztoky si pripravíte vhodným zriedením zásobného roztoku, obsahujúceho kremík s hmotnostnou koncentráciou 1000 mg L^{-1} . Pomocou kalibračnej krivky si môžete stanoviť koncentrácie SiO_2 v neznámych vzorkách.

ÚLOHA 1.1: Príprava kalibračných roztokov (8 bodov)

- Vypočítajte koncentráciu SiO_2 v mg L^{-1} v danom zásobnom roztoku. ☞ Odpoveďový hárok
- Pripravte 10 mL roztoku, ktorý získate 50-násobným zriedením zásobného roztoku. Vypočítajte objem zásobného roztoku, ktorý musíte pritom odmerať a vypočítaný objem zapíšete do odpoveďového hárka. Keďže sa musíte vyhnúť používaniu sklenenej odmernej banky, musíte použiť plastické pipety. Postupujte nasledovne: Odpipetujete 10 mL destilovanej vody do 15 mL fľaštičky (falkonky). Z týchto 10 ml vody

odoberte vhodnou pipetou taký objem, ktorý sa rovná vypočítanému objemu potrebného zásobného roztoku a odobranú vodu vylejte. Odobraný objem vody nahraďte rovnakým objemom zásobného roztoku. Takto získaný roztok označte ako štandardný roztok B.

- c) Pripravte kalibračné roztoky zo štandardného roztoku B. Najprv označte 2 mL plastové fľaštičky číslami 1 až 6. Fľaštička 1 (porovnávací roztok) bude obsahovať len odpovedajúce množstvo destilovanej vody a bude slúžiť ako roztok, pomocou ktorého si nastavíte spektrofotometer na nulovú absorbanciu.

Použitím mikropipety a vhodných špičiek pripravte roztoky vo fľaštičkách 2 až 6 použijúc vodu a roztok B podľa rozpisu uvedeného v tab. 1.1

Vypočítajte koncentrácie SiO_2 v jednotlivých roztokoch a doplňte do tabuľky v odpoved'ovom hárku. ⇨ Odpoveďový hárok.

- d) Označte 15 mL plastové fľaštičky číslicami 1 až 9. Fľaštičky 7, 8 a 9 budete používať pre neznáme vzorky:

Do každej fľaštičky pridajte nasledovné roztoky v uvedenom poradí.

- 0,5 mL kalibračného roztoku alebo neznámeho roztoku pomocou mikropipety
- 5 mL roztoku kyseliny boritej pomocou pipety
- 5 ml vody pomocou pipety
- 1,2 mL roztoku kyseliny sírovej pomocou mikropipety
- 0,4 ml roztoku molybdenanu pomocou mikropipety

Zatvorte každú fľaštičku, roztok dôkladne premiešajte a počkajte 5 minút.

Do každej fľaštičky pridajte pomocou mikropipety 0,4 mL roztoku kyseliny vínnej.

- e) Zatvorte každú fľaštičku, roztok dôkladne premiešajte a počkajte 5 minút.

Potom do každej fľaštičky pridajte pomocou mikropipety 0,4 mL roztoku kyseliny askorbovej

- f) Zatvorte každú fľaštičku, roztok dôkladne premiešajte a počkajte 5 minút.

	Roztok B (mL)	Voda (mL)
1	0	2
2	0,1	1,9
3	0,2	1,8
4	0,4	1,6
5	0,8	1,2
6	1,6	0,4

Tab. 1.1 : Kalibračné roztoky

ÚLOHA 1.2: Vynesenie kalibračnej krivky (16 bodov):

Keď vypršal vyžadovaný čas, označte plastové kyvety číslami 1 až 9. Pozor, neoznačujte kyvety na ich priehľadnú časť, ale vždy len na matnú nepriehľadnú časť.

Preneste teraz roztoky 1 až 9 do príslušných plastových kyviet (treba ich naplniť aspoň do troch štvrtín ich celkového objemu).

- g) Skontrolujte, či je spektrofotometer funkčný. (Spektrofotometer nastaví na začiatku dozor.)
- h) Vložte kyvetu do spektrofotometra tak, aby ste videli priehľadnú stranu, ktorou bude prechádzať svetelný lúč cez roztok v kyvete.
- i) Zatlačte tlačidlo "Zero" a na displeji prístroja sa objaví 0.000
- j) Postupne vkladajte kyvety do spektrofotometra a absorbanciu odmerajte tak, že zatlačíte tlačidlo "Result" ⇨ Odpoveďový hárok

- k) Na milimetrovom papieri vyneste graf závislosti absorbancie jednotlivých meraných roztokov od hmotnostnej koncentrácie SiO_2 v jednotlivých roztokoch.
- l) Vypočítajte smernicu získanej priamky a napíšte rovnicu získanej priamky. ☞
Odpoveďový hárok
- m) Určte koncentrácie SiO_2 v troch neznámych vzorkách, ktoré ste dostali pre tento pokus. Urobte tak graficky s využitím grafu, ale aj výpočtom. ☞ Odpoveďový hárok

Keď ste skončili experiment všetky roztoky z fľaštičiek a kyviet vylejte do odpadovej nádoby, ktorú máte k dispozícii.

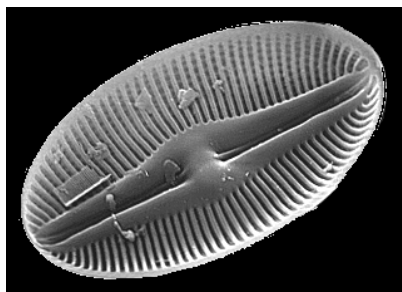
ÚLOHA 1.3: Posúdenie chýb (6 bodov)

☞ Odpoveďový hárok

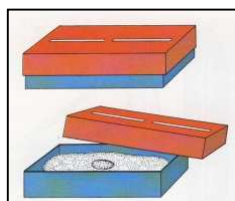
ÚLOHA 2: ROZSIEVKY, ŽIVOT V KREMIČITEJ SCHRÁNKE

Základné informácie o rozsievkach

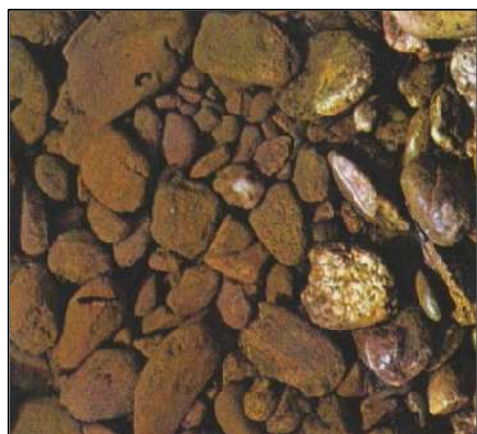
Rozsievky sú mikroskopické jednobunkové fotosyntetické **riasy** žijúce vo vode, moriach alebo v pôde. Rozsievky často vytvárajú hnedý, klzký povrch na ponorených kameňoch v riekach. Tieto organizmy si tvoria tvrdú, pórovitú bunkovú stenu, ktorú nazývame **schránka** (frustula). Je to štruktúra tvorená takmer výlučne amorfným kremičitanom a rôznymi organickými zlúčeninami. Rozsievky sú schopné syntetizovať túto biogénnu kremičitanovú bunkovú stenu v bunke pri nízkych teplotách polymerizáciou monomérov kyseliny kremičitej rozpustených vo vode.



Schránka sa zvyčajne skladá z dvoch častí, ktoré do seba zapadajú ako vrchnák na škatuľu. Obe majú mnoho pórov a štrbín, ktoré umožňujú výmenu materiálu s vonkajším prostredím.

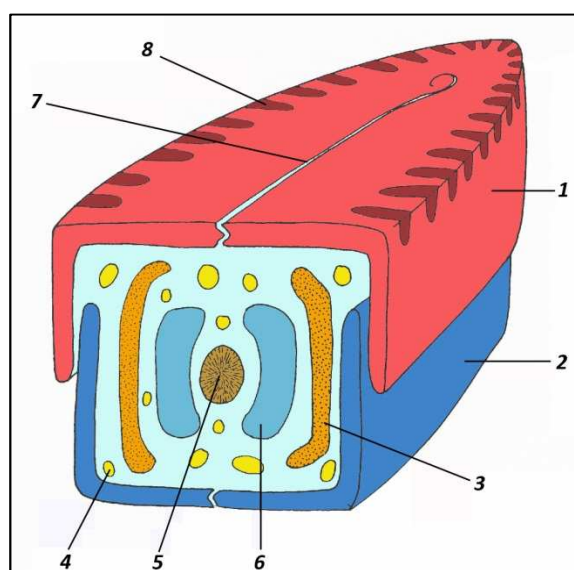


Rozsievky nežijú iba v sladkovodných vodách, ale môžeme ich nájsť aj v morskej vode. S odhadovaným príspevkom do 45 % z celkovej primárnej produkcie oceánov tvoria najčastejší typ fytoplanktónu. V oceáne sú samotné rozsievky zodpovedné za naviazanie približne 25% oxidu uhličitého (CO_2) a tak produkujú veľké množstvo kyslíka, ktorý dýchajú ľudia.



alebo pred obdobím skorej jury (-200 MA).

Spoločenstvá rozsievok sú obľúbeným nástrojom na monitorovanie podmienok prostredia (minulých aj súčasných) a často sa využívajú ako bioindikátory pri štúdiu kvality vody.



Obr. 2.1: Anatómia rozsievky: (1) horná časť schránky(epitéka), (2) spodná časť schránky (hypotéka), (3) hnedo sfarbené plasty s fukoxantínom, (4) olejové kvapôčky, (5) jadro, (6) vakuola, (7) štrbina alebo rafé, (8) žliabky.

Keď rozsievka odumrie, schránka zostáva. Rozsievkový íl, tiež známy ako diatomit (alebo kremelina) je kremičitá usadená hornina, ktorá je tvorená z fosilizovaných schránok rozsievok. Môže sa ľahko pomlieť na jemný biely prášok s veľkou priepustnosťou a absorbčnými vlastnosťami, ktoré umožňujú rôzne aplikácie v modernom priemysle. Fosílné dôkazy naznačujú, že diatomický íl začal vznikať počas

Opis úlohy

V prírode sa tisíce druhov rozsievok od seba líšia rôznou stavbou kremičitej schránky. Väčšina rozsievok sú jednobunkové, niektoré však môžu žiť v kolóniách.

Úloha 2.1 Určenie druhov rozsievok

Každý tím dostane dva preparáty so schránkami rozsievok z riek Syre a Gander z Luxemburgu. Preparáty boli pripravené pre vás, takže na každom z nich sú len rozsievky. Na určenie rozsievok budete potrebovať mikroskop so zväčšením až do 1000krát. Svoje pozorovanie začnite s objektívmi 10x



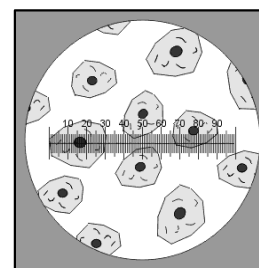
a potom 40x. Pre posledné zväčšenie 1000x musíte použiť imerzný olej. Budete musieť použiť kvapku imerzného oleja medzi preparát a objektív mikroskopu.

Joker: Ak neviete, ako urobiť pozorovanie s imerzným olejom, poprosťte asistenta v laboratóriu o Žolíka. Bude vás to ale stáť 3 body!

Keďže v Luxemburgu sa vyskytujú stovky rozličných druhov, špeciálne pre účastníkov EUSO bol pripravený zjednodušený kľúč na ich určovanie (pozri Prílohu). Na to, aby ste odlišili rôzne druhy budete musieť pozorovať **rozmery schránky** (dĺžka/šírka), **prítomnosť pozdĺžnej štrbiny** (rafé, viď obr. 2.1) a odlišiť **rozdiely v štruktúre povrchu schránok** (vrátane prítomnosti štrbín, ich vzoru a hustoty).

Cieľom tejto úlohy je presne pozorovať schránky prítomné v preparátoch a odlišiť rozdiely medzi nimi.

Dĺžku môžete stanoviť použitím okulárového meradla, ktoré je inštalované na jednom z vašich okulárov na mikroskope. Stupnica meradla má 100 malých dielikov (jednotiek). Okulárom s meradlom môžete točiť podľa smeru rozsievok, aby ste mohli odmerať ich schránku.



Stupnica meradla v okulári



Aby ste mohli určiť dĺžku každého dielika pri danom zväčšení bola stupnica meradla nakalibrovaná. Stupnicu máte k dispozícii na laboratórnom stole. Na určenie dĺžky meranej rozsievky musíte vynásobiť počet dielikov, ktorý rozsievka meria, so zodpovedajúcou dĺžkou dielika zistenou kalibráciou. (Pozri tiež prílohu 2)

Určite nasledovné druhy s použitím priloženého fotografického identifikačného kľúča a odmerajte priemernú dĺžku každého z nich. Musíte odmerať aspoň 5 schránok každého druhu a pozorovať obe sklíčka. (pozri Odpoveďový hárok)

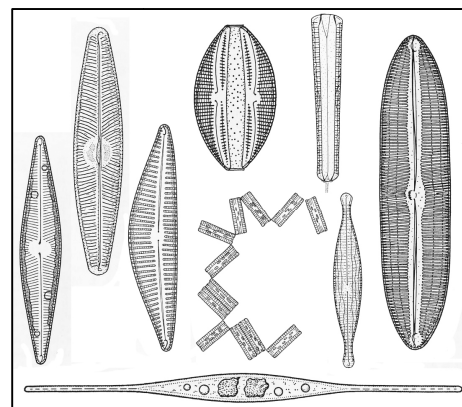
Navicula cryptotenella (NCTE*)

Amphora pediculus (APED)

Mayamaea perinitis (MPMI)

Nitzschia dissipata (NDIS)

(*) kód pre názov druhu



Úloha 2.2 Stanovenie kvality vody z Luxemburgu

Rozsievky sú veľmi citlivé na zmeny v prostredí a preto sa môžu použiť ako indikátory znečistenia vody. Rozsievky sa získavajú zoškrabaním z kameňov. Zo zoznamu rozsievok (tab. 1) sa môže vyrátať skóre indikátora znečistenia.

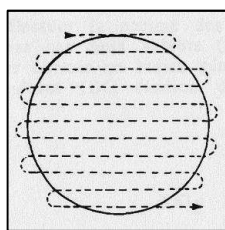
Index, ktorý sa v súčasnosti používa v celej Európe, je **IPS - Specific Polluosensitivity Index**. Tento index je založený na citlivosti rôznych druhov rozsievok na eutrofizáciu a organické znečistenie a na použití všetkých druhov rozsievok nájdených na mieste.

Na vypočítanie IPS berieme do úvahy **rozsah ekologickej tolerancie (V)** každého taxónu vo vzorke (stanovený od 1 do 3, kde 3 je taxón s úzkym rozsahom tolerancie), **citlivosť na znečistenie (S)** každého druhu rozsievok (stanovený od 1 do 5, kde 5 je najcitlivejší druh) a **množstvo (abundanciu) (A)**, teda počet schránok každého druhu prítomných vo vzorke (viď Tab. 1 na konci tejto úlohy).

Množstvo - abundanciu stanovíme spočítaním rôznych druhov prítomných v každej vzorke.

Ekologická tolerancia a citlivosť každého druhu je daná v Tab. 1.

Vedci (z Public Research Center - Gabriel Lippmann v Luxemburgu) odobrali vzorky vody a teraz je na vás, aby ste ich mikroskopicky vyšetrili a aby ste zistili, koľko rôznych druhov rozsievok sa v nich nachádza.



Najskôr musíte určiť rôzne druhy prítomné pri zväčšení 1000x. Potom musíte zrátať počet schránok každého druhu (abundancia A) a zapísať ho do odpoveďového hárku. Aby ste sa vyhli počítaniu niektorých schránok dvojmo, musíte si vybrať reprezentatívnu oblasť vzorky a urobiť počítanie tak, ako je to naznačené na obrázku. Odporúčame vám najskôr zrátať veľmi malé druhy! Aby ste získali štatisticky preukázny PSI index, musíte dohromady spočítať minimálne 200 jedincov na každom sklíčku.

S týmito údajmi môžete vyrátať IPS index a stanoviť ho od 1 do 5 pomocou vzorca:

$$\text{IPS (do 5)} = \frac{\boxed{} S \times V \times A}{\boxed{} V \times A}$$

IPS (do 5) sa prepočíta na **konečnú hodnotu IPS**, ktorá je medzi 1 (zlá ekologická kvalita) až 20 (vysoká ekologická kvalita). Ľahko sa dá získať pomocou transformačného vzorca:

$$\text{IPS (do 20)} = (\text{IPS (do 5)} \times 4.75) - 3.75$$

Teraz môžete stanoviť stupeň biologickej kvality vody oboch riek (Syre a Gander) s použitím nasledujúcej tolerančnej tabuľky: ☞ pozri Odpoveďový hárak

IPS	17≤IPS<20	13≤IPS<17	9≤IPS<13	5≤IPS<9	1≤IPS<5
Tryedy biologickej kvality	A = veľmi dobrá	B = dobrá	C = tolerovateľná	D = zlá	E = veľmi zlá

Úloha 2A: Rozsievky a technológia (1 bod)

Alfred Bernard Nobel (1833-1896) bol známym švédskym chemikom, inžinierom a vynálezcom. Zariadil, aby po jeho smrti vznikol inštitút Nobelových cien.

Na jeho najznámejší vynález použil rozsievkový íl (fosílne zvyšky rozsievok) – kremičitú usadenú horninu. Ktorý z nasledujúcich objavov ho urobil slávnym a bohatým? ☞ pozri Odpoveďový hárok

Tabuľka 1: Referenčná tabuľka citlivosti voči znečisteniu (S) a rozsahu ekologickej tolerance (V) rozsievok zobrazených v identifikačnom kľúči.

Druh rozsievok	Kód	S	V
<i>Achnanthidium saprophilum</i>	ADSA	3	1
<i>Amphora pediculus</i>	APED	4	1
<i>Caloneis lancettula</i>	CLCT	5	1
<i>Diatoma moniliformis</i>	DMON	4	2
<i>Diatoma vulgaris</i>	DVUL	4	1
<i>Eolimna minima</i>	EOMI	2.2	1
<i>Eolimna subminuscula</i>	ESBM	2	1
<i>Gomphonema olivaceum</i>	GOLI	4.6	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	2	1
<i>Mayamaea permitis</i>	MPMI	2.3	1
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCTE	4	1
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	3.4	1
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	3.8	1
<i>Navicula tripunctata</i>	NTPT	4.4	2
<i>Nitzschia dissipata</i>	NDIS	4	3
<i>Nitzschia sociabilis</i>	NSOC	3	3
<i>Nitzschia soratensis</i>	NSTS	1	3
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	4	1
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN	3	1
Druh, ktorý sa nenachádza v kľúči	ZZZZ	0	0

Úloha 3: SiO₂ v technológii solárnych článkov

Základné informácie o solárnom článku

Fotovoltaický článok alebo solárny článok predstavuje základný element solárnych panelov, ktoré sa umiestňujú na strechách (obr. 3.1). Majú ocelovo–modrý alebo čierny vzhľad s typickým obsahom 100 cm². Tenké strieborné pásiky viditeľné na povrchu (obr. 3.2) predstavujú mriežku elektrických kontaktov. Povrch je pokrytý antireflexnou vrstvou. Tenká povrchová sklenená vrstva slúži k ochrane povrchu.



Obr 3.1: Solárny panel na streche



Obr. 3.2: Solárny článok so sieťou kontaktov

Pri osvetlení solárny článok transformuje energiu žiarenia na elektrickú

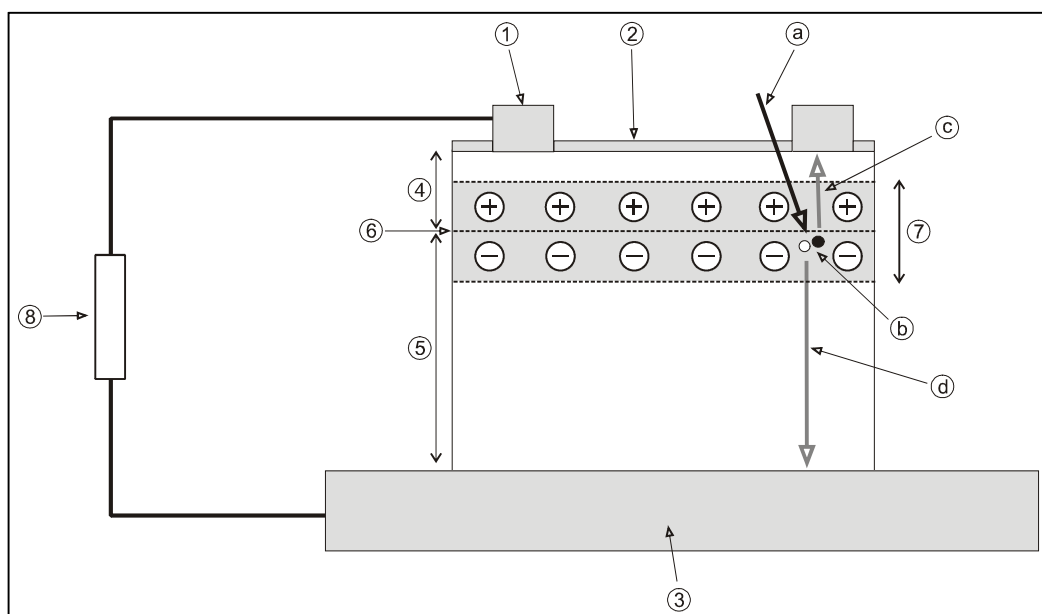
Solárny článok pozostáva z dvoch vrstiev opačne dopovaného kremíka: na obr. 3.3 je horná vrstva polovodič typu–n a spodná vrstva polovodič typu–p. Obidve vrstvy obsahujú malé množstvo typických dopujúcich (prímesových) atómov.

Polovodič typu–n obsahuje atómy prímesí, ktoré majú jeden alebo viac nadbytočných elektrónov, okrem tých, ktoré sú potrebné na nasýtenie väzby na okolité atómy Si v kryštálovej mriežke. Tieto takzvané nadbytočné elektróny sa správajú ako voľne pohyblivé elektróny v kove a môžu sprostredkovať vedenie prúdu. Zvyšky prímesových atómov tak zostávajú v mriežke ako kladne nabité ióny.

Polovodič typu–p obsahuje prímesové atómy s menším počtom elektrónov ako je počet potrebný na nasýtenie väzieb na okolité atómy Si v mriežke. Tieto chýbajúce elektróny sa nazývajú diery. Diery môžu zachytiť elektróny zo susedných Si atómov a diera sa tak môže premiestňovať a správa sa ako pohyblivá častica s kladným nábojom. Podobne ako elektróny v polovodiči typu–n môžu diery v polovodiči typu–p sprostredkovať vedenie prúdu. Atómy prímesi so zaplnenou dierou sa stávajú záporne nabitým iónom.

Keď sa privedie vrstva polovodiča typu–n do kontaktu s vrstvou polovodiča typu–p, vzniká pn–priechod. Elektróny polovodiča–n z blízkosti priechodu rekombinujú s dierami v polovodiči–p na opačnej strane priechodu a vzniká vyprázdnená oblasť (bez voľných nosičov náboja) s charakteristickým rozložením náboja vytvoreného iónmi prímesových atómov, obr. 3.3. Tento náboj vytvorí na vyprázdnenej vrstve priechodu elektrické napätie.

Ako predpokladá obr. 3.3, horná vrstva solárneho článku je typu-n a je vystavená svetlu. Ide o veľmi tenkú vrstvu ($0,5 - 1,0 \mu\text{m}$), ktorá umožňuje svetlu preniknúť do vyprázdnenej oblasti priechodu. Spodná vrstva typu-p má hrúbku 300 až $500 \mu\text{m}$.



Obr 3.3: Štruktúra solárneho článku:

(1) mriežka kontaktov, (2) anti-reflexná vrstva, (3) základný kontakt, (4) polovodič typu-n, (5) polovodič typu-p, (6) pn-priechod, (7) vyprázdnená oblasť, (8) rezistor-pripojená záťaž;

Funkcia solárneho článku:

(a) dopadajúci fotón, (b) fotónom vyvolaný vznik páru elektrón-diera,
(c) smer pohybu elektrónu, (d) smer pohybu diery.

Svetlo dopadajúce na solárny článok (=tok fotónov) prechádza tenkou vrstvou-n a dochádza k ich absorpcii vo vyprázdnenej vrstve. Energia absorbovaného fotónu spôsobí vznik páru elektrón-diera vo vyprázdnenej vrstve, alebo spôsobí zohrievanie článku. Vznik párov nastáva s určitou pravdepodobnosťou označovanou ako kvantový zisk. V materiáli solárneho článku s vysokým kvantovým ziskom spôsobí veľká časť dopadajúcich fotónov vznik párov elektrón-diera.

Napätie na vyprázdnenej vrstve spôsobí pohyb elektrónov do hornej vrstvy, kde sa zachytávajú mriežkou kontaktov, a dier do dolnej vrstvy k základnému kontaktu. Ak je k článku pripojená záťaž s odporom R (obr. 3.3), prechádzajú elektróny cez záťaž do bazového kontaktu, kde rekombinujú s dierami. Vzniká tak v záťaži elektrický prúd.

Úloha 3A

Solárna účinnosť η solárneho článku je definovaná: $\eta = \frac{\text{Výkon dodaný do záťaže}}{\text{Výkon dopadajúceho svetla}}$. (vzťah 1)

Ktoré z nasledujúcich faktorov znižujú solárnu účinnosť článku osvetleného veľkým počtom N fotónov za sekundu, ak má každý dostatočnú energiu na vytvorenie páru elektrón–diera?

- Zníženie N
- Zväčšovanie plochy mriežky kontaktov
- Časť dopadajúceho svetla sa odráža
- Voľba materiálu s nižším kvantovým ziskom
- Zvýšenie energie jednotlivých fotónov (predp. že kvantový zisk sa nemení)
- Zväčšovanie znečistenia povrchu sklenenej vrstvy
- Hrubšia vrstva polovodiča typu–n
- Hrubšia vrstva polovodiča typu–p
- Voľba veľmi veľkého odporu záťaže
- Voľba veľmi malého odporu záťaže

☞ Odpovede zapíšte do odpovedového hárku.

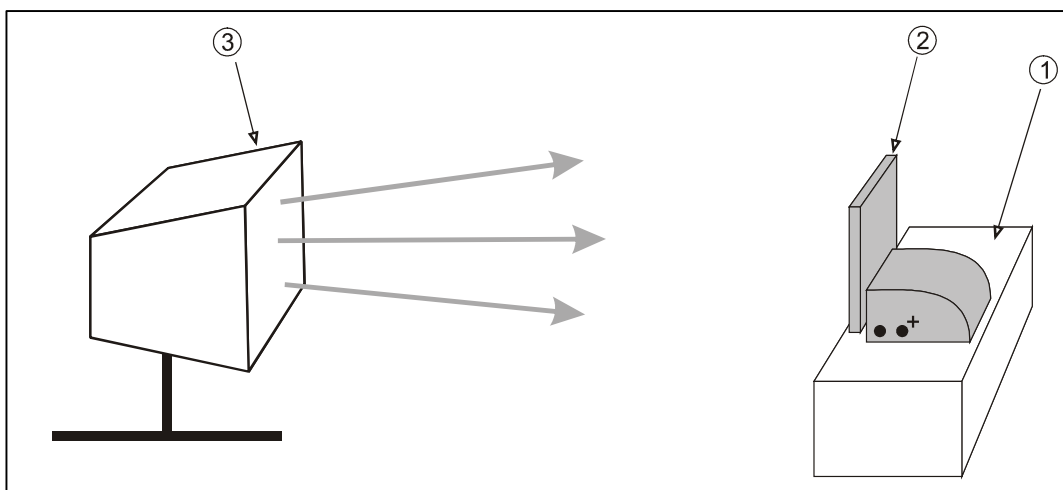
Opis úloh

Vaše úlohy sú nasledovné:

- na osvetlenom článku zmerajte napätie U_{0c} naprázdno na článku a prúd I_{sc} nakrátko prechádzajúci článkom
- určte závislosť *prúd–napätie* a *výkon–napätie* solárneho článku
- vyšetrite dvojicu článkov zapojených so série a paralelne
- nakoniec určte, ako spojiť viacero článkov, aby sa vytvorila zostava článkov s daným výkonom a napätím

Zariadenie a pomôcky

- Zdroj svetla (halogénová lampa 120 W/230 V)
- 2 solárne články
- 2 multimetre
- Drevený blok
- Skrinka s potenciometrami, obsahujúca sériové spojenie troch potenciometrov (100 Ω , 10 Ω , 5 Ω); pomocou nej možno meniť odpor v rozsahu 0 až 115 Ω
- 7 spojovacích vodičov
- Pravítko
- 2 hárky milimetrového papiera



Obr. 3.4: Experimentálne usporiadanie: (1) drevený blok, (2) solárny článok, (3) zdroj svetla

Usporiadanie merania je na obr. 3.4. Vzdialenosť medzi lampou a článkom by mala byť udržiavaná približne 35 cm v úlohe 3.1 a 50 cm v úlohe 3.3. Solárny článok by mal byť čo najlepšie osvetlený.

Pozor! Čierny kryt lampy je veľmi horúci

Úloha 3.1 Meranie napätia U_{0c} naprázdno a prúdu I_{sc} nakrátko

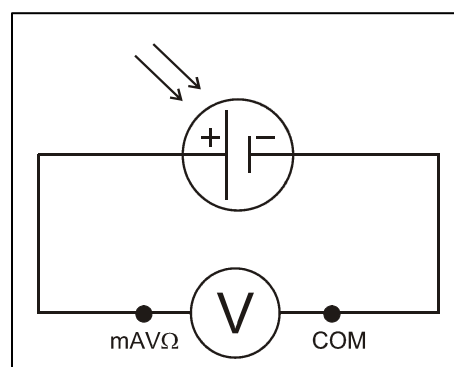
Vzdialenosť medzi lampou a článkom má byť približne 35 cm.

Na meranie napätia naprázdno na osvetlenom článku zapojte multimeter podľa obr. 3.5,

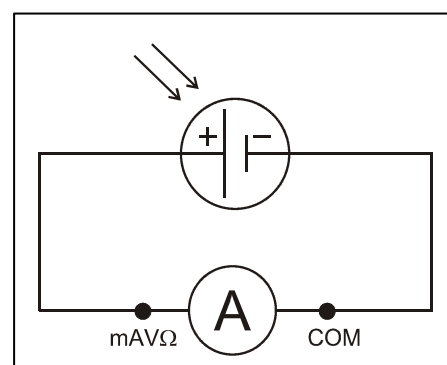
- Najprv zapíšte číslo zdroja svetla a číslo článku (uvedené na zadnej strane) do odpovedového hárku
- Otočte prepínač rozsahu do polohy 2 V (V=)
- Zapnite lampu a zmerajte napätie U_{0c}
- Hodnotu zapíšte do odpovedového hárku
- Nechajte lampu zapnutú

Na meranie prúdu nakrátko, ktorý prechádza cez osvetlený článok, použite zapojenie podľa obr. 3.6. (Pozn.: Nejde o dokonalý spoj nakrátko vzhľadom na malý odpor ampérmetra)

- Prepnete prepínač rozsahu do polohy 200 mA (A=)
- Zmerajte prúd I_{sc}
- Výsledok zaznamenajte do odpovedového hárku



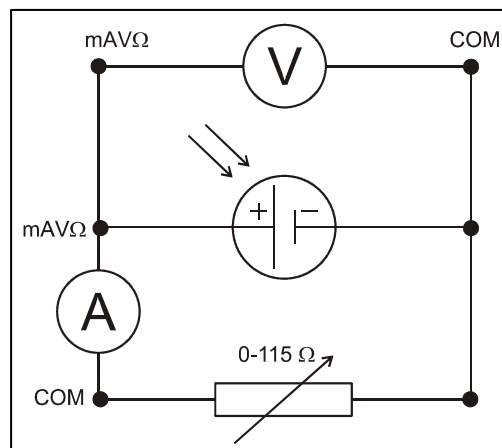
Obr. 3.5: Meranie napätia naprázdno



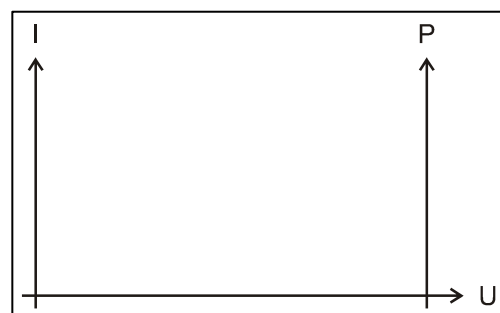
Obr 3.6: Meranie prúdu nakrátko

Úloha 3.2: Charakteristiky prúd–napätie a výkon–napätie

- Nechajte solárny článok na pôvodnom mieste (pribl. **35 cm** od lampy) a zapojte obvod podľa obr. 3.7. Použite skrinku s potenciometrami ako záťaž.
- Meňte odpor záťaže za účelom zmeny prúdu záťažou (zmena jemným otáčaním potenciometrov).
- Zmerajte prúd I a napätie U pre rôzne hodnoty odporu záťaže.
- Zaznamenajte hodnoty prúdu I a napätia U do tabuľky v odpoved'ovom hárku.
- Zostrojte graf závislosti prúdu od napätia podľa obr. 3.8.
- Vypočítajte elektrický výkon $P = UI$, hodnoty zapíšte do tabuľky v odpoved'ovom hárku.
- Zostrojte graf závislosti výkonu P od napätia U do toho istého grafu, obr. 3.8.



Obr 3.7: Zapojenie obvodu s premenným odporom záťaže (skrinka s potenciometrami) a multimetrami



Obr 3.8: I/U/P charakteristiky

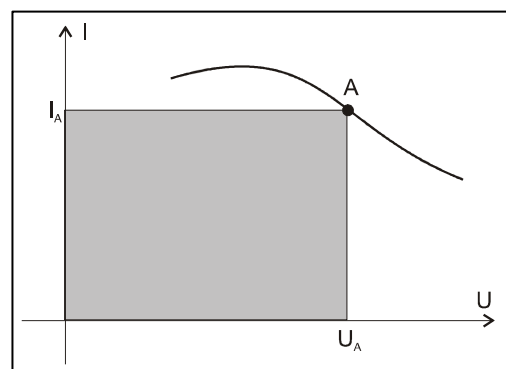
Ak je na článku napätie U_A a prúd I_A , zodpovedajúci bod A na $I-U$ grafe sa nazýva *pracovný bod* (obr. 3.9)

Obdĺžnik daný hodnotami U_A a I_A sa nazýva *výkonový obdĺžnik*. Obsah obdĺžnika k danému pracovnému bodu A, $U_A \cdot I_A$, číselne zodpovedá výkonu dodávaného článkom v tomto pracovnom bode A.

Solárny článok má pracovať v bode maximálneho výkonu s hodnotami U_m , I_m v grafe $I-U$.

Označte bod maximálneho výkonu vo vašom grafe a zostrojte príslušný výkonový obdĺžnik.

Zapíšte hodnoty U_m , I_m a P_m do odpoved'ového hárku.



Obr 3.9: Výkonový obdĺžnik pre určenie bodu A

Úloha 3B

Účinnosť vášho solárneho článku (pozri vzťah (1)) je pri maximálnom výkone približne 8 %. Aký je výkon dopadajúceho svetla na jednotku plochy povrchu vo vašom experimente?

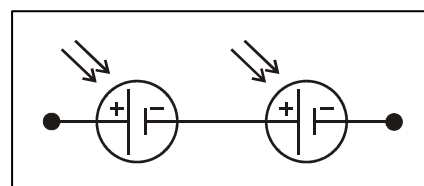
☞ Odpoveď zapíšte do odpovedového hárku.

Úloha 3.3 Spájanie solárnych článkov

V solárnych paneloch sú jednotlivé články spájané sériovo alebo paralelne. Pri tejto úlohe použijete zapojenie podľa obr. 3.7 pre jednotlivý článok alebo dvojicu článkov.

Sériové zapojenie (obr. 3.10)

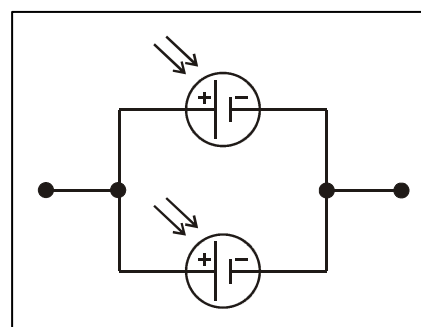
- Postavte dvojicu článkov pred lampu do vzdialenosti približne **50 cm** tak, aby boli články optimálne osvetlené.
- Zmerajte napätie na každom z článkov jednotlivo pri rovnakom prúde 40 mA,
- Potom spojte články do série a zmerajte napätie na dvojici pri prúde 40 mA.
- Do odpovedového hárku zaznamenajte čísla článkov a hodnoty nameraných napätí.



Obr. 3.10: Sériové spojenie článkov

Paralelné zapojenie (obr. 3.11)

- Nechajte články pred lampou vo vzdialenosti približne 50 cm.
- Zmerajte pre jednotlivé články prúd pri napätí na článkoch 0,40 V.
- Spojte články paralelne a zmerajte prúd dvojice článkov pri napätí 0,40 V.
- Do odpovedového hárku zaznamenajte čísla článkov a namerané hodnoty prúdov.



Obr 3.11: Paralelné spojenie článkov

Úloha 3C

Uvažujte solárny článok s maximálnym výkonom pri napätí $U_m = 0,4 \text{ V}$ a prúde $I_m = 0,125 \text{ A}$. Pomocou určitého počtu článkov môžete zostaviť solárny panel, ktorý (v bode maximálneho výkonu) dodáva elektrický výkon 15 W pri napätí 12 V.

Aby ste dosiahli tieto hodnoty, treba články skombinovať do výslednej konfigurácie vhodným sériovým a paralelným spájaním.

- Koľko článkov treba najprv pospájať do série?
- Koľko týchto sériových reťazcov treba potom spojiť paralelne?

☞ Výsledky zapíšte do odpovedového hárku.