



Biofotonika - Praktické cvičenia

Vysokoškolské skriptá

Marček Chorvátová Alžbeta

Trnava, 2021

UNIVERZITA SV. CYRILA A METODA V TRNAVE

FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED



BIOFOTONIKA

PRAKTICKÉ CVIČENIA

Alžbeta Marček Chorvátová

vysokoškolské skriptá

Trnava, 2021

Autorka: Prof. Mgr. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc.

Recenzenti:

Mgr. Martin Valica, PhD.

(Katedra ekochémie a rádioekológie, Fakulta prírodných vied, UCM v Trnave),

RNDr. Michal Cagalinec, Ph.D.

(Ústav experimentálnej endokrinológie, Biomedicínske Centrum SAV, Bratislava)

© Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave

© Prof Mgr. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc.

Vysokoškolské skriptá boli schválené Edičnou radou UCM a vedením Fakulty prírodných vied UCM v Trnave.

Vydavateľ: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, 2021
Fakulta prírodných vied

Vydanie: prvé

ISBN 978-80-572-0113-7

Pod'akovanie

Táto publikácia bola vytvorená s podporou grantu KEGA 005UCM-4/2018. Autorka d'akuje za poskytnutie povolenia k publikovaniu obrázkov z Photonics4All Apps, ktorých autormi sú študenti z Institut d'Optique Graduate School ParisTech, Francúzsko (obrázky označené ako zdroj P4All). Autorka tiež d'akuje Doc. Húšťavovi za pomoc pri vypracovaní úloh v sekcii „Základy elektromagnetizmu a základy optiky“.

Obsah

Zoznam použitých aparátúr	7
Základy elektromagnetizmu	9
Ohmov zákon, určovanie rezistancie.....	10
Zostavenie elektrického obvodu so zdrojom žiarenia	13
Elektrický obvod modelu plazmatickej membrány excitovateľných buniek	16
Elektrochemický článok, batéria	20
Meranie indukcie magnetického poľa	23
Základy optiky	26
Harmonický oscilátor: kmity a vlny	27
Meranie vlnenia vibračným generátorom	30
Vytváranie Chladniho obrazcov	33
Určovanie mriežkovej konštanty pomocou lasera.....	37
Zdroje svetla.....	40
Meranie voltampérových charakteristík diód	41
Vyžarovanie svetla rôznymi svetelnými zdrojmi	44
Meranie spektrálnych vlastností rôznych druhov laserov	47
Fotovoltaický článok ako zdroj elektrického prúdu a napätia	50
Využitie slnečnej energie v solárnych paneloch	53
Interakcia svetla s hmotou	57
Absorbancia svetla.....	58
Interferencia, difrakcia a holografia.....	61
Polarizácia svetla	65
Zmena farebnosti roztoku červenej kapusty s pH	69
Zmena absorbancie pri rôznom pH.....	73
Meranie hustoty a viskozity kvapalín	77
Určenie cukornatosti optickými metódami	82
Biofotonické metódy	87

Fotografia	88
Mikroskopia	91
Spektroskopia: vytvor si vlastný spektrometer	95
Časovo-rozlíšená emisia fluorescence	98
Živé systémy a svetlo.....	101
Endogénna fluorescence chlorofylu	102
Exogénna fluorescence farbičiek a sond.....	105
Meranie teploty pomocou infračervenej kamery.....	108
Zobrazovanie šošovkami	112
Bezpečnosť práce	116
Doplňková literatúra.....	119

Zoznam použitých aparátúr

Zariadenia:

Biologický mikroskop, neinvertovaný, model BM2000, Kvant, zväčšenia 4x, 10x, 40x, 100X

Digitálna kamera C-B3, Optika, Optical Microscopes, Italy

Digitálny fotoaparát Canon EOS

Digitálny multimeter Alcron DT-92

Digitálna váha Pioneer, model PX124M, Ohaus Corporation

Elektrický set NTLO P9901-4M ŽEM / ŽES ELEKTRONIKA

FLIM setup, PMC-100-20, Becker and Hickl, Germany

Generátor Chladniho obrazcov Vibra AS, Kvant

Generátor vibrácií (generátor vlnenia), max 1A, PHYWE, Belgium

Infračervená kamera FLIR C2, Flir Systems, Sweden

Infračervený teplomer, UniversalTemp, Bosch, Germany

Lineárny merač magnetickej indukcie LMM-1

Prototyp modelu elektrického obvodu bunkovej membrány, FPV UCM

Refraktometer Brix, Univerzálny 0-50° Bx, na meranie cukornatosti

Slovenský normalizovaný muštomer (° NM) na meranie cukornatosti (hustoty), udáva počet kg cukru na 100 l muštu

Spektroskop, papierový, Kvant

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics

Súprava meracích elektród (pH, kyslíková, konduktometrická),

Handylab 680 FK, SI Analytics, Germany

Optické súpravy:

Laser Optical Set LOS1, Kvant

Light Blox, Light2015, SPIE

Photonics Explorer a Photonics Innovator kit, Photonics for all, VUB B-Photonics, Belgium

Optics demonstration set. modelová sústava, rôzne modely (oko, fotoaparát a pod.), Kvant

Univerzálna optická súprava 01-00176 (včetně polarizátorov), Kvant

Zdroje svetla a elektriny:

Lasery malé diódové (BSDL1-405nm, GSDL1-520nm, SDL1-635nm), Kvant

Lasery didaktické (modrý 450, zelený 532, červený 635nm), SPIE, USA

Laser pikosekundový BDL-633, Becker and Hickl, Germany

Laser Ray Box, 635nm, Kvant

LED FX zdroj svetla, ShowTec

Prototyp SPM-4, spektrálny zdroj svetla, Kvant
Pupil power supply, NTLO, rôzne
Zdroj UV svetla, beam Z, Beamlight,
Zdroje viditeľného svetla, rôzne

Softvéry:

Spectra Suite 2008, Ocean Optics
SPCM64 version 9.84 a SPCImage 8.3, Becker and Hickl, Germany
FLIR Tools, version 5.13.18031.2002 Flir Systems
Optika Proview x64, 3.7.
Chladni generátor, v.1.2, Vibra AS, 2014, Kvant

Základy elektromagnetizmu

Ohmov zákon, určovanie rezistancie

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Prúd má tendenciu pohybovať sa cez vodiče s určitým stupňom trenia alebo odporu voči pohybu. Táto veličina sa nazýva **odpor**, alebo rezistencia (R). Rovnako ako napätie, aj odpor predstavuje veličinu medzi dvoma bodmi. Z tohto dôvodu sú množstvá napätia a odporu často uvádzané ako „medzi“ alebo „naprieč“ dvoma bodmi v obvode.

Ohmovým hlavným objavom bolo to, že veľkosť elektrického prúdu pretekajúceho cez kovový vodič v obvode je priamo úmerné napätiu a nepriamo úmerné odporu. Ohmov zákon postuluje, že množstvo prúdu v obvode je tým väčšie, čím je väčšie množstvo napätia a čím je menšie množstvo odporu v obvode, ktorý má pôsobiť proti prúdu.

$$I = \frac{V}{R} \text{ alebo } V = I \times R$$

kde I je prúd, V napätie a R odpor

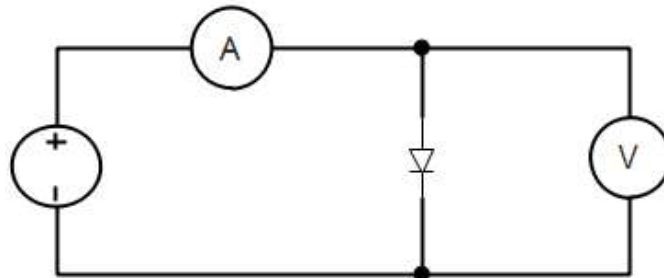
Prvý a pravdepodobne najdôležitejší vzťah medzi prúdom, napätím a odporom sa nazýva **Ohmov zákon**. Objavil ho Georg Simon Ohm a publikoval vo svojom článku z roku 1827 „The Galvanic Circuit Investigated Mathematically“.

Nepretržitý pohyb elektrického náboja cez vodiče obvodu sa nazýva **prúd** („ionic current“ I), rovnako ako prúd kvapaliny cez potrubie. Sila motivujúca nosiče náboja, aby „prúdili“ v obvode, sa nazýva **napätie** („voltage“ V). Napätie je miera potenciálnej energie, ktorá je vždy relatívna medzi dvoma bodmi. Keď hovoríme o určitom napätí v obvode, máme na mysli meranie toho, koľko potenciálnej energie existuje na presun nosičov náboja z jedného konkrétneho bodu v tomto obvode do iného konkrétneho bodu. Bez odkazu na dva konkrétne body nemá pojem „napätie“ význam.

Použitá aparátúra

Elektrický set NTLO P9901-4M ŽEM / ŽES ELEKTRONIKA
Digitálny multimeter Alcron DT-92

Úlohy a pracovný list



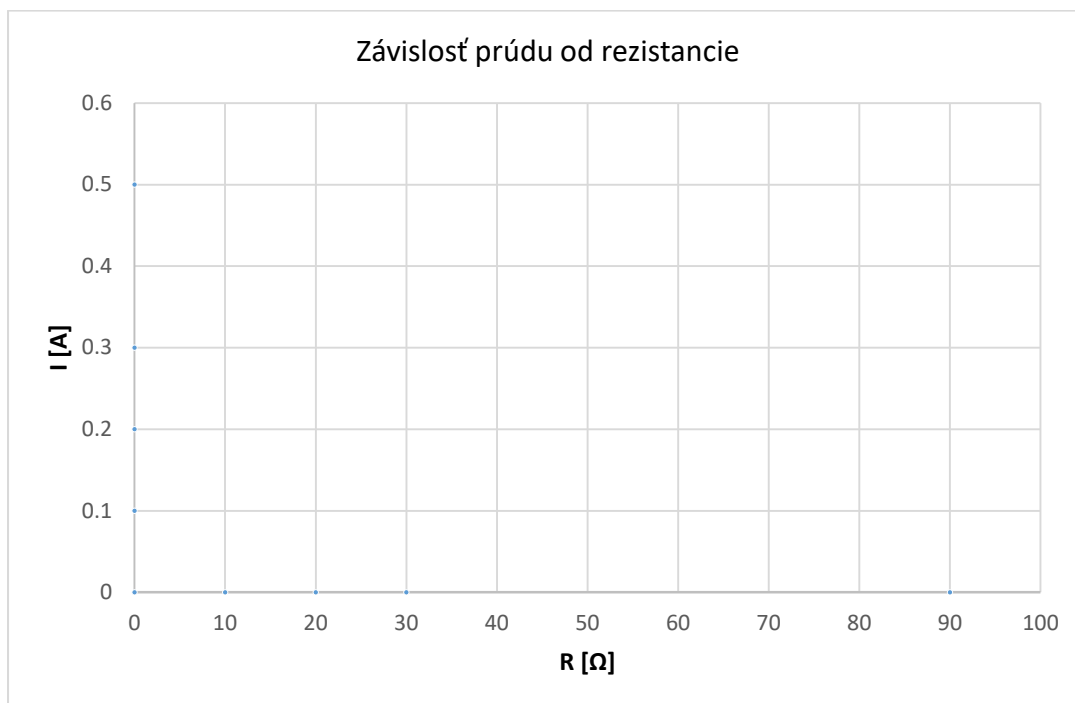
Obr. 1. Schéma zapojenia elektrického obvodu.

1. Zostavte elektrický obvod podľa Obr. 1, ale s 5-timi paralelne zapojenými rezistorami. Zdroj napätia zapojí učiteľ.
2. Namerajte pomocou digitálneho multimetra prúd pretekajúci cez päť rezistorov elektrického obvodu pri napätí 10V. Z nameraných dát vypočítajte hodnoty rezistancií.
3. Určte rezistanciu tých istých rezistorov pomocou multimetra, zapíšte do tabuľky a porovnajte získané hodnoty.
4. Do grafu zakreslite závislosť prúdu od nameraného vs. vypočítaného odporu.

Namerané hodnoty:

Tabuľka pre meranie rezistorov.

Číslo rezistoru	U [V]	I [A]	$R = U / I$ [Ω]	R multimeter [Ω]
1	10			
2	10			
3	10			
4	10			
5	10			



Graf závislosť prúdu od rezistancie pri konštantom napätí.

Otázky

Kde sa stretávame s Ohmovým zákonom v bežnom živote?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Zostavenie elektrického obvodu so zdrojom žiarenia

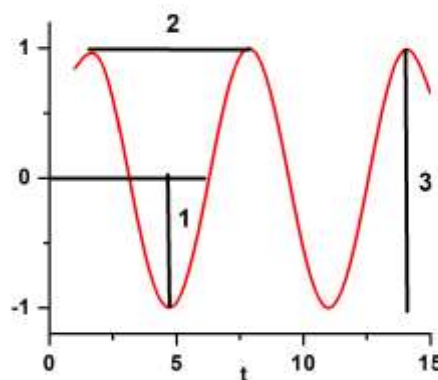
Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Žiarovka je druh elektrického svetelného zdroja, v ktorom sa svetlo vytvára rozžeravením odporovej špirály vo vákuu, alebo inertnom plyne pomocou elektrického prúdu. Svetivosť žiarovky je skúmaná fotorezistorom, ktorého odpor sa mení v závislosti od intenzity osvetlenia svetlocitlivej plochy fotorezistora. Svetivosť žiarovky pozorujeme zmenou odporu fotorezistora, pripojeným multimetrom nastaveným na meranie odporov.

Svetlo - svetelné žiarenie, možno považovať za svetelné vlnenie (Obr. 2), a ako časť elektromagnetického spektra. Viditeľné svetlo je elektromagnetické žiarenie, ktoré je vďaka svojej vlnovej dĺžke viditeľné ľudským okom, (žiarenie s vlnovou dĺžkou od 380 nm do 780 nm). Tak ako pre elektromagnetické žiarenie vo všeobecnosti, má aj viditeľné svetlo vlastnosti vlnenia aj vlastnosti častice.



Obr. 2. Vlastnosti vlnenia. 1 = Amplitúda U ; 2 = perióda (dĺžka vlny); 3 = Peak-to-peak $2U$.

Základnou fotometrickou jednotkou v sústave SI je jednotka svietivosti **kandela**. Jej definícia sa v priebehu rokov menila. Podľa definície schválenej 1979 na 16. zasadnutí Generálnej konferencie pre váhy a miery predstavuje svietivosť zdroja monochromatického žiarenia s frekvenciou $540 \cdot 10^{12}$ hertzov (Hz), ktorý v danom smere má žiarivosť 1/683 wattov na steradián (W/sr)

Pre šírenie svetla platí vzťah:

$$c = f \cdot \lambda$$

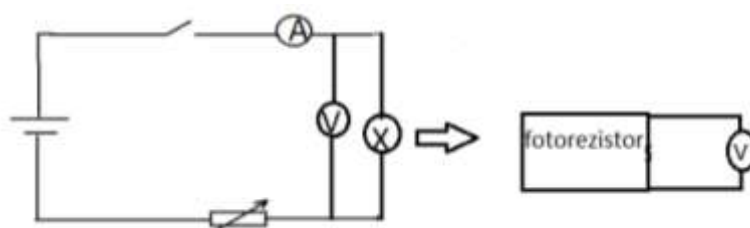
pričom c je rýchlosť svetla vo vákuu, f je frekvencia svetla (elektromag. žiarenia), a λ jeho vlnová dĺžka.

Použitá aparatúra

Elektrický set NTLO P9901-4M ŽEM / ŽES ELEKTRONIKA
Digitálny multimeter Alcron DT-92

Úlohy a pracovný list

1. Zostavte elektrický obvod podľa priloženej schémy (Obr. 3). Dbajte na polaritu napätia. Žiarovka je zapojená do tohto obvodu sériovo. Obvod so zdrojom napätia a s vypínačom napája žiarovku s určitou svietivosťou.
2. Svietivosť žiarovky meňte pomocou napájacieho napätia a meniteľným sériovo zapojeným rezistorom. Ampérmetrom zmerajte prúd pretekajúci žiarovkou a cez celý obvod. Napätie na žiarovke odmerajte voltmetrom.
3. Prúd aj napätie v obvode meňte sériovo-zapojeným potenciometrom (trimerom) a súčasne pozorujte zmenu svietivosti žiarovky. Svietivosť žiarovky sa mení v závislosti od veľkosti pretekajúceho prúdu cez ňu.
4. Napätie na žiarovke nastavujte od 4 V do 12 V postupne po 1 V.
5. Namerané údaje zapíšte do tabuliek. Z Ohmovho zákona vypočítajte výsledný odpor sériovo zapojenej žiarovky.
6. Zakreslite graficky voltampérovú charakteristiku sériovo zapojenej žiarovky.

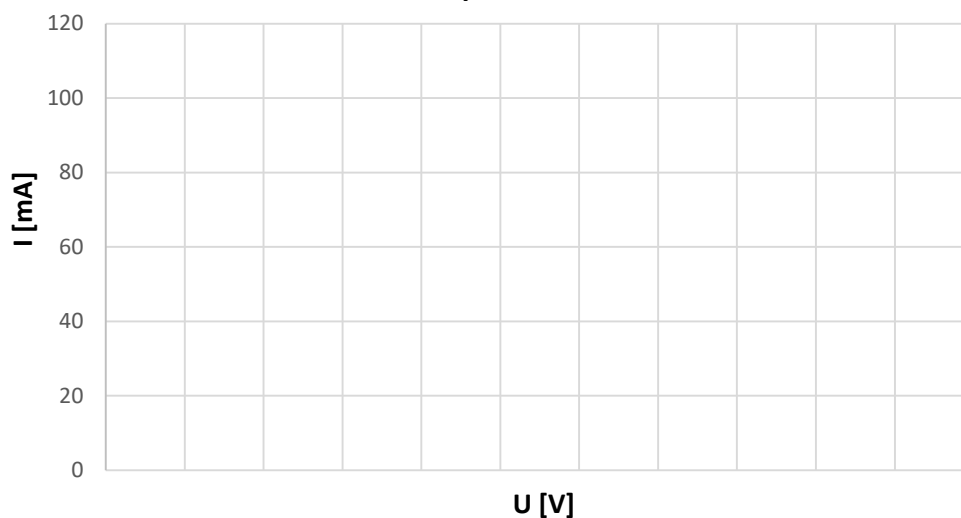


Obr. 3. Schéma zapojenia elektrického obvodu.

Namerané hodnoty:

Tabuľka pre meranie rezistorov.

U [V]	I [A]	R-žiarovky [Ω]	R-fotorezistora [Ω]
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Voltampérová charakteristika

Grafické vyjadrenie voltamérovej charakteristiky: závislosť prúdu (v miliampéroch) od napätia (vo voltoch).

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Elektrický obvod modelu plazmatickej membrány excitovateľných buniek

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Ekvivalentný elektrický obvod modelu plazmatickej membrány excitovateľných buniek je veľmi užitočný pre pochopenie iónového základu membránového potenciálu a jeho zmien počas tvorby akčného potenciálu. V tomto cvičení predložený interaktívny edukačný blok modelu priepustnosti plazmatickej membrány v excitovateľných bunkách s biofotonickými znakmi slúži pre lepšie pochopenie oscilačnej povahy procesu.

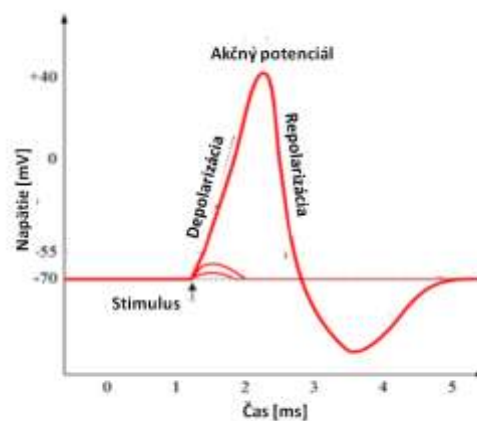
Model sa skladá z niekoľkých komponentov:

- kondenzátor zodpovedajúci vonkajším a vnútorným častiam plazmatickej membrány,
- premenný odpor zodpovedajúci vodivosti iónových kanálov (sodíka a draslíka)
- batéria reprezentujúca elektromotorické sily

Iónové obvody pre rôzne typy kanálov sú reprezentované vlastnou zložkou obvodu, navzájom paralelne. Interaktivita modelu je zosilnená LED diódami rôznych farieb.

Model reaguje na zapnutie signálu „otvorením kanálov Na⁺“, zvýšením vodivosti cez tieto kanály a zasvietením zelenej LED diódy. V reakcii na zvýšenú vodivosť prechádzajúcu cez rameno kanálov Na⁺ sa kanály K⁺ začínajú otvárať, čo predstavuje zvýšenie odporu kanála. To sa prejaví signalizáciou a síce zapnutím modrého LED svetla. V tomto štádiu je spustený multivibrátor s premenlivou frekvenciou (medzi 1, 10 a 100 Hz), ktorého účinok je zosilnený oscilačným prepínaním zeleno-modrých LED svetiel. Pomocou integrovaných obvodov a veľmi nízkych prúdov sú simulované iónové a napäťové zmeny v plazmatickej membráne.

Akčný potenciál excitabilnej bunky, menovite neurónovej, je charakterizovaný krátkymi píkmi v membránovom potenciáli. Tieto zmeny sú kontrolované napäťovo riadenými kanálmi nachádzajúcimi sa v bunkovej membráne. Po externom vstupe nad prahovú hodnotu bunka otvára Na^+ iónové kanály a rýchlo depolarizuje zo svojej počiatkovej hodnoty (okolo -90 mV) na rovnovážny potenciál týchto iónov, ktorý je okolo $+40 \text{ mV}$ (Obr. 4). Depolarizácia však stimuluje otvorenie K^+ kanálov, ktoré spôsobujú v membráne záporné hodnoty napätia. V dôsledku toho bunka veľmi rýchlo hyperpolarizuje späť na počiatkové hodnoty napätia. V tomto okamihu sú kanály riadené napätím neaktívne a nebudú sa môcť okamžite znovu otvoriť - akčný potenciál sa preto môže pohybovať pozdĺž axónu alebo z jednej bunky do druhej.



Obr. 4. Dynamika akčného potenciálu: priebeh membránového potenciálu v závislosti od času (v milisekundách). Zmena potenciálu ku kladným hodnotám, depolarizácia, je nasledovaná návratom k negatívnym hodnotám - repolarizáciou.

Použitá aparatúra

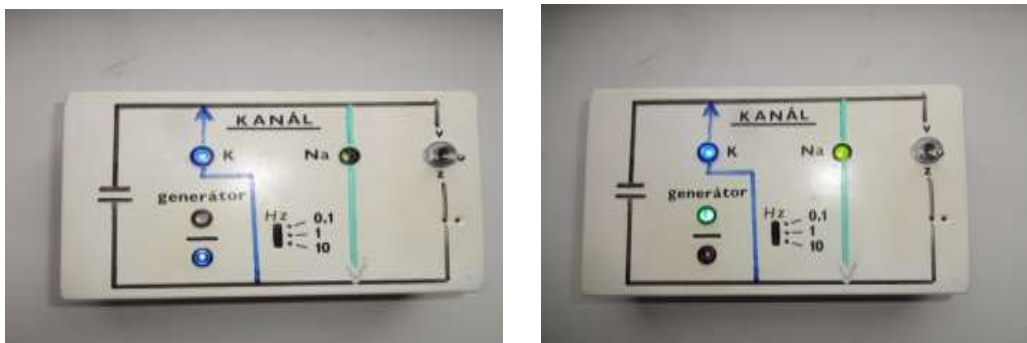
Prototyp modelu elektrického obvodu bunkovej membrány, FPV UCM

Úlohy a pracovný list

1. Sledujte zmeny „otvárania rôznych kanálov“ na modelovom prístroji v závislosti od frekvencie.
2. Zakreslite postupnosť otvárania iónových kanálov počas akčného potenciálu.

Po zapnutí prístroja po cca. 10 sekund sa otvorí kanál Na^+ a je signalizovaný zelenou svetelnou diódou. Následné otvorenie draslíkového kanála K^+ je potom signalizované modrou svetelnou diódou. Na Obr. 4 sú viditeľné dve fázy procesu. Akonáhle sa potenciál vráti na úroveň pokojového napätia pomocou

hyperpolarizácie, celý proces sa začne znova a vizualizuje sa osciláciou zelených / modrých LED svetiel (Obr. 5).

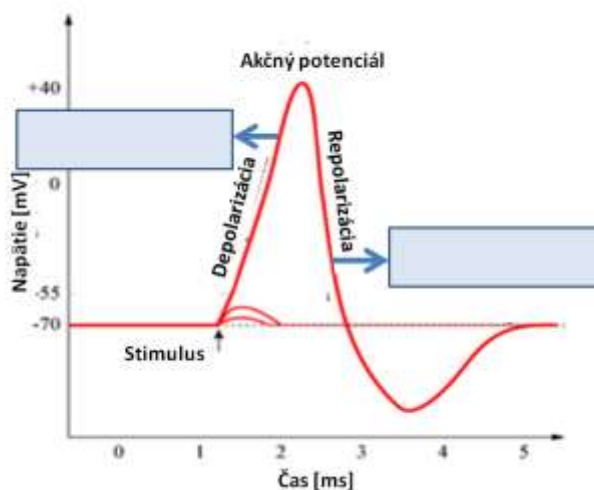


Obr. 5. Zmeny „otvárania rôznych kanálov“ na modelovom prístroji počas rôznych krokov činnosti pri voliteľnej frekvencii.

Frekvencia, pri ktorej ku kmitaniu dôjde, je voliteľná medzi 0,1 Hz, 1Hz a 10 Hz. Zaznačte do tabuľky, ktorá vetva obvodu sa zapína pri rôznych frekvenciách:

Frekvencia	Sodíkový kanál	Draslíkový kanál
0.1 Hz		
1 Hz		
10 Hz		

Do Obr. 6 dole zaznačte, ktoré iónové kanály sa otvárajú vo fáze depolarizácie vs. vo fáze repolarizácie počas akčného potenciálu:



Obr. 6. Dynamika akčného potenciálu: zapíšte typ iónových kanálov, ktoré sa podieľajú na zmene membránového potenciálu.

Otázky

Prečo dochádza k repolarizácii membrány po otvorení draslíkových kanálov ?

Aká je frekvencia, akou sa opakuje srdcový akčný potenciál v tzv. pacemakerových bunkách?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Elektrochemický článok, batéria

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Batéria ako zdroj elektrickej energie je v podstate elektrochemický článok. Pozostáva z dvoch elektród - zinkovej anódy a medenej katódy, ktoré sú spojené elektrolytom - elektrochemické reakcie je totiž možné pozorovať aj v organickej hmote. Ako elektrolyt sa dá využiť napr. aj citrón, či iné ovocie alebo zelenina.

Kontakt zinku (napr. klinec) s kyselinou citrónovou podmieni začiatok chemických reakcií. Prebehne oxidácia, kyselina začne odoberať ióny zinku Zn^{2+} zo zinkovej elektródy, čiže z každého atómu zinku zostávajú na elektróde 2 elektróny, čím sa stáva zápornou. Má záporný elektrický potenciál voči vodíku v kyseline.

Meď je ušľachtilý kov, nedokáže vytrhnúť H^+ z kyseliny, preto pozorujeme vznik kladného elektrického potenciálu na medenej elektróde. Meď svoje elektróny z H^+ odovzdala za vzniku H_2 . Vodík sa v tejto reakcii redukuje zostáva ako plyn H_2 v okolí medenej elektródy.

Potenciál elektród je rôzny, vzniká článok ako zdroj elektrického napätia. Po jeho zapojení do elektrického obvodu vzniká elektrický prúd (pohyb elektrónov).



Obr. 7. Aparatúra na meranie napätia s využitím elektrochemického článku.

Použitá aparatúra

Digitálny multimeter Alcron DT-92

Úlohy a pracovný list

1. Zostavte batériu - elektrochemický článok podľa Obr. 7. Ako elektrochemický článok použijeme citrón.
2. Multimetrom zmerajte elektrické napätie a odpor (prípadne aj prúd), následne zvýšte vzdialenosť elektród v elektrolyte, prípade pridajte viac článkov a meranie zopakujte. Po zapojení čo najrýchlejšie odčítajte merané hodnoty. Údaje zapisujte do tabuľky.
3. Zopakujte experiment s iným typom elektrolytu (napr. zemiak, pomaranč, mandarinka,...).
4. Porovnajme jednotlivé merania, charakterizujte vplyv vzdialenosti elektród, alebo typu použitého elektrolytu na namerané hodnoty elektrického napätia.
5. Uvažujte o chybách merania.

Namerané hodnoty:

	Citrón / napätie U [V] / odpor [Ω]	Zemiak / napätie U[V] / odpor [Ω]
vzdialenosť elektród = cm		
vzdialenosť elektród = cm		
vzdialenosť elektród = cm		
vzdialenosť elektród =		

cm		

Posledné tri riadky tabuľky slúžia na popis a meranie vlastného návrhu experimentu.

Otázky

Aký je vplyv vzdialenosti elektród, resp. typu použitého elektrolytu na namerané hodnoty elektrického napätia?

Kde, okrem batérie sa v bežnom živote stretávate s elektrochemickým článkom?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Meranie indukcie magnetického poľa

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

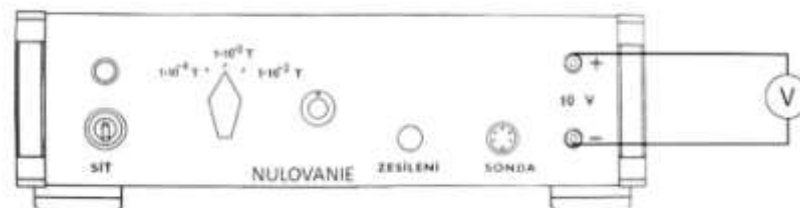
Princíp

Keď jednosmerný prúd prechádza dlhým priamym vodičom, vzniká okolo neho magnetická sila a statické magnetické pole. Ak je drôt navinutý do cievky, magnetické pole sa značne zintenzívni a vytvorí okolo seba statické magnetické pole, ktoré nadobúda tvar tyčového magnetu poskytujúceho zreteľný severný a južný pól.

Magnetický tok vyvinutý okolo cievky je úmerný množstvu prúdu, ktorý tečie vo vinutí cievok. Ak sú na tú istú cievku navinuté ďalšie vrstvy drôtu s tým istým prúdom, ktorý nimi preteká, zvýši sa statická sila magnetického poľa. Čím viac zvitkov drôtu je vo vnútri cievky, tým väčšia je sila statického magnetického poľa okolo neho. Súčasne, ak by sme držali tyčový magnet nehybne a pohybovali sme cievkou tam a späť v rámci magnetického poľa, v cievke by sa indukoval elektrický prúd. Pohybom drôtu alebo zmenou magnetického poľa môžeme indukovať napätie a prúd vo vnútri cievky a tento proces je známy ako **elektromagnetická indukcia**, ktorá je základným princípom činnosti transformátorov, motorov a generátorov.

Elektromagnetická indukcia bola prvýkrát objavená už v 30. rokoch minulého storočia Michaelom Faradayom. Faraday si všimol, že keď pohyboval permanentným magnetom dovnútra a von z cievky alebo z jedinej slučky drôtu, vyvolalo to indukciu napätia a vznik elektrického prúdu. To, čo Michael Faraday objavil, bol spôsob výroby elektrického prúdu v obvode použitím samotnej sily magnetického poľa a nie batérií. Tento objav viedol k veľmi dôležitému zákonu, ktorý spája elektrinu s magnetizmom, a síce **Faradayovmu zákonu o elektromagnetickej indukcii**. Tento zákon hovorí, že existuje vzťah medzi elektrickým napätím a meniacim sa magnetickým poľom, a to taký, že napätie je indukované v obvode vždy, keď existuje relatívny pohyb medzi vodičom a magnetom, a veľkosť tohto napätia je úmerná rýchlosti zmeny toku. Inými

slovami, elektromagnetická indukcia je proces využívajúci magnetické polia na výrobu napätia a v uzatvorenom obvode prúd.



Obr. 8. Pripojenie voltmetra k teslametru.

Použitá aparatúra

Lineárny merač magnetickej indukcie LMM-1 (teslameter) a solenoid

Digitálny multimeter Alcron DT-92 (voltmeter)

Pupil power supply NTLO P3130-1D

Úlohy a pracovný list

Cieľ: odmerajte indukciu magnetického poľa

1. Zapnite teslameter, pripojte voltmeter podľa Obr. 8. Po 3 minútach nastavte nulovanie na teslametri tak, aby voltmeter ukazoval nulu (bez magnetického poľa).
2. Pripojte solenoid k zdroju elektrického napätia. Na displeji zdroja nastavte 0,7 V.
3. Vložte Hallovu sondu do stredu solenoidu, stredu zodpovedá poloha 0 cm. Merajte napätia na voltmetri pre každú polohu sondy od 0 do 5 cm od stredu solenoidu po 0,5 cm.
4. Preveďte napätie na magnetickú indukciu, pričom 10 V zodpovedá intenzite $1 \cdot 10^{-4}$ T.

Namerané hodnoty:

vzdialenosť od stredu [cm]	U [V]	B [μ T]
0		
0,5		
1		
1,5		
2		

2,5		
3		
3,5		
4		
4,5		
5		

Otázky

Kde sa využíva magnetická indukcia v každodennom živote?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Základy optiky

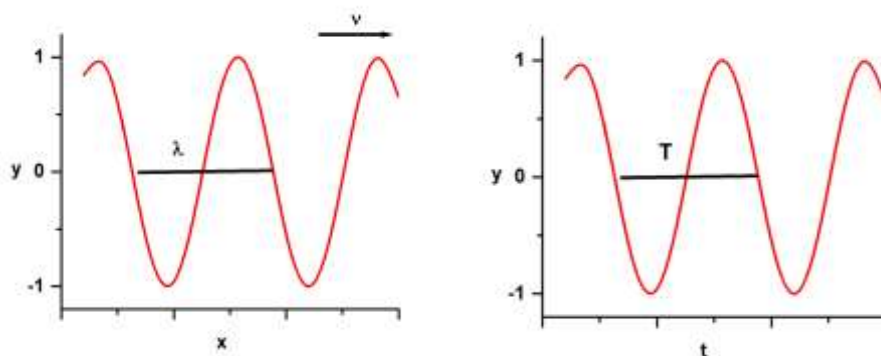
Harmonický oscilátor: kmity a vlny

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Generátor vibrácií poskytuje mechanické oscilácie, ak sú napájané signálmi z oscilátora. Generátor vibrácií je možné používať v akejkoľvek polohe, voľne stojaci alebo upnutý. Vibračný generátor generuje vlnenie žiadanej vlnovej dĺžky (Obr. 9). Funguje s maximálne 1 ampérovou intenzitou striedavého prúdu. Produkuje mechanické kmity pri napájaní oscilátorom-zosilňovačom.



Obr. 9. Závislosť vlny od polohy x (vľavo) vs. závislosť vlny of času t (vpravo), vlnová dĺžka λ , časová perióda T , rýchlosť šírenia sa vlny v .

Frekvenčná odozva pre celé spektrum zvuku poskytuje mechanické oscilácie pri zadávaní vstupných signálov z oscilátora. Špeciálne navrhnutý systém cievok umožňuje pracovať dlhodobo bez akéhokoľvek poškodenia v dôsledku prehriatia. Frekvenčná odozva zahŕňa celé zvukové spektrum. Elektrický vstup cez dvojicu 4 mm zásuviek a oscilačný mechanický výstup je k dispozícii cez hriadeľ v hornej časti.

Použitá aparátúra

Generátor vibrácií (generátor vlnenia), max 1A, PHYWE, Belgium
Pupil power supply, NTLO, rôzne

Úlohy a pracovný list

Návod na použitie a pracovný postup:

1. Natočte ocelovú tyč do liatinovej podošvy. Hák napnite na stĺp podstavca vo výške cca 70 cm. K znázorneniu longitudálnej vlny použime gumu (klobúkovú). Háky na spodku tyče a vibračného generátora treba uviazať a mierne napínať na vzdialenosti asi 120 cm. Napájacie napätie meňte od 1 V do 3 V krokom po 1 V. Súčasne zmerajte amplitúdu vlnenia do pripravenej tabuľky.
2. K vytváraniu transverzálnej vlny použite pružinu. Horný hák na tyči spojte s vibračným generátorom a potom jemne napínajte. Napájacie napätie meňte od 1 V do 3 V v krokoch po 1 V. Súčasne zmerajte amplitúdu vlnenia do pripravenej tabuľky.

Pomocou krídlovej skrutky upevnite ocelové dosky na závitové hrdlo na generátore. Pozorujte zmenu amplitúdy poprípade frekvencie kmitov v závislosti od napätia. Výsledky zapíšte do tabuľky.

Namerané hodnoty:

Longitudálne vlny

U [V]	Ampl. [cm]	Vln. dĺžka [cm]
1		
2		
3		

Transverzálne vlny

U [V]	Ampl. [cm]	Vln. dĺžka [cm]
1		
2		
3		

Otázky

Popíšte zdroje longitudálnych vln vo vašom okolí:

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

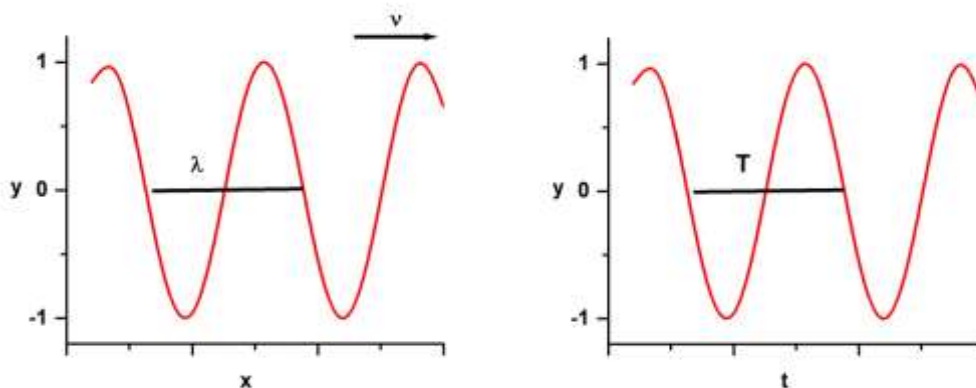
Meranie vlnenia vibračným generátorom

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Časová perióda T a frekvencia ν sú veličiny, ktoré charakterizujú vlnu, zatiaľ čo rýchlosť šírenia vlny je určená vlastnosťami prostredia. O bodoch prostredia, ktoré sú vychýlené o rovnakú veľkosť a pohybujú sa rovnakým smerom sa hovorí, že kmitajú vo fáze. Vzďialenosť medzi najbližšími bodmi prostredia, ktoré kmitajú vo fáze, sa rovná vlnovej dĺžke (Obr. 10).



Obr. 10. Závislosť vlny od polohy x (vľavo) vs. závislosť vlny of času t (vpravo), vlnová dĺžka λ , časová perióda T , frekvencia ν .

Vlnová dĺžka je vzdialenosť medzi dvoma najbližšími bodmi s maximálnou výchylkou (v rovnakom smere). Jej symbolom je grécke písmeno lambda (λ).

Rýchlosť šírenia vlny je súčin vlnovej dĺžky a frekvencie vlny

$$v = \lambda / T = \lambda \cdot f$$

Keď častice prostredia kmitajú v smere kolmom na smer šírenia vlny, takáto vlna sa nazýva **priečna vlna**. Keď častice prostredia kmitajú v smere, ktorý je rovnobežný so smerom šírenia vlny, takáto vlna sa nazýva **pozdĺžna vlna**.

Vlnenie je pojem odlišný od pojmu **kmitanie**. Kmitanie je časová periodická zmena fyzikálnej veličiny. Vlastnosťou kmitania je premena energie, kým vlastnosťou vlnenia je prenos energie. Vlnenie vzniká, ak sa kmitavý dej šíri v takom priestore, v ktorom sú objekty (častice, polia) schopné kmitať. Vlnenie je vlastne rozšírenie kmitania jedného objektu na ďalšie. Kmitanie je teda prvkom vlnenia.

Stojaté vlnenie je jav, keď sa vlnenie nachádza v superpozícii s iným vlnením tak, že vlnová funkcia má v istých polohách hodnotu konštantnú v čase. Stojaté vlnenie zvyčajne nastáva v prípade, že sa vlna odráža a vracia späť k svojmu zdroju, pričom vzdialenosť medzi zdrojom a bodom odrazu je násobkom vlnovej dĺžky. V prípade, že sa vlnenie odráža aj od zdroja, vlnenie zostáva medzi miestami odrazu aj po vypnutí zdroja, až kým sa nerozptýli kvôli nedokonalým odrazom späť. Zariadenie, ktoré toto využíva sa nazýva rezonátor.

Na Obr. 11. vidieť príklad longitudálnej a transverzálnej vlny priamo z experimentálneho usporiadania. Stojaté vlnenie sa bežne pozoruje napríklad na strunách hudobných nástrojov.



Obr. 11. Longitudálna a transverzálna vlna.

Použitá aparatúra

Generátor vibrácií (generátor vlnenia), max 1A, PHYWE, Belgium
 Pupil power supply NTLO P99-01-4AM
 Digitálny multimeter Alcron DT-92

Úlohy a pracovný list

1. Vibračný generátor zapojte cez ampérmetr na zdroj striedavého prúdu. Napätie zvyšujte od 2 V po 2 V maximálne do 8 V. Súčasne ampérmetrom kontrolujte prúdový odber maximálne do 1 A, zvlášť pri vyšších napätiach a blízko 8 V dodržiavajte maximálny prúdový odber.
2. Vibračný generátor uveďte do prevádzkovej polohy otočením ramena do pozície „Unlock“, čím prístroj odistíte.
3. Skontrolujte natočenie ocelevej tyče na doraz v liatinovej podložke, aby nedošlo k nežiadúcim rezonanciám počas merania.
4. Vibračný generátor umiestnite presne kolmo pod upínací hák a jeden koniec pružiny s mosadznou šesťuholníkovou skrutkou natočte na doraz (aby nevznikli rezonancie) do závitového hrdla na generátore. Druhý koniec zaveste na upínací hák na ocelevej tyči asi vo výške 70 cm. Zapnutím uveďte do chodu vibračný generátor. Na napájacom zdroji nastavte striedavé napätie 5 V. Pri určitej polohe, vhodnej výške h upínacieho háku a dĺžke pružiny môžete pozorovať určité zrednutia a zhustnutia závitov pružiny. Medzi stredmi susedných zrednutí alebo zhustnutí namerajte polovicu vlnovej dĺžky $\lambda/2$ longitudálnej vlny.
5. Namerané hodnoty vpište do nasledujúcej tabuľky závislosti vlnovej dĺžky od napnutia pružiny:

h [cm]	60	70	80	90
$\lambda/2$ [cm]				

6. Na hrdlo generátora upevnite hák pomocou skrutky a zaháknite jeden koniec klobúkovej gummy, druhý koniec na hák podstavca. Klobúkovú gumu medzi týmito hákmi napnite asi na vzdialenosť 95 cm. Miernym napínaním a uvoľnením klobúkovej gummy môžete pozorovať transverzálne vlny. Zmerajte vlnovú dĺžku a amplitúdu vln. Striedavé napätie zdroja nastavte na 5 V.
7. Pre cca 95 cm zmerajte vlnovú dĺžku a $\lambda/2$ a amplitúdu stojatých vln a .

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Vytváranie Chladniho obrazcov

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Všetky objekty majú frekvenciu alebo množinu frekvencií, s ktorými prirodzene vibrujú, keď sú zasiahnuté, pošúchané alebo inak excitované. Každá z prirodzených frekvencií, pri ktorých objekt vibruje, je spojená so vzorkou stojatých vln. Keď je objekt excitovaný rezonančnými vibráciami, pri jednej zo svojich prirodzených frekvencií vibruje takým spôsobom, že v objekte sa vytvára stojatá vlna.

Vzory stojatých vln sú rôzne. Stojatá vlna vytvára **vibračný obrazec**, keď vibračná frekvencia zdroja spôsobuje, že odrazené vlny z jedného konca média interferujú s dopadajúcimi vlnami zo zdroja. Výsledkom interferencie je to, že určité body pozdĺž média sa zdajú byť nehybné, zatiaľ čo iné body vibrujú tam a späť. Takéto vzory sa vytvárajú iba pri špecifických frekvenciách vibrácií. Tieto frekvencie sú známe ako **harmonické frekvencie**. Pri akejkoľvek inej frekvencii, ako je harmonická frekvencia, vedie rušenie odrazených a dopadajúcich vln k rušeniu média, ktoré je nepravidelné a neopakuje sa.

V roku 1787 Ernst Chladni uverejnil prvé poznatky o kmitaní pevných kruhových a kvadratických platní, a na nich vznikajú obrazce, ktoré boli tvorené z jemného piesku, Tieto obrazce boli pomenované po ňom ako Chladniho obrazce.

Chladniho obrazce (Obr. 12) sú vzory, respektíve obrazce, ktoré vznikajú na tenkej vibrujúcej platni (najlepšie z kovu), ktorá je posiatá jemným pieskom alebo podobným materiálom (jemnou soľou). Obrazce sa začínajú vytvárať, keď je platňa vystavená vibráciám. Obrazce vznikajú a menia sa podľa veľkosti a tvaru platne, podľa frekvencie, zmeny frekvencie, sily, dynamiky vibrácií a iných faktorov. Vibrácie môžeme spôsobiť aj ťahaním objektu (napr. husľového sláčika) o hranu platne.

Chladniho platňa pozostáva z plochého kovového plechu, zvyčajne kruhového alebo štvorcového, pripevneného na stredovej stopke k pevnej základni. Keď doska kmitá v určitom móde vibrácií, uzly a antinódy, ktoré sú usporiadané, vytvárajú na svojom povrchu zložité symetrické vzory. Polohy týchto uzlov a antinód je možné vidieť posypaním pieskom, alebo soľou na platne; piesok bude vibrovať preč od antinód a zhromažďovať sa v uzloch. Platňa začne kmitať v dôsledku vlastnej rezonancie. Piesok je pri kmitaní platne na určitých tónoch presúvaný na miesta, kde sa nevyskytujú žiadne kmity, vibrácie. Takto sa znázornia hraničné línie.



Obr. 12. Chladniho obrazce vytvorené na platni vibračného generátora.

Použitá aparatúra

Generátor Chladniho obrazcov Vibra AS, Kvant s dvoma platňami
Chladni generátor, v.1.2, Vibra AS, 2014, Kvant

Úlohy a pracovný list

1. Pripevnite skrutkou platňu 1 (štvorcovú) generátora Chladniho obrazcov na vibračný generátor a upevnite skrutkou.
2. Spojte generátor s počítačom pomocou akustického kábla.
3. Skontrolujte, že zvuk je nastavený na minimálnu hladinu, teda je v pozícii MIN.
4. Nasypťe soľ (piesok a pod.) rovnomerne na platňu.
5. Uved'te generátor do pozície ON.
6. Zvoľte frekvenciu v programe (ideálne 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz).
7. Spustite Štart.
8. Zvýšte na krátky čas zvuk, aby sa platňa rozvibrovala a na platni sa vytvorili obrazce.
9. Chráňte si sluch, hneď po vytvorení obrazcov znížte zvuk na minimum a stlačte stop.

10. Získané obrazce (vid' príklad na Obr. 12) zakreslite pre jednotlivé frekvencie do Tabuľky do stĺpca Obrazec, platňa 1.
11. Uvoľnite skrutku a vyberte platňu 1. Soľ vráťte do rezervoára a platňu 1 vyčistite.
12. Vymeňte platňu 1 za platňu 2 (obdĺžnikovú). Nasypťte soľ na platňu 2.
13. Zopakujte experiment s rovnakými frekvenciami. Nezabudnite vrátiť zvuk do pozície MIN a zastaviť experiment stlačením tlačidla STOP.
14. Nové získané obrazce zakreslite pre jednotlivé frekvencie do nasledujúcej Tabuľky pod stĺpca Obrazec platňa 2.
15. Uvoľnite skrutku a vyberte platňu 2. Soľ vráťte do rezervoára a platňu 2 vyčistite.

Frekvencia	Obrazec platňa 1	Obrazec platňa 2

Otázky

Ako sa menia sledované obrazce s frekvenciou? Čo pozorujete so zvyšujúcou sa frekvenciou ?

Ako súvisia pozorované Chladniho obrazce s tónmi hranými napr. na hudobnom nástroji?

Kde v prírode nachádzame Chladniho obrazce ?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Určovanie mriežkovej konštanty pomocou lasera

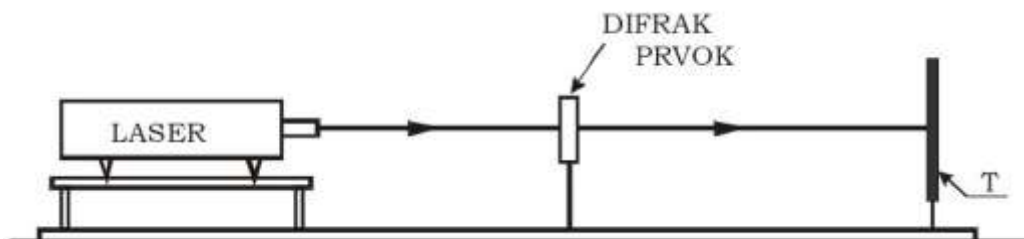
Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

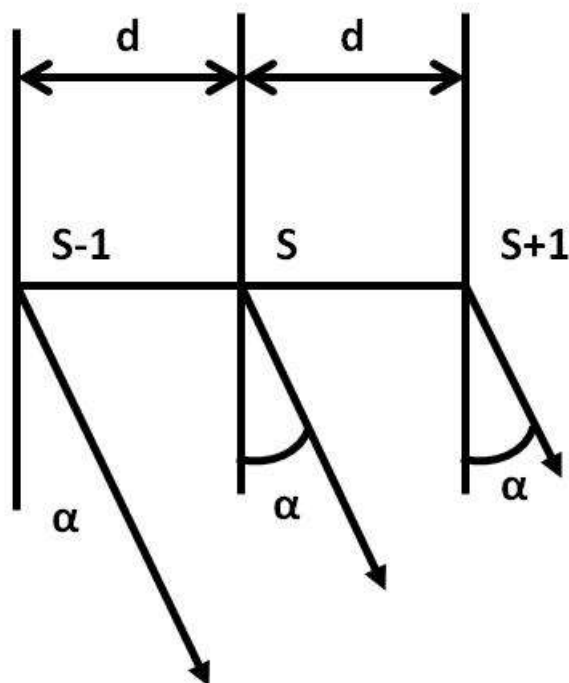
Princíp

Difrakčná mriežka je doštička alebo tenká fólia s veľkým počtom rovnobežných a rovnako vzdialených vrypov. Cez medzery medzi vrypami prechádza svetlo bez zmeny smeru a na vrypoch dochádza k difrakcii; je to jav, pri ktorom sa svetlo v homogénnom prostredí nešíri priamočiario. Pri osvetlení takejto mriežky rovnobežnými lúčmi s vlnovou dĺžkou λ sa vrypy stávajú zdrojom elementárnych vlnení podľa Huygensovho princípu a šíria sa do všetkých smerov. Interferenciou sa však zosilňujú iba v určitom smere.

Pri meraní použijeme ako zdroj svetla **laser s vlnovou dĺžkou $\lambda=680$ nm**. Na optickej lavici je tiež lišta, kde nastavujeme vzdialenosť difrakčného prvku od tienidla T (Schéma na Obr. 13). Svetelný lúč po difrakcii na štrbine dopadá na tienidlo (v našom prípade stenu), na ktorom je možné pomocou mm stupnice určovať polohu jednotlivých maxim resp. minim intenzity svetelného lúča.



Obr. 13. Schéma merania: laser musí prechádzať difrakčným prvkom (rôzne druhy mriežok) pred dopadom na tienítko.



Obr. 14. Schéma difrakcie na mriežke.

Je zrejmé, že sa lúče nestretávajú na tienidle s rovnakou fázou. Vzďialenosť stredov dvoch susedných štrbín d je **mriežková konštanta** a ich lúče majú dráhový rozdiel $\delta = d \cdot \sin \alpha$. (Obr. 14) Ak tento dráhový rozdiel spĺňa podmienku $\delta = d \cdot \sin \alpha = m\lambda$, dochádza k zosilneniu lúčov a pozorujeme **interferenčné maximum**.

Ak vzdialenosť miesta dopadu difraktovaného lúča od priameho označíme ako y , potom platí:

$$\sin \alpha_m = \frac{y_m}{\sqrt{y_m^2 + x^2}}, m = 1, 2 \dots$$

Použitá aparátúra

Laser Optical Set LOS1, Kvant

Lasery malé diódové (BSD1-405nm, GSDL1-520nm, SDL1-635nm), Kvant

Úlohy a pracovný list

1. Napájací zdroj svetla pripojte k sieťovému zdroju. Ako zdroj svetla použijeme laser s vlnovou dĺžkou $\lambda = 680 \text{ nm}$.
2. Zmerajte vzdialenosť difrakčnej mriežky od steny (x).

3. Na tienidle potom pozorujte priamy zväzok ako nulté difrakčné maximum a vo vzdialenosti niekoľkých centimetrov vpravo i vľavo pozorujte difrakčné maximá vyšších rádov (1 až 3). Zmerajte ich polohy y_m od nultého difrakčného maxima.
4. Meranie zopakujte pre 3 rôzne vzdialenosti difrakčnej mriežky a steny. Hodnoty zaznamenajte do tabuľky.
5. Vypočítajte mriežkovú konštantu d daného difrakčného prvku. Zapište do tabuľky.
6. Zhodnotte výsledok pre rôzne vzdialenosti mriežky od tienidla.

Namerané hodnoty:

	y_1	y_2	y_3	d
$x =$				
$x =$				
$x =$				

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Zdroje svetla

Meranie voltampérových charakteristík diód

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Ohmov zákon určuje voltampérové vlastnosti zdrojov svetla (napr. žiarovka). Ohmov zákon postuluje, že množstvo prúdu v elektrickom obvode je tým väčšie, čím je väčšie množstvo napätia a čím je menšie množstvo odporu, ktorý pôsobí proti prúdu.

$$I = V/R \text{ alebo } V = I \cdot R$$

Prúd (I) sa udáva v ampéroch, napätie (V) vo voltoch a odpor (R) v ohmoch. Každá táto merná jednotka je pomenovaná po slávnom experimentátorovi s elektrickou energiou: ampéru dal meno francúz **Andrea M. Ampere**, volt talian **Alessandro Volta** a ohm nemecký **George Simon Ohm**.

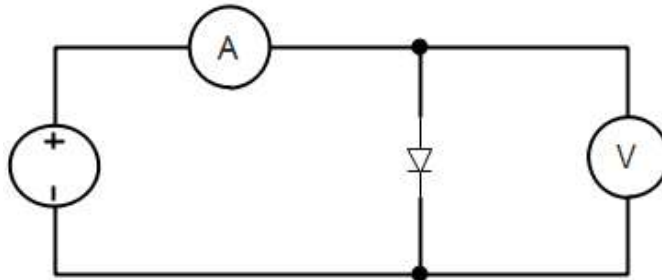
Volt-ampérová charakteristika diódy je krivka medzi napätím nad spojom a prúdovým obvodom. Táto krivka charakterizuje funkciu diód a umožňuje ich porovnanie. V najjednoduchšom prípade keď má obvod iba chemický odpor je táto charakteristika lineárna, teda tvorená priamkou. V prípade polovodičových diód, alebo žiaroviek môže byť táto charakteristika nelineárna, teda zakrivená.

Použitá aparatura

Elektrický set NTLO P9901-4M ŽEM / ŽES ELEKTRONIKA
Digitálny multimeter Alcron DT-92

Úlohy a pracovný list

1. Zostavte elektrický obvod (Obr. 15). Dbajte na polaritu napätia. Dióda je zapojená v priepustnom smere.

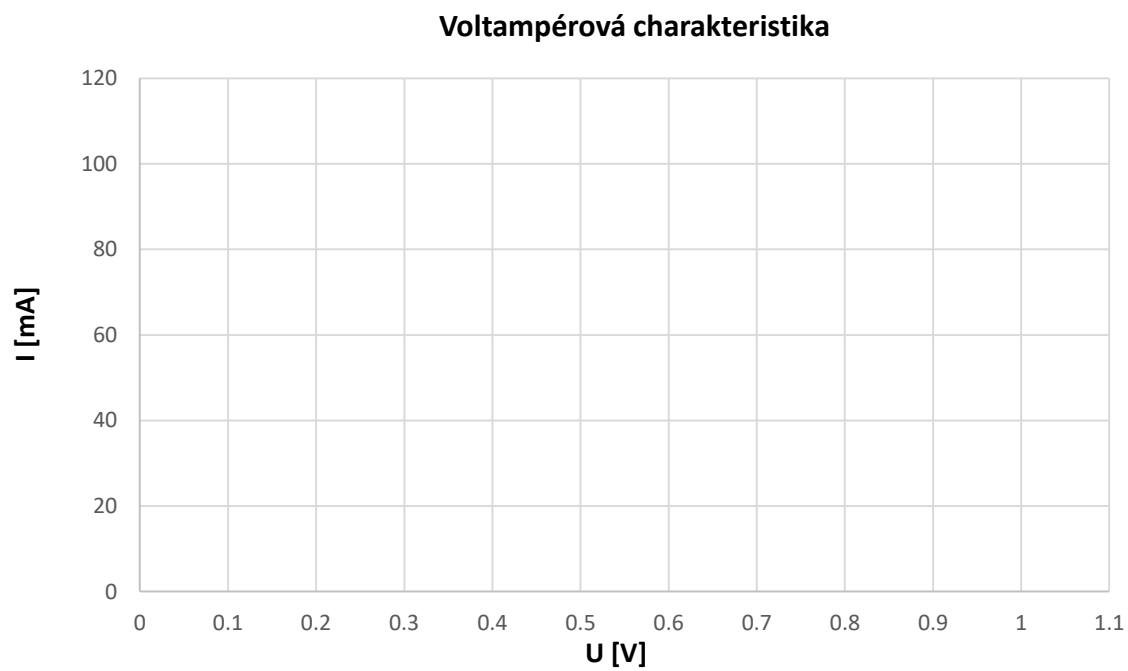
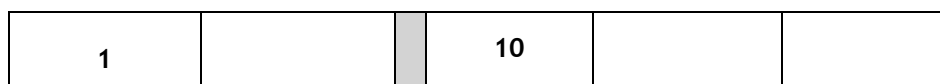


Obr. 15. Schéma zapojenia elektrického obvodu.

2. Zvyšujte napätie od 0 V po 0,1 V až do 1 V. Zakaždým namerajte prúd tečúci obvodom.
3. Zapojte diódu v závernom smere. Zvyšujte napätie od 0 V do 10 V po 1 V. Namerajte prúd.
4. Zapojte Zenerovu diódu v závernom smere. Zvyšujte napätie od 0 V do 10 V po 1 V. Namerajte prúd.
5. Zakreslite graficky VA charakteristiku diódy v priepustnom smere.

Namerané hodnoty:

U [V]	I [A]		U [V]	I [A]	I [A]
0			0		
0,1			1		
0,2			2		
0,3			3		
0,4			4		
0,5			5		
0,6			6		
0,7			7		
0,8			8		
0,9			9		



Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Vyžarovanie svetla rôznymi svetelnými zdrojmi

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Vyžarovanie svetla je proces, pri ktorom sú častice schopné sa konvertovať z vyššieho do nižšieho stavu, pričom dochádza k emisii fotónu (produkcií svetla). Pri tomto procese dochádza k vysielaniu žiarivej energie ionizovanými alebo excitovanými atómami a molekulami počas ich rekombinácie alebo pri prechode elektrónov z vyšších energetických hladín na nižšie.

Spontánna emisia žiarenia nastáva pri spontánnom prechode, **vynútená emisia** žiarenia pri vynútenom prechode viazaného elektrónu z vyššej hladiny na nižšiu vo vnútri atómu účinkom vonkajšieho poľa žiarenia (viazaný prechod). V oboch prípadoch sa emisia žiarenia prejaví čiarovým emisným spektrom s presne vymedzenými vlnovými dĺžkami emisných spektrálnych čiar. Opačným procesom emisie žiarenia je **absorpcia**. Medzi emisiou žiarenia a absorpciou je úzka spojitosť: určitá látka môže emitovať žiarenie len tých vlnových dĺžok, ktorých žiarenie môže absorbovať.

Rôzne zdroje svetla majú veľmi rôzne spektrálne charakteristiky. Svetlo emitujúce diódy (Light emitting diodes) sú napríklad polovodičovým zdrojom svetla, ktoré emitujú úzkospektrálne svetlo, keď cez ne preteká elektrický prúd.

Svetlo vzniká následkom žiarivej rekombinácie elektrónovo-dierového páru a je formou **elektroluminiscencie**. Farba svetla závisí od energie emitujúcich fotónov a závisí od štruktúry polovodiča a použitého materiálu. LASER naopak vyžaruje len svetlo s jednou vlnovou dĺžkou a je výsledkom rezonančnej energie v špecifickom prostredí. Iné zdroje svetla, ako napríklad lampa, využívajú kombináciu rôznych farieb na vytvorenie bieleho svetla.

Použitá aparátúra

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics
 Light Blox, Light2015, SPIE,
 Lasery didaktické (modrý 450, zelený 532, červený 635nm), SPIE, USA
 LED FX zdroj svetla, ShowTec
 Zdroj UV svetla, beam Z, Beamlight,
 Zdroje viditeľného svetla, rôzne

Úlohy a pracovný list

Určite emisiu vybraných zdrojov svetiel:

1. Zapnite zdroj svetla.
2. V softvéri spustite start.
3. Uložte do súboru zdroj 1.
4. Odmerajte rozsah vlnových dĺžok a určite maximálnu vlnovú dĺžku.
5. Vypnite zdroj svetla a s meraním pokračujte pre rôzne zdroje svetla, ako sú LED svetlá, bielu lampu, prípadne diódu/blesk svojho mobilného telefónu.

Pre každý zdroj svetla odmerajte a zapíšte rozsah vlnových dĺžok a maximálne vlnové dĺžky vyžarovania svetla a porovnajte ich s farebnou škálou dole (Obr.16).

Namerané hodnoty:

Typ zdroja svetla	Rozsah λ	λ_{\max}	Farba

Otázky

Čo je možné povedať o zdrojoch svetla na základe svetla, ktoré vyžarujú?

Ktorý zdroj svetla z vami nameraných vyžaruje najviac tepla?

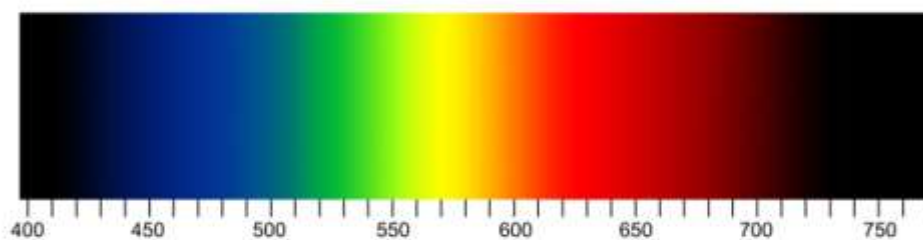
Vyberte bielu lampu. Do dráhy svetla postavte rôzne filtre. Pre každý filter odmerajte a zapíšte rozsah vlnových dĺžok spoločne s maximálnymi vlnovými dĺžkami vyžarovaného svetla. Určite, ktoré vlnové dĺžky chýbajú.

Porovnajte s farebnou škálou dole (Obr. 16), či sa chýbajúca farba zhoduje s farbou použitého filtra.

Namerané hodnoty:

Typ filtra	Rozsah λ	λ_{\max}	Chýbajúca farba

Popíšte na základe vašich meraní, ako funguje UV filter na slnečných okuliaroch.



Obr. 16. Spektrum viditeľného svetla: porovnanie farby svetla a jeho vlnovej dĺžky v nanometroch.

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Meranie spektrálnych vlastností rôznych druhov laserov

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

LASER = „Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation“ znamená zosilnenie svetla stimulovanou emisiou žiarenia. Je to unikátny zdroj svetla. Princíp činnosti laseru spočíva v nahromadení energie v atónoch, ktorá sa naraz uvoľní vo forme veľmi intenzívneho lúča. Jadrom laseru môže byť pevná látka, plyn alebo kvapalina, ktorá sa nazýva **aktívne prostredie**.

Toto prostredie sa nasycuje energiou intenzívnym **čerpaním** (ožarovaním výbojkou, iným laserom, prechodom elektrónov t.j. elektrickým prúdom a pod.). Pritom sa atómy vo vnútri laseru dostávajú do vzbuđeného stavu a nastáva **stimulovaná emisia** fotónov. Aby bol tento proces čo najefektívnejší, aktívne prostredie lasera je umiestnené medzi dvomi zrkadlami - v tzv. **optickom rezonátore** - z ktorých jedno je polopriepustné (odtiaľ vychádza lúč). Fotóny sa od nich odrážajú a pohybujú sa pozdĺž osi rezonátora, čím podporujú emisiu ďalších fotónov v aktívnom prostredí (**laserovanie**).

Konečným výsledkom procesu zosilnenia svetla v aktívnom prostredí je množstvo zosynchronizovaných - **koherentných** fotónov. Roviny kmitania všetkých elektromagnetických vln pri výstupe z laseru sú pritom rovnobežné, čo znamená že jeho svetlo je **polarizované**.

Všetky vyžiarené fotóny majú navyše skoro rovnakú energiu (čiže aj vlnovú dĺžku), čo znamená že žiarenie laseru je **monochromatické** (jednofarebné). Keďže sa fotóny pohybujú spoločne v rovnakom smere, lúč z lasera je veľmi úzky na rozdiel od bežných svetelných zdrojov, (žiarenie sa pri nich šíri do všetkých smerov priestoru - ako napr. pri žiarovke) takže laserový lúč má **malú priestorovú rozbiehavosť**. Vďaka tejto vlastnosti je svetlo vyžarované laserom veľmi intenzívne, pričom všetky fotóny v laserovom lúči majú takmer rovnaké

charakteristiky. Laserové žiarenie sa preto nepodobá na „klasické“ slnečné či žiarovkové svetlo, ale skôr sa približuje k vlastnostiam ideálnej svetelnej vlny.

Použitá aparatura

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics

Lasery malé diódové (BSD1-405nm, GSDL1-520nm, SDL1-635nm), Kvant

Spectra Suite 2008, Ocean Optics

Úlohy a pracovný list

Určite vlnovú dĺžku použitých laserov:

1. Zapnite rôzne druhy laserov. Dávajte pozor, aby ste neožarovali seba, ani iných priamym, ani odrazeným laserovým svetlom.
2. Použite spektrofotometer. V softvéri spustite START. Keď má merané spektrum dostatočnú amplitúdu, ale nesaturuje stlačte STOP a odčítajte hodnoty pomocou kurzora.

Určite emisiu vybraných laserov: pre každý laser určite rozsah vlnových dĺžok a maximálnu vlnovú dĺžku vyžarovania svetla. Maximálnej vlnovej dĺžke priradte farbu.

Namerané hodnoty:

Typ lasera	Rozsah λ	λ_{\max}	Farba
Modrý			
Zelený			
Červený			

Otázky

Ktorý z meraných laserov vyžaruje svetlo s najvyššou energiou? Prečo?

Určite možné využitia rôznych druhov laserov:

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Fotovoltaický článok ako zdroj elektrického prúdu a napätia

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Základom pre porozumenie fungovania fotovoltaických článkov je fotoelektrický efekt. Tento efekt bol objavený a popísaný Edmondom Becquerelom v roku 1839, a je dnes považovaný za charakteristiku materiálov známych ako **polovodiče**, ktoré im umožňujú generovať elektrický prúd po vystavení slnečnému svetlu.

Fotoelektrický jav možno zjednodušene popísať nasledovne:

1. Silikónové fotovoltaické solárne články absorbujú slnečné žiarenie.
2. Slnečné lúče interagujú s kremíkovou bunkou, elektróny, ktoré sa v nej nachádzajú, sa začnú pohybovať a vytvárajú tok elektrického prúdu.
3. Drôty zachytávajú a privádzajú vytvorený jednosmerný elektrický prúd („direct current“, DC) do solárneho invertora, ktorý ho mení na striedavý elektrický prúd („alternative current“, AC).

Fotovoltaický článok

Fotovoltaické články absorbujú slnečnú energiu a premieňajú ju na jednosmerný elektrický prúd pomocou fotoelektrického javu. Ide o veľkoplošnú polovodičovú súčiastku (s podobnou vnútornou štruktúrou ako fotodióda).

Fotoelektrický jav

Prichádzajúce elektromagnetické žiarenie (EM) vyráža elektróny smerom od povrchu látky. Po dopade fotónu svetla príslušnej vlnovej dĺžky (korešpondujúcej so šírkou zakázaného pásma použitého polovodiča) je vďaka vnútornému fotoelektrickému javu vygenerovaný elektrón-dierový pár. Tento pár je separovaný vnútorným elektrickým poľom pn-priechodu a jeho pohybom k jednotlivým elektródam sa vytvára elektrický prúd aj elektrické napätie. Ako

vhodný polovodič sa najčastejšie používa kremík. Je to najdlhšie používaný a tiež najrozšírenejší materiál na výrobu fotovoltaiických článkov aj na výrobu solárnych panelov. Ako ďalšie látky sa používajú aj gálium arsenid (GaAs), kadmium telurid (CdTe), kadmium sulfid (CdS).

Vonkajší fotoelektrický jav spočíva v uvoľňovaní (emisii) elektrónov z povrchu polovodiča po pohltení fotónu s dostatočnou energiou. Časť tejto energie sa spotrebuje na uvoľnenie elektrónov. Ak tento jav nastáva len v určitom rozsahu frekvencií, hovoríme o **selektívnom fotoelektrickom jave**. Na vonkajšom fotoelektrickom jave sa zakladá napríklad aj činnosť fotoelektrických katód.

Vnútorý fotoelektrický jav spočíva v pohltení energie svetelného žiarenia elektrónmi, následkom čoho sa zmení ich energia a môžu sa uvoľniť z valenčného do vodivostného pásma. Tým dochádza k zvýšeniu koncentrácie voľných nosičov náboja, a tým aj vodivosti polovodiča. Prírastok vodivosti spôsobený týmto javom sa nazýva **fotoelektrická vodivosť** a závisí od frekvencie, intenzity žiarenia a od teploty. Jav sa prejavuje len v určitej oblasti frekvencií svetelného žiarenia. Vnútorý fotoelektrický jav má veľký význam. Zakladá sa na ňom činnosť fotorezistorov a iných optoelektronických senzorov.

Princíp výroby energie vo fotovoltaiickom článku

Jedná sa o aplikáciu fotoelektrického javu, pri ktorom nastáva dopadom fotónov na polovodičový p-n prechod uvoľňovanie a hromadenie voľných elektrónov. Ak je p-n prechod doplnený o dve elektródy (anóda a katóda), môžeme už hovoriť o fotovoltaiickom článku, ktorým môže pretekať elektrický prúd.

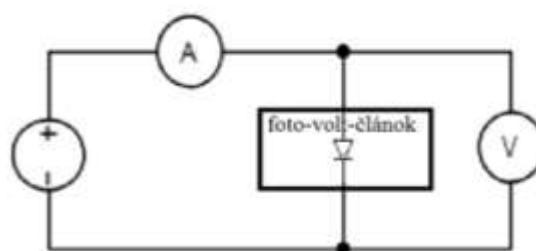
Použitá aparatúra

Photonics Explorer a Photonics Innovator kit, Photonics for all, VUB B-Photonics, Belgium

Digitálny multimeter Alcron DT-92

Elektrický set NTLO P9901-4M ŽEM / ŽES ELEKTRONIKA

Úlohy a pracovný list



Obr. 17 Schéma zapojenia elektrického obvodu.

1. Zostavte elektrický obvod podľa schémy na Obr. 17.
2. Sledujte vplyv prirodzeného svetla na veľkosť napätia v závislosti od povrchu odkrytého fotočlánku.
3. Odmerajte napätie na fotovoltackom článku v závislosti od vzdialenosti zdroja osvetlenia
4. Meňte veľkosť osvetleného povrchu fotovoltackého článku prirodzeným svetlom a v závislosti od veľkosti povrchu merajte veľkosť napätia (pre 3 polohy vždy zväčšené o tretinu).

Namerané hodnoty:

Povrch odkrytého fotočlánku	Napätie [V]
1/3	
2/3	
3/3	

Následne osvetlite povrch fotovoltackého článku a v závislosti od vzdialenosti osvetlenia po 10 cm merajte napätie na fotovoltackom článku.

Namerané hodnoty:

Vzdialenosť zdroja osvetlenia [cm]	Napätie [V]
10	
20	
30	

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

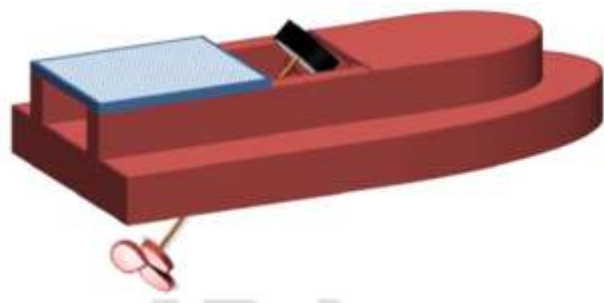
Počet udelených bodov:

Využitie slnečnej energie v solárnych paneloch

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp



Obr. 18. Solárny panel na streche domu (vľavo) a schéma loďky so solárnym panelom navrchu (vpravo) a motorom zospodu (zdroj P4All).

Štandardný solárny panel (známy tiež ako solárny modul) sa skladá z vrstvy kremíkových článkov, kovového rámu, skleneného puzdra a rôznych vodičov, aby umožnil prúdenie z kremíkových článkov.

Kremík (atómové číslo 14 v periodickej tabuľke) je nekov s vodivými vlastnosťami, ktoré mu umožňujú absorbovať a premieňať slnečné svetlo na elektrinu. Keď svetlo interaguje s kremíkovou bunkou, spôsobuje to, že sa elektróny uvedú do pohybu, čo iniciuje tok elektrického prúdu. Toto je známe ako „fotoelektrický jav“ a opisuje všeobecnú funkčnosť technológie solárnych panelov.

Solárne panely pracujú na nasledovnom princípe:

1. Fotovoltaické články absorbujú slnečnú energiu pomocou fotovoltaických článkov, a premieňajú ju na jednosmernú elektrinu, pričom generujú jednosmerný prúd („direct current“, DC)
2. Následne pomocou invertorovej technológie prevádzajú jednosmerný prúd zo svojich solárnych modulov do **solárneho invertora**, ktorý ho mení na striedavý elektrický prúd („alternative current“, AC), ktorú používa väčšina domácich spotrebičov.
3. Elektrická energia potom prúdi elektrickým panelom do domácnosti a napája elektrické zariadenia.
4. Prebytočná elektrina vyrobená solárnymi panelmi sa privádza do elektrickej siete.

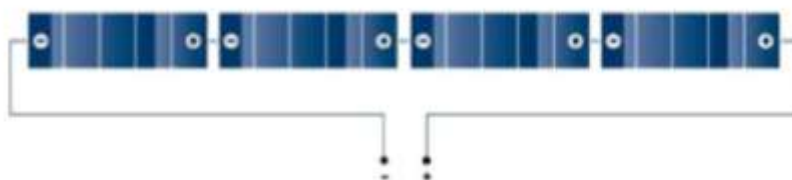
Použitá aparatúra

Photonics Explorer a Photonics Innovator kit, Photonics for all, VUB B-Photonics, Belgium

Úlohy a pracovný list

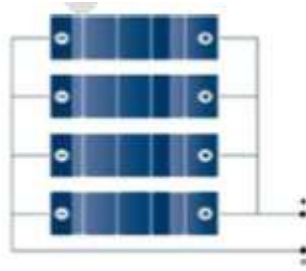
Zostrojte loď poháňanú motorom pripojeným na solárny panel podľa nákresu na Obr. 18.

Solárne panely možno zapojiť dvoma spôsobmi - sériovo alebo paralelne, pričom spôsob, akým sú zapojené, ovplyvní ich efektivitu. Keď sú panely zapojené sériovo, teda ako články reťaze, celkové napätie vzrastá (Obr. 19). Napätie jedného článku \times počet článkov = celkové napätie. Avšak reťaz je iba tak silná, ako je silný jej najslabší článok. Toto je tiež prípad solárnych panelov. Ak je totiž jeden panel menej efektívny ako ostatné, napríklad ak je jeden panel v tieni, bude to mať následky na efektivitu celej zostavy solárnych panelov.



Obr. 19 Zapojenie panelov sériovo (zdroj P4All).

Zapojenie panelov paralelne (Obr. 20) znamená väčší celkový prúd. Prúd jedného článku \times počet článkov = celkový prúd. Keď sú solárne panely zapojené paralelne, jeden menej výkonný panel nebude mať vplyv na efektivitu celej inštalácie. Panely sú na motor zapojené oddelene.



Obr. 20. Zapojenie panelov paralelne (zdroj P4All).

Otázky

Skúste rôzne zapojenie a popíšte výsledok vášho experimentu:

Ak taký malý solárny panel môže poháňať loď, čo dokážu napájať obrovské zostavy solárnych panelov?

Ako môžeme vidieť, solárny panel potrebuje pomerne intenzívne svetlo pre napájanie aj malého motora. Kde a ako by ste umiestnili solárne panely?

Určite možné využitia solárnych panelov:

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Interakcia svetla s hmotou

Absorbancia svetla

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Absorbancia je bezrozmerná fyzikálna veličina, vyjadrujúca množstvo elektromagnetického žiarenia (svetla) pohlteneho látkou. Množstvo prepúšťaného svetla exponenciálne klesá, keď prechádza materiálom. Túto závislosť popisuje **Lambert-Beer-ov zákon**. Pre absorbanciu platí:

$$A = \epsilon \times c \times l$$

Kde: A Absorbancia
 ϵ molárny absorpčný koeficient pre danú vlnovú dĺžku svetla
 c koncentrácia látkového množstva absorbujúcej zložky
 l dĺžka absorbujúcej vrstvy

Absorbancia vzorky je teda priamo úmerná hrúbke vzorky a koncentrácii absorpčného materiálu vo vzorke. Absorbanciu je možné vypočítať aj pomocou transmitancie, ktorá je určená pomerom výstupného a vstupného žiarivého toku, teda intenzity svetla prechádzajúceho vzorkou a vyžarujúcej lampy. V takom prípade je absorbancia daná ako záporný logaritmus transmitancie, teda

$$T = \frac{\Phi}{\Phi_0}$$

$$A = -\log T$$

Kde: T Transmitancia
 Φ intenzita svetla prechádzajúceho vzorkou
 Φ_0 intenzita svetla lampy

Absorbancia má veľký význam najmä v biomedicínskych aplikáciách a biochémií, pri učení vlastností rôznych chemických látok, ale tiež v materiálových vedách.

Použitá aparátúra

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics
 Lasery malé diódové (BSD1-405nm, GSDL1-520nm, SDL1-635nm), Kvant
 Spectra Suite 2008, Ocean Optics

Úlohy a pracovný list

Vypočítajte absorbanciu vzorky

Určite absorbanciu vybraných filtrov:

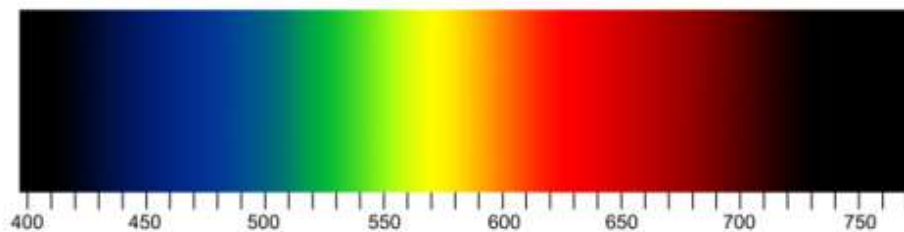
1. Zapnite lampu. V softvéri spustite START. Uložte do súboru lampa.
2. Zakryte detektor. V softvéri spustite bcg. Zaškrtnite substract bcg
3. Do nositka umiesnite modrý filter. Spustite START. Uložte do súboru.
4. Do nositka umiesnite zelený a červený filter, ako aj 2 filtre podľa vášho výberu. Uložte.
5. V Exceli alebo Origine nájdite hodnotu intenzity svetla pre maximálnu vlnovú dĺžku pre každý filter.
6. Určite, kde sa nachádza maximálna vlnová dĺžka pre každý filter na farebnej škále (Obr. 21).
7. Zostrojte graf - absorpčné spektrum jedného vybraného filtra.

Zapíšte pre maximálne vlnové dĺžky pre každý odmeraný filter intenzity spektra lampy a vzorky, vypočítajte T a A podľa horeuvedeného vzorca.

Namerané hodnoty:

Typ filtra	λ_{\max}	Φ	Φ_0	T	A

Určite, pre ktoré vlnové dĺžky je transmitancia najväčšia a porovnajte s farebnou škálou.



Obr. 21. Spektrum viditeľného svetla: porovnanie farby svetla a jeho vlnovej dĺžky v nanometroch.

Čo môžeme zistiť o látke pomocou absorbancie?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Interferencia, difrakcia a holografia

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Interferencia svetla je jav, pri ktorom dve alebo viac svetelných vln dorazia do jedného bodu v priestore a tam sú schopné skladania sa, teda interferencie.

Svetlo sa dokáže na prekážke **ohýbať** a tento jav sa nazýva **difrakcia**. Keď sa svetlo ohýba po prechode cez štrbinu, vznikajú paralelné pruhy svetla. Svetlé pruhy sú výsledkom **konštruktívnej interferencie** (sčítania dvoch svetelných vln, ktoré sú vo fáze), kdežto tmavé pruhy sú výsledkom **deštruktívnej interferencie** (odčítania dvoch svetelných vln, ktoré sú fázovo posunuté). Ak majú dve vlny interferovať, musia byť **koherentné**, teda musia mať nemenný fázový rozdiel. Preto je na tvorbu interferencie vhodné použiť laser.

Holografia znamená “**úplný záznam**”. Umožňuje vytvárať “skutočné” 3D obrázky, ktoré sa menia pri pohybe pozorovateľa. Na rozdiel od klasickej fotografie, kde vidíme len 2D obrázok, hologram umožňuje vidieť aj “za” fotografovaný objekt. Holografia je založená na jave **interferencie** medzi priamym svetlom zo zdroja a svetlom odrazeným od zobrazovaného predmetu. Využíva nielen amplitúdovú informáciu o svetle, ale aj frekvenčnú informáciu, čo pridáva a obohacuje informáciu o priestorové videnie 3D. Hologram však vidíme len za veľmi špeciálnej situácie, keď sa použije bodový, monochromatický a hlavne koherentný zdroj svetla, akým je **LASER**. Preto sa holografia začala rozvíjať až po objavení lasera v 60-tych rokoch 20 storočia. V dnešnej dobe sa však holografia používa nielen na zaznamenanie obrazu, ale vznikajú už aj prepisovateľné holografické disky s kapacitou stoviek GB, ktoré dokážu zaznamenať akúkoľvek informáciu.

Použitá aparátúra

Laser Optical Set LOS1, Kvant

Úlohy a pracovný list

Úloha 1. Difrakcia na mriežke

Zapnite laser. Oproti postavte matnicu. Vložte mriežku 1-4 medzi laser a matnicu. Zakreslite ako vyzerá obraz na matnici.

Nákres:

Prečo vznikajú na matnici svetlé a tmavé body?

Použite rôzne typy mriežok. Odmerajte vzdialenosť medzi maximami. Vyberte si jeden typ mriežky a posúvajte laser. Zaznamenajte vzdialenosť mriežky od lasera a odmerajte zmeny vzdialenosti medzi maximami podľa typu použitej mriežky.

Namerané hodnoty:

Č.	Typ mriežky	Vzdialenosť od lasera	Vzdialenosť medzi maximami
1			
2			
3			
4			
5			

Čo pozorujete keď sa mení vzdialenosť mriežky od lasera?

Úloha 2. Interferencia na tenkej vrstve

Namierte laser na tenkú vrstvu - napríklad vytvorenú z mydlovej bubliny. Sledujte interferenčný obraz na matnici. Popíšte čo vidíte.

Prečo je potrebné aby sa interferenciu použila tenká vrstva? V akých iných podmienkach ste ešte videli tento typ interferencie v každodennom živote?

Úloha 3. Rekonštrukcia hologramu

Postavte hologram do dráhy lasera. Čo vidíte? Dávajte pozor, aby ste sa nepozerali do lasera!

Otáčajte hologram rôznymi smermi. Čo sa stane pri pohybe hologramu?

Keď vidíte hologram pohybujte hlavou v rôznych smeroch, čo sa stane?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Polarizácia svetla

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Polarizácia je vlastnosť aplikovaná na priečne vlny a určuje geometrickú orientáciu kmitov. V priečnej vlne je smer kmitania kolmý na smer pohybu vlny. Jednoduchým príkladom polarizovanej priečnej vlny sú vibrácie pohybujúce sa po napnutom reťazci: napríklad v hudobnom nástroji ako je gitarová struna. V závislosti od toho, ako je struna potiahnutá, môžu byť vibrácie vo vertikálnom smere, horizontálnom smere alebo v akomkoľvek uhle kolmom na strunu.

Elektromagnetická vlna, ako je svetlo, pozostáva zo spojeného kmitajúceho elektrického a magnetického poľa, ktoré sú vždy navzájom kolmé; konvenciou sa „polarizácia“ elektromagnetických vln týka smeru elektrického poľa. Pri **lineárnej polarizácii** polia oscilujú jedným smerom. Pri **kruhovej** alebo **eliptickej polarizácii** sa polia otáčajú konštantnou rýchlosťou v rovine, v ktorej sa vlna pohybuje. Rotácia môže mať dva možné smery; ak sa polia otáčajú v pravo vzhľadom na smer pohybu vlny, nazývame to **pravá kruhová polarizácia**, zatiaľ čo ak sa polia otáčajú vľavo, nazývame to **ľavá kruhová polarizácia**.

Svetlo alebo iné elektromagnetické žiarenie z mnohých zdrojov, ako je slnko, ale aj plamene ohňa, či svetlo žiarovky, pozostávajú z vln, ktoré sa šíria všetkými smermi: takéto svetlo sa nazýva nepolarizované. Polarizované svetlo môže byť vyrobené priechodom nepolarizovaného svetla cez polarizátor, ktorý umožňuje priechod vlnám iba v jednom smere. Svetlo je tiež čiastočne polarizované, keď sa odráža od povrchu. Podľa kvantovej mechaniky je možné elektromagnetické vlny vnímať aj ako prúdy častíc nazývané fotóny. Pri tomto pohľade je polarizácia elektromagnetickej vlny určená kvantovou mechanickou vlastnosťou fotónov nazývanou spin.

Naše oko nie je uspôsobené a teda ani schopné rozpoznať rôzne smery, v ktorých sa svetlo šíri. Avšak niektoré pomôcky, ako napríklad polarizačné okuliare, vedia vybrať svetlo oscilujúce len jedným smerom a umožňujú nám vidieť len svetlo

širiac sa jedným smerom. Ak svetlo osciluje len v jednom smere, tak je polarizované. Polarizácia je dôležitým parametrom v rôznych oblastiach vedy, ako sú optika, seizmológia, rádio, či a mikrovlnné žiarenie. Na polarizácii sú založené aj technológie, ako sú lasery, bezdrôtové a optické telekomunikačné vlákna a radar.

Použitá aparátúra

Univerzálna optická súprava 01-00176 (včetně polarizátorov), Kvant

Úlohy a pracovný list

1. Použite 2 planárne polarizátory a sledujte intenzity prechádzajúceho svetla pri ich skrížení.
2. Použite 2 cirkulárne polarizátory a sledujte chyby materiálu v nepolarizovanom a polarizovanom svetle
3. Pozerajte sa na objekty okolo vás cez polarizačné okuliare
4. Zmerajte rovinu polarizovaného svetla vo vašom telefóne

Zoberte 2 planárne polarizátory. Točte jeden voči druhému. Zapište intenzitu svetla pre rôzne úrovne polarizácie do tabuľky.

Namerané hodnoty:

Č.	Polarizácia percento	Intenzita	Poznámka
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Otázky

Kedy je intenzita najväčšia?

Kedy je naopak intenzita najmenšia ?

Zoberte chybový materiál na Obr. 22 a skúste určiť jeho chybové miesta. Následne použite 2 cirkulárne polarizátory. Skúste nájsť ich vhodnú orientáciu na zobrazenie chybových miest. Komentujte určenie toho, kde sa nachádzajú chyby materiálu bez polarizácie a s jej pomocou. Popíšte vaše pozorovanie:

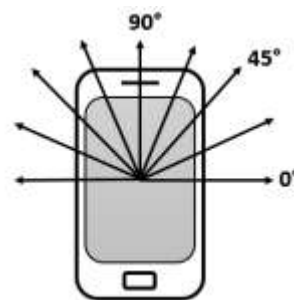


Obr. 22 Použitie kruhových polarizátorov na zistenie chybových miest v materiáli.

Pozorujte polarizačnými okuliarmi svet okolo vás. Pozrite sa na displej svojho mobilu. Kde vidíte rozdiely s obyčajnými slnečnými okuliarmi ?

Meranie roviny polarizovaného svetla v telefóne

Na zapnutý displej telefónu priložte polarizátor v uhle 0° . Postupne ním otáčajte a keď sa obraz stratí, zapíšte uhol, pri ktorom sa tak stalo (Obr. 23 vpravo). Vykonajte 5 meraní a určte priemernú hodnotu a smerodajnú odchýlku uhla polarizácie vášho mobilného telefónu/tabletu. Porovnajete rôzne telefóny. Čo by sa zmenilo, ak na displej nalepíte ochrannú fóliu?



Obr. 23. Určenie uhla polarizácie v telefóne.

Technológia displeja			
Meranie č.	Nameraná hodnota	Nameraná hodnota	Nameraná hodnota
1			
2			
3			
4			
5			
priemer			
sm.odchýlka			

Otázky

Čo môžeme zistiť o látke pomocou polarizácie?

Kde sa stretávate s polarizáciou v bežnom živote?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Zmena farebnosti roztoku červenej kapusty s pH

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp



Obr. 24. Antokyány sa nachádzajú v rôznych potravinách, ako napr. v červenej kapuste, ale tiež v čučoriedkach, modrých slivkách, či čerešniach.

Antokyány patria k flavonoidom z triedy polyfenolov. Patria k potravinárskym farbivám. Sú zodpovedné za farby mnohých druhov ovocia a zeleniny, od červenej, cez modrú, žltú až po purpurovú. Červená kapusta (Obr. 24) je výborný zdroj antokyánov. Antokyány majú v mene „kyán“ teda „cyánovú - modrú“ farbu. Avšak ich farba je rôznorodá a súvisí so zmenami pH.

pH je záporný logaritmus koncentrácie H^+ iónov (resp. koncentrácie H_3O^+ iónov):

$$pH = -\log [H^+]$$

Kyselina je protónový donor: dodáva protón do vody a tvorí viac H_3O^+ iónov. Tieto protóny sú využívané pri indikátoroch, ktorých výsledkom je zmena farby. Zásada je protónový akceptor: prijíma protóny z vody a tvorí viac iónov OH^- . Protóny sú premiestnené z indikátora na ióny OH^- , čo vedie k zmene farby.

Použitá aparátúra

Súprava meracích elektród (pH, kyslíková, konduktometrická), Handylab 680 FK, SI Analytics, Germany

Úlohy a pracovný list

1. Pripravte 6 odmerných valcov.
2. Do 3 valcov nalejte 400 ml čistej vody.
3. Do jedného z týchto odmerných valcov dodajte 50 mg (2 lyžice) sódy bikarbóny a do druhého 25 mg (1 lyžicu) kyseliny citrónovej. V treťom nechajte čistú vodu.
4. Odkrojte kúsky červenej kapusty. Zalejte cca 1-1,5 litrom vriacej vody a počkajte cca 10 minút, kým sa voda zafarbí a vychladne cca na cca 40 °C.
5. Prelejte cez sitko a zafarbený roztok rozdeľte do 3 odmerných valcov po 400 ml.
6. Do jedného z odmerných valcov dodajte 50 mg (2 lyžice) sódy bikarbóny a do druhého 25 mg (1 lyžicu) kyseliny citrónovej. V treťom nechajte roztok s kapustou.
7. Odmerajte pH všetkých roztokov pomocou pH-metra a lakmusového papiera.
8. Zmerajte konduktivitu všetkých roztokov.
9. Porovnajte vplyv iných roztokov: ocot, sprite, čistiaci prostriedok a pod., vid' obr. 25.



Obr. 25. Príklad roztokov červenej kapusty pri rôznom pH (od kyslého vpravo po zásadité vľavo).

Meranie pH

Zapojte sondu pre pH a pripravte pH meter na používanie: skontrolujte elektródu a zrealizujte kalibráciu. Zapojte sondu pre konduktivitu do druhého kanála. Vložte elektródy do roztoku a odčítajte hodnoty. Medzi meraniami vždy očistite elektródy čistou vodou a jemne osušte papierovou utierkou.

Generujte roztoky červenej kapusty s rôznym pH pridaním ďalších ingrediencií, ako sú ocot, sóda (sprite), cukor, tekuté mydlo, čistiace prostriedky, prípadne HCl a NaOH. Namerané hodnoty zapíšte do tabuľky.

Namerané hodnoty:

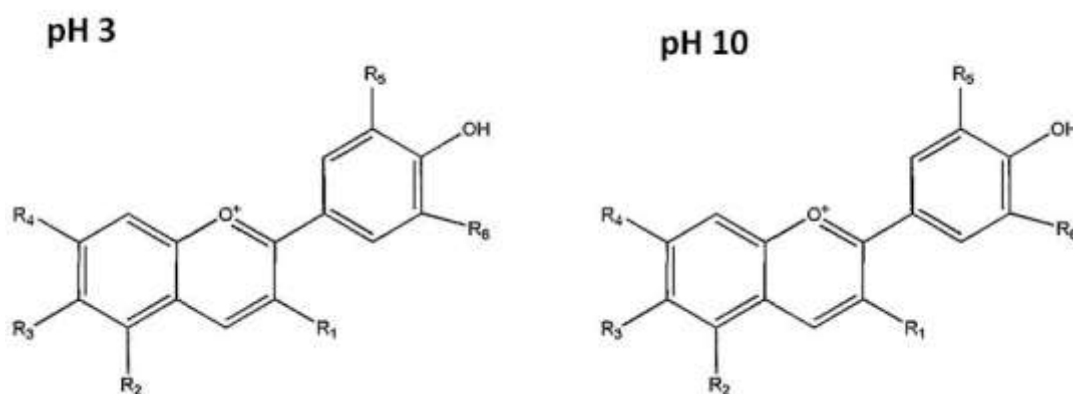
Roztok	pH s pH metrom	pH s lakmus. papierom	Farba roztoku	Konduktivita
Čistá voda				
Voda s kyselinou citrónovou				
Voda so sódou bikarbónou				
Roztok z červenej kapusty				
Roztok z červenej kapusty s kyselinou citrónovou				
Roztok z červenej kapusty so sódou bikarbónou				

Aký je vzťah medzi pH a konduktivitou?

Vypočítajte koncentráciu a molárnu koncentráciu iónov H^+

pH	$[H^+]$	Molárna $[H^+]$ [nmol]
3		
5		
7.4		
7.6		
9		

Zakreslite do Obr. 26 ako sa vyzerá molekula antokyanínu v kyslom prostredí pri pH 3 (vľavo) a v zásaditom prostredí pri pH 10 (vpravo).



Obr. 26. Molekula antokyanínu a jej zmena s pH.

Čo spôsobilo zmenu farebnosti roztoku s kapustou po dodaní kyseliny citrónovej, resp. sódy bikarbóny?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Zmena absorbancie pri rôznom pH

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp



Obr. 27. Príklad zmeny farby roztokov červenej kapusty pri rôznom pH (neutrálne pH 7 v strede, kyslé pH 3, za prítomnosti kyseliny citrónovej, vľavo a zásadité pH 8, za prítomnosti sódy bikarbóny, vpravo).

Antokyány sú molekuly, nachádzajúce sa napr. v červenej kapuste, schopné absorbovať svetlo. Tieto molekuly patria k flavonoidom z triedy polyfenolov. Sú využívané ako potravinárske farbivá. Sú zodpovedné za farbu mnohých druhov ovocia a zeleniny. Ich absorbancia sa mení so zmenami pH (Obr. 27). **Absorbancia** je bezrozmerná fyzikálna veličina, vyjadrujúca množstvo elektromagnetického žiarenia (svetla) pohlteneho látkou. Má význam v mnohých biotechnologických aplikáciách.

Použitá aparátúra

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics
 Spectra Suite 2008, Ocean Optics
 Prototyp SPM-4, spektrálny zdroj svetla, Kvant
 Súprava meracích elektród (pH, kyslíková, konduktomterická), Handylab 680 FK, SI Analytics, Germany

Úlohy a pracovný list

Určite absorbanciu antokyánov červenej kapusty :

1. Prived'te do varu vodu. Nakrájajte 1-2 listy červenej kapusty a zalejte cca 0,5 l vriacej vody. Nechajte odstáť asi 10 min.
2. Pripravte si 3 odmerné valce 100 ml. Do 1 nasypťe 1 lyžičku kyseliny citrónovej, do druhého 1 lyžičku sódy bikarbóny. Dolňte 50ml roztoku červenej kapusty prefiltrovanej cez sitko, alebo gázu.
3. Zapnite spektrometer.
4. Vložte do kyvety čistú vodu.
5. Na spektrometri vo File/store/“store dark spectrum“ zaregistrujte spektrum pri vypnutom zdroji svetla.
6. Zapnite zdroj viditeľného svetla.
7. Na spektrometri vo File/store/“store reference spectrum“ zaregistrujte spektrum pri zapnutom zdroji svetla tak, aby na obrazovke nesaturoval.
8. Vložte do spektrometra kyvetu s roztokom s červenej kapusty z odmerného valca.
9. Na spektrometri v Processing/Processing mode/Absorbance odčítajte rozhranie a maximálnu hodnotu vlnovej dĺžky absorbancie a zapíšte do Tabuľky pre meranie absorbancie spolu s farbou roztoku.
10. Sledujte zmeny absorbancie počas titrácie.

Meranie absorbancie

Porovnajte hodnoty vlnovej dĺžky absorbancie pre roztok červenej kapusty po pridaní kyseliny citrónovej a sódy bikarbóny a zapíšte do Tabuľky. pH roztoku určite lakmusovým papierom

Vzorka	Rozsah λ [nm]	λ_{\max} [nm]	Farba	pH
Červená kapusta				
Červená kapusta s kys. citrónovou				
Červená kapusta so sódou bikarbónou				

Ako sa mení farba so zmenou pH? Čo to znamená pre zmenu maximálnej vlnovej dĺžky absorbcie?

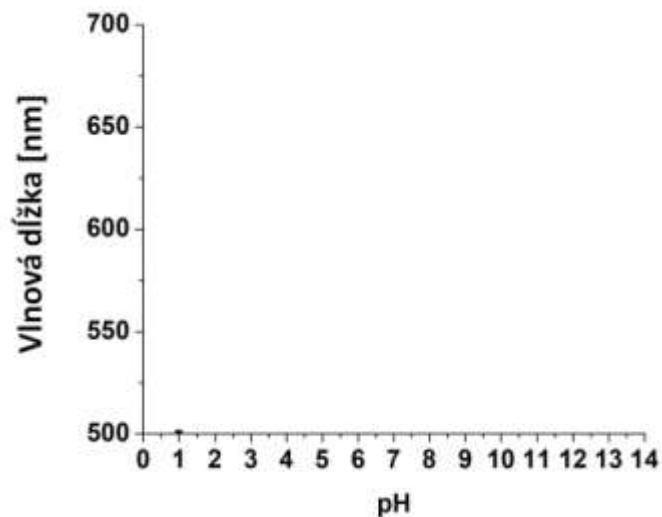
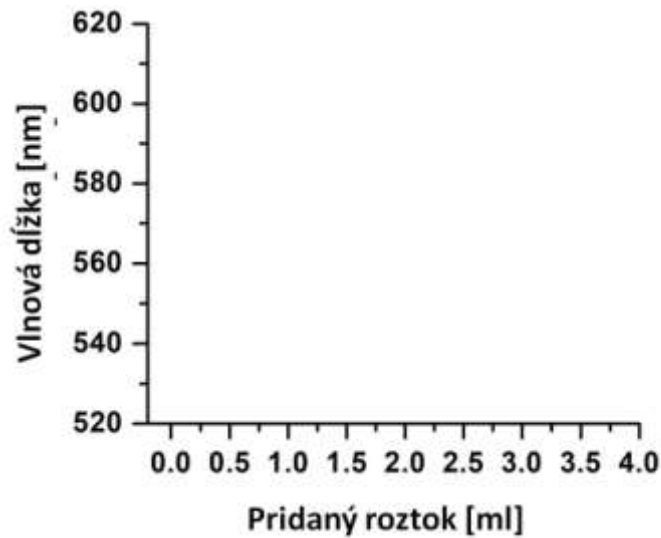
Titrácia

Do kyvety vložte 1ml roztoku červenej kapusty s kyselinou citrónovou. Zapište maximálnu vlnovú dĺžku absorbcie. Pridávajte po 0.5ml roztoku červenej kapusty so sódou bikarbónou. Zapište hodnoty do Tabuľky pre titráciu. pH určite pomocou lakmusového papiera.

Do kyvety vložte 1ml roztoku červenej kapusty so sódou bikarbónou. Zapište maximálnu vlnovú dĺžku absorbcie. Pridávajte po 0.5ml roztoku červenej kapusty s kyselinou citrónovou. Zapište hodnoty do Tabuľky pre titráciu, pričom pH určite pomocou lakmusového papiera.

Počet ml roztoku so sódou bikarbónou pridaného do roztoku s kyselinou citrónovou	λ_{\max} [nm]	pH	Počet ml roztoku so sódou bikarbónou pridaného do roztoku s kyselinou citrónovou	λ_{\max} [nm]	pH
0			0		
0,5			0,5		
1			1		
1,5			1,5		
2			2		
2,5			2,5		
3			3		
3,5			3,5		
4			4		

Ako sa mení titračná krivka pri postupnej zmene pH v prípade titrácie kyselinou vs. titrácie zásadou? Zakreslite do grafu zmeny vlnovej dĺžky of množstva pridaného roztoku vs. od pH.



Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Meranie hustoty a viskozity kvapalín

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Hustota, alebo objemová hmotnosť kvapalín je fyzikálna veličina, ktorá je určená podielom hmotnosti a objemu látky. Čím má látka vyššiu hustotu, tým má väčšiu hmotnosť v pomere k objemu.

Hustota kvapalín sa dá merať pomocou refraktometra. Súvisí so schopnosťou kvapalín s rôznou hustotou meniť index lomu svetla. Ak svetlo prechádza priehľadným materiálom (optickým prostredím), jeho elektrická zložka interaguje s elektrónmi materiálu, rozkmitá ich a elektróny materiálu sa takto stávajú novými zdrojmi žiarenia. V dôsledku týchto interakcií sa rýchlosť svetla v hmotnom prostredí zmenší.

Schopnosť materiálu spomaliť šírenia svetla charakterizujeme pomocou indexu lomu. **Index lomu** je bezrozmerná veličina, charakteristická pre dané optické prostredie. Z definície vyplýva, že vo vákuu je $n = 1$, vo vzduchu je blízky 1. Vo všetkých ostatných prostrediach je $n > 1$ (napr. index lomu vody je 1,33). Po dopade svetelného lúča na rozhranie pod uhlom α sa časť svetla odrazí pod rovnakým uhlom a časť sa láme do druhého prostredia pod uhlom β . Odraz svetla sa označuje aj ako reflexia a lom svetla ako refrakcia a túto zmenu meriame **Abbého refraktometrom** a nazývame **optická hustota**.

Viskozita je fyzikálna veličina vyjadrujúca mieru odporu tekutiny. V tomto cvičení porovnáme vzájomný vzťah medzi hustotou a viskozitou.

Použitá aparátúra

Digitálna váha Pioneer, model PX124M, Ohaus Corporation
Refraktometer Brix, Univerzálny 0-50° Bx, na meranie cukornatosti

Úlohy a pracovný list

Zrealizujte nasledovné experimenty:

1. Určite hustotu rôznych tuhých látok.
2. Určite hustotu rôznych kvapalín.
3. Sledujte závislosť viskozity od hustoty.
4. Sledujte vzťah medzi hustotou a miešaním kvapalín, resp. tuhých látok.

Meranie hustoty rôznych objektov

Zmerajte hmotnosť m predmetov digitálnou váhou a určite ich objem. Vypočítajte hustotu podľa vzorca

$$\rho = m / V$$

kde ρ je hustota, m váha a V objem

Namerané hodnoty:

Tuhá látka	Váha predmetu m [kg]	Objem V [m ³]	Vypočítaná hustota ρ [kg/m ³]	Hustota ρ [kg/m ³] podľa tabuliek
Korok				200
Drevo (dub)				630-720
ľad				916
PET fľaša vrchnák				935
Vosk				950-980
PVC				1200-1500
Cukor				1600
Krieda				1800-2600
Sklo				2400-2800

Meranie hustoty rôznych kvapalín

Vyberte rôzne kvapaliny. Určite ich hustotu pomocou refraktometra: kvapnite pipetou malé množstvo kvapaliny do okienka refraktometra, zavrite a odčítajte hustotu (stupnica vľavo). Očistite refraktometer obrúskom a čistou vodou. Prejdite na ďalšiu kvapalinu.

Namerané hodnoty:

Kvapalina	Refraktometer [kg/L]	hustota [kg/m ³] podľa tabuliek
Olej olivový		910
Voda		998
Saponát		
ocot		1049
glycerol		1261
Med		1417,1
Motorový olej		
Zmes do ostrekovača letná (do 4°C)		1050
Zmes do ostrekovača zimná (do -20°C)		920

Určenie viskozity kvapaliny

Vyberte rôzne kvapaliny (voda, olej, med). Zoberte sklenené guľôčky a určite rýchlosť pádu, ktorou guľôčka prejde dráhu d v 100 ml valci. Preneste výsledky ohľadne hustoty guľôčky a hustoty kvapalín z predošlého cvičenia. Zo závislosti pre vzťah medzi viskozitou a hustotou určite viskozitu kvapalín a porovnajte s tabuľkami.

Pre dynamickú vizkozitu η platí:

$$\eta \sim t (\rho_g - \rho)$$

kde t je čas pádu guľôčky, ρ hustota kvapaliny, ρ_g hustota guľôčky

Pre kinematickú vizkozitu ν platí:

$$\nu = \eta / \rho$$

η dynamická viskozita, ρ hustota kvapaliny

Namerané hodnoty:

Kvapalina	Hustota [kg/m ³] gulôčky ρ_g	Hustota [kg/m ³] kvapaliny ρ	Čas pádu gulôčky t [s]	Dynamická viskozita [Pa.s] η	Kinematická viskozita [m ² /s] ν	Dynamická viskozita 10 ⁻³ [Pa.s] podľa tabuliek	Kinematická viskozita 10 ⁻³ [m ² /s] podľa tabuliek
Gulôčka							
Olej olivový		910				84	43,2
Voda		998				1	1,0038
Med		1417,1				104	73,6
Glycerol						1480	

Komentujte vaše pozorovanie.

Miešanie kvapalín a predmetov s rôznymi hustotami

Nalejte do sklenenej odmerky med. Pomaly pridávajte vodu tak, aby sa liala po boku pohára a ostala na mede. Podobne dolejte olivový olej. Po vytvorení 3 vrstiev (Obr. 28) zoberte predmety so známou hustotou a vložte ich do pohára. Zapište vrstvu, alebo rozhranie kde sa predmet zastaví.

Obr. 28. Vytvorenie troch rôznych vrstiev: med, voda a olej s umiestnením rôznych predmetov.



Namerané hodnoty:

Predmet	Kvapalinové rozhranie	Hustota kvapalinového rozhrania podľa tabuliek [kg/m ³]	hustota [kg/m ³] podľa tabuliek
Korok			200
Drevo (dub)			630-720
Ľad			916
PET fľaša vrchnák			935
Vosk			950-980
PVC			1200-1500
Cukor			1600
Krieda			1800-2600
Sklo			2400-2800

Na rozhraní ktorých kvapalín sa jednotlivé predmety umiestnili? Prečo?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Určenie cukornatosti optickými metódami

Vypracovali

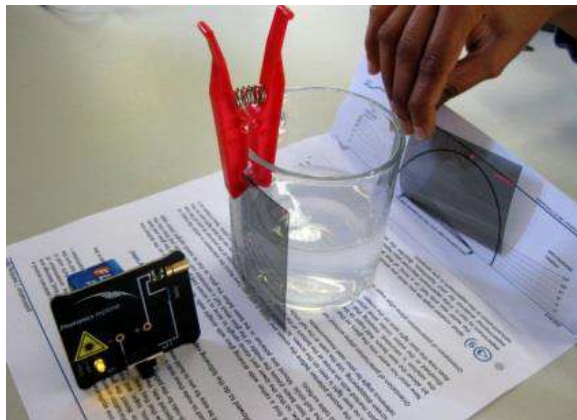
p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Svetlo má veľa vlastností, ktoré sú dobre známe ako sú absorpcia, interferencia, či difrakcia, no menej známou je jeho polarizácia. Svetlo je priečne elektromagnetické vlnenie, pri ktorom je smer kmitania kolmý na smer šírenia vlnenia. Podobne aj kmitaním elektrónov vzniká polarizované elektromagnetické vlnenie, kde je rovina polarizácie rovnobežná so smerom kmitania elektrónov.

Slnčné svetlo a svetlo žiarovky, sviečky a podobne, polarizované nie je. Ak ho ale pustíme cez tzv. polarizátor, prejde ním len tá časť svetla, ktorá je polarizovaná v smere, v akom sa dostáva cez polarizátor. To znamená, že ak sú dva polarizátory orientované v pravom uhle, neprejde cez ne žiadne svetlo. Niektoré látky však dokážu rovinu polarizácie svetla otáčať. Jednou z nich je roztok cukru. Ak medzi dva kolmo orientované polarizátory umiestnime roztok cukru, cez ktorý prechádza laserový lúč, pootočením druhého polarizátora zistíme, že uhol pri ktorom sa znova objaví na tienidle laserový lúč je odlišný oproti čistej vode - je to spôsobené otáčaním roviny polarizácie svetla prítomnosťou cukru.

Sústava dvoch polarizátorov okolo nejakej látky, ktorá otáča rovinu polarizácie svetla je veľmi dôležitá pre potravinársky, nápojový a farmaceutický priemysel. Umožňuje detegovať prítomnosť a dokonca aj presnú koncentráciu antibiotík, steroidov, vitamínov, cukru a mnohých ďalších látok rozpustených v tekutinách. Takéto testovanie produktov je dokonca ošetrené zákonom. Ak vzorka neotáča rovinu polarizácie svetla očakávaným spôsobom, produkt môže byť kontaminovaný alebo môže mať zlú koncentráciu, pričom obe možnosti predstavujú zdravotné riziko.



Obr. 29. Schéma experimentu využitia polarizácie na meranie cukornatosti.

Použitá aparatúra

Photonics Explorer a Photonics Innovator kit, Photonics for all, VUB B-Photonics, Belgium

Lasery malé diódové (BSD1-405nm, GSDL1-520nm, SDL1-635nm), Kvant

Refraktometer Brix, Univerzálny 0-50° Bx, na meranie cukornatosti

Slovenský normalizovaný muštomer (° NM) na meranie cukornatosti (hustoty).

Úlohy a pracovný list

1. Navážte 3 x 50 g cukru a vložte prvých 50 g do 250 ml vody v 250 ml odmernom valci. Nechajte rozpúšťať. Z času na čas premiešajte, kým nedostanete homogénny roztok
2. Odmerajte koncentráciu cukru muštomerom.
3. Porovnajete s meraním cukru refraktometrom.
4. Zostavte laser SDL1-635nm, kadičku a polarizátory podľa schémy na Obr. 29. Riad'te sa **bezpečnostnými pravidlami pre prácu s laserom!**
5. Skontrolujte, kde sa bude nachádzať lúč lasera v kadičke a postavte kadičku s čistou vodou tak, aby ňou laserový lúč prechádzal.
6. Ak je v kadičke len čistá voda a polarizátory sú skrížené, nevidno žiadny lúč.
7. Zmeňte kadičku za kadičku s roztokom cukru.
8. Pri skrížených polarizátoroch sa na tienidle objaví slabý lúč lasera. Otáčajte druhým polarizátorom, kým lúč znovu nezmizne a uhol zaznamenajte.
9. Postupne dopĺňajte cukor po 50 g a opäť zmerajte koncentráciu cukru muštomerom, refraktometrom aj polarizátorom.
10. Realizujte viacero krokov, alebo zvyšujte koncentráciu cukru až pokým sa už ďalší cukor nerozpustí - nasýtený roztok - a zaznamenávajúte uhly.

Meranie stupňa cukornatosti muštomerom (hustomerom)

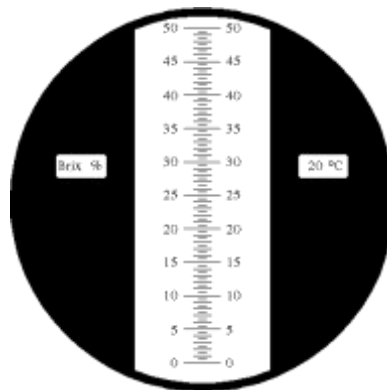
Muštomer udáva počet kg cukru na 100 l muštu. Ponorte muštomer do 250 ml roztoku v odmernom valci. Odčítajte číslo - stupeň cukornatosti. Zapište výsledok do tabuľky dole.

Opíšte Vaše pozorovanie.

Meranie stupňa cukornatosti refraktometrom

Otvorte refraktometer a z kadičky z čistou vodou napipetujte kvapku aby zakryla celé políčko.

Zakreslite polohu do Obr. 30:



Obr. 30. Stupnica pri pohľade do refraktometra na meranie stupňa cukornatosti.

Vyčistite refraktometer a zmerajte polohu pre rôzne koncentrácie cukru (napipetujte kvapku). Zapište do tabuľky. Po každom použití refraktometra okno vyčistite čistou vodou a utrite do sucha.

Opíšte Vaše pozorovanie. Ako ovplyvňuje množstvo cukru v roztoku merané veličiny?

Porovnajzte s výsledkom získaným z hustomera (muštomera). Ktoré meranie je presnejšie a prečo?

Určenie otáčania roviny polarizácie svetla roztokom cukru.

Podľa priloženého nákresu na predošlej strane zostrojte experiment na sledovanie zmeny roviny polarizácie svetla roztokom cukru. Do kadičky nalejte najprv čistú vodu a následne ju vymeňte za cukrovú vodu a určite zmenu polarizácie v stupňoch. Namerané hodnoty zapíšte do tabuľky.

Namerané hodnoty:

	muštomer	refraktometer	uhol
čistá voda	-	0°	0°
50 g (10 lyžičiek)			
100 g (20 lyžičiek)			
150 g (30 lyžičiek)			

Meranie stupňa cukornatosti rôznych kvapalín

Vyberte rôzne kvapaliny (mušty, vína, hrozná a pod.). Určite ich stupeň cukornatosti.

Namerané hodnoty:

Vybraná látka	refraktometer	muštomer

Komentujte v akých aplikáciách sa používa meranie cukornatosti?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov:

Biofotonické metódy

Fotografia

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Fotografia spôsobila revolúciu v zachytávaní obrazov sveta okolo nás. Kým v minulosti sa na priame snímanie obrazu použili pôvodne chemické zlúčeniny - pigmenty, dnešné fotoaparáty používajú elektronické fotocitlivé čipy a obraz sa ukladá v digitálnej podobe. Dnešné digitálne kamery, napríklad aj tie, ktoré sa nachádzajú v našich mobiloch, umožňujú zosnímať stovky fotiek a hneď ich používať, bez chemického spracovania. Vďaka vysokej kapacite moderných elektronických úložísk je možné zosnímať Gigabajty obrázkov, či videí s vysokým rozlíšením a počtom obrázkov za sekundu. Vďaka miniaturizácii technológie digitálneho zberu dát je dnes možné cez mobilné telefóny dostať túto úžasnú technológiu skoro ku každému obyvateľovi zeme.

Najdôležitejšie časti fotoaparátu sú šošovka, clona a uzávierka, ktoré určujú, koľko svetla, z akého uhla, vzdialenosti a v akom čase kamera zaznamená. Na dosiahnutie vysokej kvality obrazu používajú profesionálne fotoaparáty lepšiu optiku, v prípade digitálnych fotoaparátov aj lepšie a väčšie čipy. Farebná fotografia napodobňuje spôsob, akým ľudské oko sníma farbu. Podobne ako sietnica, farebná kamera oddeľuje fotóny na základe ich energie do troch kanálov červeného, zeleného a modrého. To sa dá dosiahnuť optickými filtrami alebo v analógovej fotografii pomocou viacerých vrstiev emulzie, ktoré sú citlivé na rôzne časti viditeľného spektra. Trojfarebnú fotografiu potom reprodukovujú digitálne projektory alebo tlač pomocou vhodnej kombinácie svetiel či pigmentov.

Použitá aparátúra

Digitálny fotoaparát Canon EOS

Úlohy a pracovný list

1. Zvoľte si objekt na fotografovanie.
2. Odfotografujte objekt pri nastavení počtu pixlov.
3. Zmeňte nastavenie a opakujte fotografovanie.
4. Použite rôzne nastavenia a výsledok zapíšte do tabuľky.

Odfotografujte ten istý objekt v 3 rôznych veľkostiach (napr. ako na Obr. 31).



Obr. 31. Jeden objekt snímaný v rôznych veľkostiach s bitovou hĺbkou 24, vľavo 1:1 (5312x2988 pixelov, 6.46MB), v strede 4:3 (3984x2988 pixelov, 5.21MB), vpravo 16:9 (2976x2976 pixelov, 3.76MB).

Porovnajte na získaných fotografiách veľkosť pixelov vs. veľkosť obrázku

Namerané hodnoty:

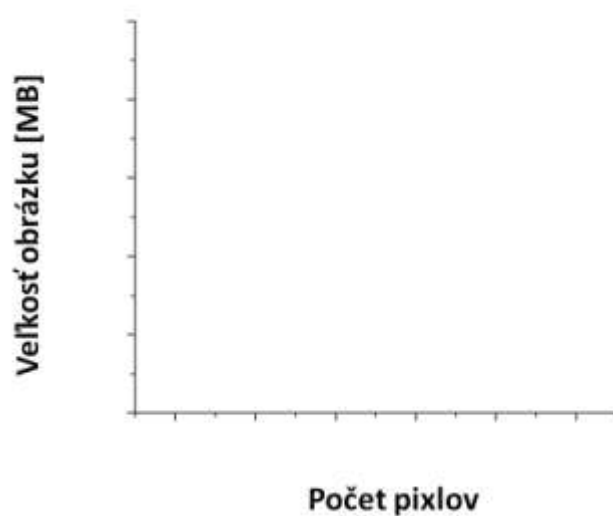
Obr.	Veľkosť pixelu dĺžka x výška	Počet pixelov (v tisícoch)	Veľkosť obrázku [MB]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Otázky

Ako sa mení rozlíšenie objektu vzhľadom na veľkosť obrázku?

Ktorá veľkosť je podľa vás najvhodnejšia? Prečo?

Zakreslite do grafu dole závislosť veľkosti obrázku v MB od počtu pixelov:



Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Mikroskopia

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Mikroskopia umožňuje pozrieť sa do sveta okom neviditeľného sveta. Vďaka rozvoju objektívov, ale tiež zdrojov svetla a detektorov v posledných desaťročiach sa mikroskopia stala nenahraditeľnou pomôckou na vstup do mikrosvetu. Svetelný mikroskop využíva zostavu šošoviek na zväčšenie malých objektov. Priekopníkmi jeho použitia boli **Antonie van Leeuwenhoek** a **Robert Hooke**, ktorí sa stali zakladateľmi mikrobiológie. Mikroskop sa ďalej zdokonalil v 19. a 20. storočí, keď sa objavili aplikácie iných vlastností svetla v mikroskopii (polarizácia, fáza, dvojlom, laserová excitácia). V roku 1893 objavil princíp mikroskopického osvetlenia vzorky **August Köhler**, ktorý je stále prítomný v moderných mikroskopoch. Optická mikroskopia sa dnes široko používa v medicíne, biológii, chémii, geológii, elektrotechnike a tiež na kontrolu kvality výrobkov.

Mikroskopia pre svoje fungovanie potrebuje vhodné zdroje svetla, zväčšovacie sklá - objektívy a tiež veľmi dôležité sú kvalitné detektory. Avšak nebolo tomu vždy tak: v minulosti namiesto detektorov len pozorovateľ sám zaznamenával to, čo pod mikroskopom videl. Správny mikroskopista teda musel byť aj dobrým kresličom, či maliarom. Postupne kreslenie nahradila čiernobiela a farebná fotografia a dnes využívame na detekciu kvalitné vysoko citlivé CCD kamery a na vizualizáciu dát počítače.

Najnovší technologický vývoj umožnil fluorescenčnej mikroskopii udržať krok s pozoruhodným pokrokom v biologických a biomedicínskych vedách v priebehu rokov. Patria sem ultrasenzitívne kamery, laserové osvetlenie, konfokálna a multifotónová mikroskopia, digitálne spracovanie obrazu, nové fluórchrómy a fluorescenčné sondy a samozrejme veľké vylepšenia v optických filtroch a rozptyľovačoch lúčov.

Použitá aparátúra

Biologický mikroskop, neinvertovaný, model BM2000, Kvant, zväčšenia 4x, 10x, 40x, 100X,
Digitálna kamera C-B3, Optika, Optical Microscopes, Italy,
Optika Proview x64, 3.7.

Úlohy a pracovný list

Zoznámte sa s mikroskopom a použítie ho na zosnímanie suknice červenej a bielej cibule:

1. Pomocou skalpela a pinzety odlupnite jednu vrstvu suknice bielej a jednu vrstvu suknice červenej cibule.
2. Položte obe vrstvy na podložné sklíčko a kvapnite kvapku čistej vody.
3. Zakryte vrchnú časť preparátu krycím sklíčkom pod uhlom tak, aby nevznikli vzduchové bubliny.
4. Upevnite preparát na pohyblivý stolík mikroskopu.
5. Nastavte objektív 5x zaostríte na vrstvu cibule.
6. Nájdite jednu bunku a zakreslite do tabuľky.
7. Zmeňte veľkosť objektívu a zakreslite jednu bunku do tabuľky.

Za použitia rôznych objektívov zakreslite pozorovanú jednu bunku cibule:

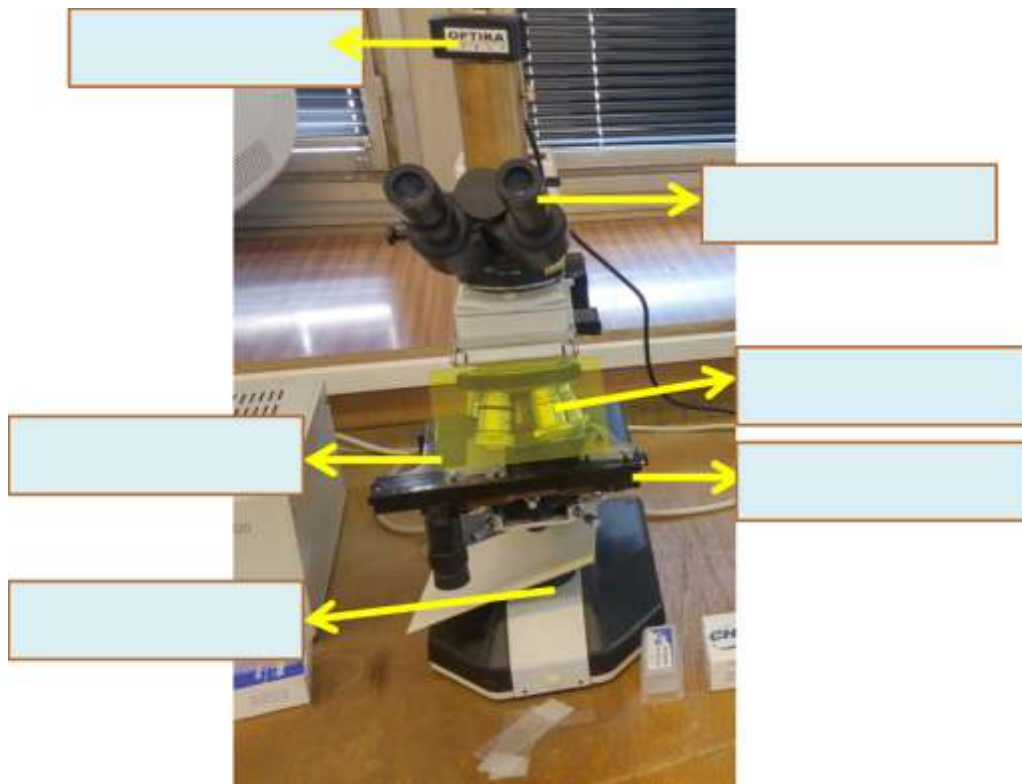
Zväčšenie objektívu	Pozorovaný obrázok jednej bunky bielej cibule	Pozorovaný obrázok jednej bunky červenej cibule

--	--	--

Otázky

Aké farbivo má červená cibuľa navyč voči bielej?

Z akých častí sa skladá mikroskop? Do obr. 32 dopňte názvy jednotlivých jeho častí:



Obr. 32. Biologický mikroskop. Do rámkov zapíšte názvy jednotlivých častí mikroskopu

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Spektroskopia: vytvor si vlastný spektrometer

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

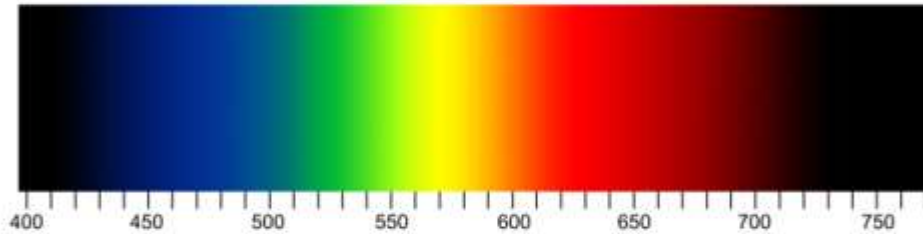
Princíp

Spektroskopia je štúdium absorpcie a emisie svetla alebo iného žiarenia, hmotou. Zahŕňa rozdelenie svetla (alebo akéhokoľvek elektromagnetického žiarenia) na jeho základné vlnové dĺžky (spektrum), čo sa deje rovnakým spôsobom, ako keď hranol alebo kvapka dažďa rozdeľuje svetlo na dúhu farieb.

V porovnaní so spektroskopiou je **spektrometria** meranie interakcií medzi svetlom a hmotou. Inými slovami, spektrometria je metóda štúdia a merania konkrétneho spektra. Je široko používaná na spektroskopickú analýzu vzorových materiálov. Hmotnostná spektrometria, ktorá meria hmotnosti v chemickej vzorke prostredníctvom ich pomeru hmotnosti k náboju, je príkladom typu spektrometrie.

Spektroskopia sa zaoberá štúdiom absorpčných charakteristík hmoty alebo absorpčného správania látky pri vystavení elektromagnetickému žiareniu. Spektrometria je praktická aplikácia, pri ktorej sa generujú výsledky a pomáha pri kvantifikácii napríklad absorpcie, optickej hustoty alebo priepustnosti. Teda kým spektroskopia je veda o štúdiu interakcie medzi hmotou a vyžarovanou energiou, spektrometria je metóda používaná na získanie kvantitatívneho merania spektra.

Kým pôvodne sa spektroskopia uskutočňovala pomocou hranola a fotografických dosiek, moderná spektroskopia využíva na rozptýlenie svetla difrakčnú mriežku, ktorá sa potom premieta na CCD (zariadenia spojené s nábojom), podobné tým, ktoré sa používajú v digitálnych fotoaparátoch. 2D spektrá sa z tohto digitálneho formátu ľahko extrahujú a manipulujú s nimi za vzniku 1D spektier, ktoré obsahujú množstvo užitočných údajov.



Obr. 33 Spektrum viditeľného svetla: porovnanie farby svetla a jeho vlnovej dĺžky v nanometroch.

Prečo umožňuje spodná časť CD rozložiť svetlo?

Čo vieme vyčítať zo spektrálnej závislosti?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Časovo-rozlíšená emisia fluorescence

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Fluorescenčná doba života je významná charakteristika fluorofórov, ktorá sa vzťahuje k priemernej dobe, v ktorej molekula zostáva v excitovanom stave pred emitovaním fotónu. Pri bežne používaných fluorescenčných zlúčeninách je typická fluorescenčná doba života, po excitácii od UV po NIR oblasť, v rozmedzí od 0,5 až do 20 nanosekúnd (10^{-9} s). Fluorescencia typicky nasleduje kinetiku prvého radu:

$$[S1] = [S1]_0 e^{-t/\tau}$$

kde $S1$ je koncentrácia molekúl v excitovanom stave v čase t , $[S1]_0$ je ich počiatočná koncentrácia a τ je **charakteristický čas**, ktorý molekula strávi v **excitovanom stave**, tiež nazývaný **fluorescenčná doba života (fluorescence lifetime)**.

Meranie doby života fluorescence môže prebiehať na základe rôznych princípov, napr. metódou merania v časovej doméne (time domain), kde sa využíva časovo-rozlíšené počítanie jednotlivých fotónov (time-correlated single photon counting, TCSPC) po excitácii veľmi krátkym impulzom z impulzného lasera. V tomto prípade sledujeme dohasínanie fluorescence ako zmenu intenzity fluorescence I v čase, a síce

$$I(t) = I(0) \cdot \exp(-t/\tau)$$

Pri všetkých postupoch nám meranie doby života fluorescence umožňuje sledovať multidimenzionálnu informáciu o chemickom a fyzikálnom prostredí molekuly a tým umožňuje prípadnú separáciu viacerých vplyvov. V prípade doby života je dôležitá citlivosť tohto parametra na molekulárnom mikroprostredí, ale tiež jej nezávislosť na koncentrácií fluorofóru, fotobielení, či rozpytle svetla. Meraním doby života fluorescence molekuly je teda možné sledovať molekulu v jej reálnom komplexnom prostredí a identifikovať zmeny tohto prostredia, teda napr. viskozity, podkladu, väzby medzi molekulami, skladania (v prípade nukleových kyselín),

závislosť na teplote, či iónovej sile (napr. pri fluorescenčných indikátoroch vápnika, pH, či sodíka). Meranie fluorescenčných dôb života tak ponúka mnoho benefitov medzi ktoré patrí to, že sú nezávislé na intenzite lokálneho signálu a koncentrácii fluoroforov a poskytujú vizualizáciu molekulárneho prostredia v jedinej živej bunke.

Použitá aparátúra

FLIM setup, PMC-100-20, Becker and Hickl, Germany
 Laser pikosekundový BDL-633, Becker and Hickl, Germany
 SPCM64 version 9.84 a SPCImage 8.3, Becker and Hickl, Germany

Úlohy a pracovný list

Určite časovo-rozlišenú emisiu vybranej vzorky rias:

1. Skontrolujte zapnutie laserového zdroja svetla s vlnovou dĺžkou 633 nm.
2. Skontrolujte zvolenú dĺžku svetla.
3. Vložte vzorku v kvete do držiaka. Dobře uzavrite kryt, aby experiment prebiehal bez prítomnosti iného svetla.
4. Zapnite detektor a spustite meranie.
5. Po ukončení merania vypnite detektor a uložte dáta.
6. Otvorte kryt a zmeňte vlnovú dĺžku.
7. Zopakujte experiment pre aspoň 5 rôznych vlnových dĺžok.
8. Otvorte dáta v softvéri SPCImage a zanalyzujte získané.
9. Určite, kde sa nachádza maximálna emisia fluorescencie pre danú vzorku. Ako sa mní doba života s rôznymi vlnovými dĺžkami emisie?

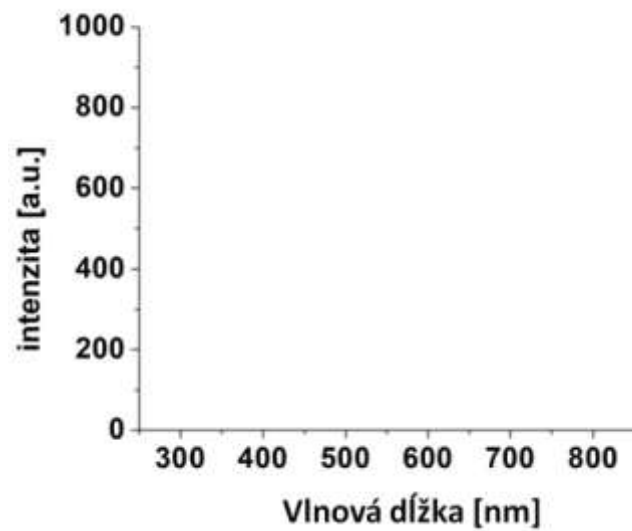
Pre vybranú vzorku odmerajte časovo-rozlišené dohasínanie fluorescencie. Zmeňte vlnovú dĺžku emisie a zopakujte meranie. Zrealizujte experiment aspoň pre 5 vlnových dĺžok. Následne určite dobu dohasínania a počet fotónov pre každú vlnovú dĺžku zvlášť a zapíšte do tabuľky.

Namerané hodnoty:

Č.	λ	Počet fotónov	A 1	τ 1	a 2	τ 2
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

9						
10						

Zakreslite počet fotónov (intenzitu) v závislosti od vlnovej dĺžky do grafu dole. Upravte mierku na arbitrárne jednotky (arbitrary units).



Čo môžeme zistiť o látke v živom organizme pomocou časovo-rozlíšenej fluorescencie?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Živé systémy a svetlo

Endogénna fluorescencia chlorofylu

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Fluorescencia je molekulárny jav, pri ktorom látka vyžaruje (emituje) svetelnú energiu takmer okamžite po prijatí (absorpcii) svetla zo svetelného zdroja. Táto látka spotrebuje určitú energiu z tohto dopadajúceho svetla, čo znamená, že vyžarované svetlo má zvyčajne nižšiu energiu (a teda dlhšiu vlnovú dĺžku) ako zdroj. Proces absorpcie svetla je známy aj ako excitácia. Emisia fluorescencie sa prejavuje najčastejšie u organických a neorganických látok. Časť z týchto molekúl sa nachádza v živých rastlinách a živočíchoch (a teda aj v ľudskom tele). Výsledkom ich prítomnosti je schopnosť väčšiny živých organizmov emitovať prirodzenú primárnu fluorescenciu, ktorá sa tiež nazýva **autofluorescencia**.

Chlorofyl je fascinujúca molekula, schopná absorbovať svetlo najmä v modrofialovej a červenej oblasti elektromagnetického spektra. Naopak, zelené svetlo absorbuje menej a viac ho odráža, čo je aj dôvodom prečo väčšinu rastlín vidíme ako zelenú. Poznáme dva hlavné typy chlorofylov vo fotosystémoch zelených rastlín a rias: chlorofyl *a* a *b*. Molekuly chlorofylu sú vitálne pre fotosyntézu, ktorá umožňuje rastlinám absorbovať energiu zo svetla.

Použitá aparátúra

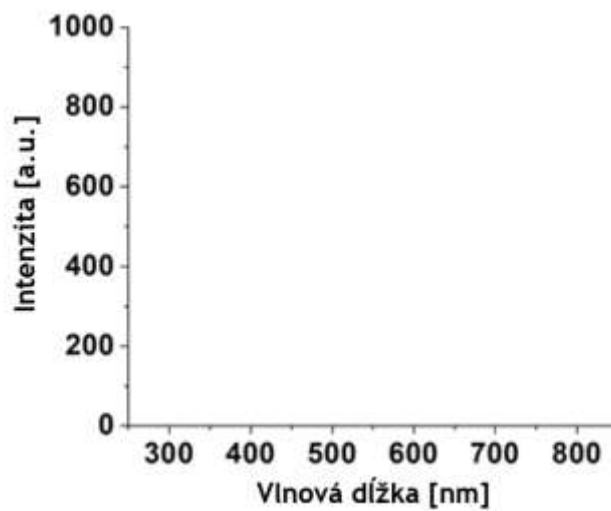
Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics
Spectra Suite 2008, Ocean Optics
Prototyp SPM-4, spektrálny zdroj svetla, Kvant

Úlohy a pracovný list

1. Určite absorbanciu chlorofylu.
2. Vyberte zdroj chlorofylu (kúsok listu, machu riasy).
3. Veľké rastliny (listy) postrihajte na malé kúsky, menšie nechajte v celku.

Skontrolujte absorbanciu fluorescencie po ožiarení zeleným a červeným laserom.
Opíšte vaše pozorovanie:

Zakreslite získané absorpčné a emisné spektrum chlorofylu do nasledovného grafu:



Aká je výhoda pre zelené rastliny absorbovať a emitovať svetlo práve v týchto vlnových dĺžkach?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Exogénna fluorescencia farbičiek a sond

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Fluoresceín ($C_{20}H_{12}O_5$) je jednou z najpoužívanějších fluorescenčných farbičiek v mikroskopii. Je to organická zlúčenina a farbivo. Absorbuje najmä v modrej oblasti a emituje v zelenej časti spektra. V biologických a biotechnologických aplikáciách sa používa predovšetkým na zafarbenie bunkových štruktúr a organel v biomedicínskych a biotechnologických preparátoch. Využitie má tiež v oftalmológii.

Využitie fluorescencie ako zobrazovacej modality sa stalo neoceniteľným nástrojom pre výskumných pracovníkov. Našlo uplatnenie v oblasti biologických a materiálových vied, kde sa študujú látky, ktoré boli predtým „neviditeľné“ pod inými formami mikroskopie. Biológovia môžu, ako je uvedené vyššie, farbiť veľmi špecifické subcelulárne komponenty fluorescenčnými molekulami ako je fluoresceín, čo im umožňuje zvýrazniť ich umiestnenie v bunke a študovať potenciálne molekulárne interakcie pri veľmi vysokých rozlíšeniach.

Použitá aparatúra

Spektrometer Red Tide USB650, Ocean Optics
Spectra Suite 2008, Ocean Optics
Prototyp SPM-4, spektrálny zdroj svetla, Kvant

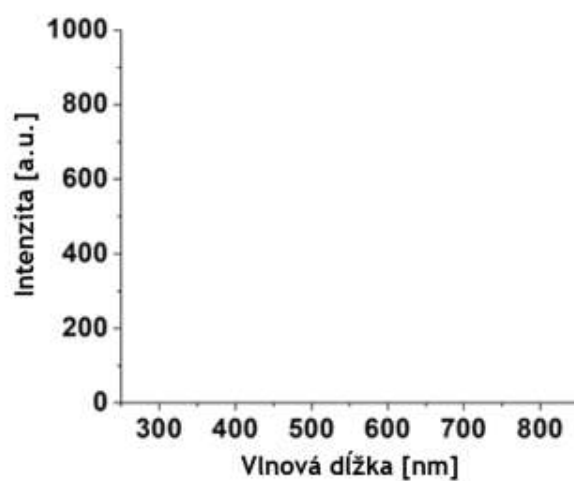
Úlohy a pracovný list

1. Určite absorbanciu a emisiu fluorescencie fluoresceínu.
2. Do 1,5 ml čistej vody dajte 2 μ l fluoresceínu.
3. Odmerajte absorbanciu fluoresceínu.

Otázky

Skontrolujte emisiu fluorescencie po ožiarení UV svetlom a červeným laserom. Opíšte vaše pozorovanie:

Zakreslite získané absorpčné a emisné spektrum fluoresceínu do nasledovného grafu:



Prečo sa pre meranie fluoresceínu v mikroskopii používa práve laser 488 nm?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Meranie teploty pomocou infračervenej kamery

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Infračervené svetlo predstavuje časť elektromagnetického spektra s vlnovými dĺžkami dlhšími ako tie pre viditeľné svetlo. Infračervené svetlo je teda pre ľudské oko neviditeľné a obyčajne dosahuje vlnové dĺžky od 700 nanometrov po 1 milimeter. Infračervené svetlo má ďalekosiahle využitie v priemyselných, vedeckých, vojenských, komerčných, ako aj medicínskych aplikáciách, ako napríklad nočné videnie.

Použitá aparatúra

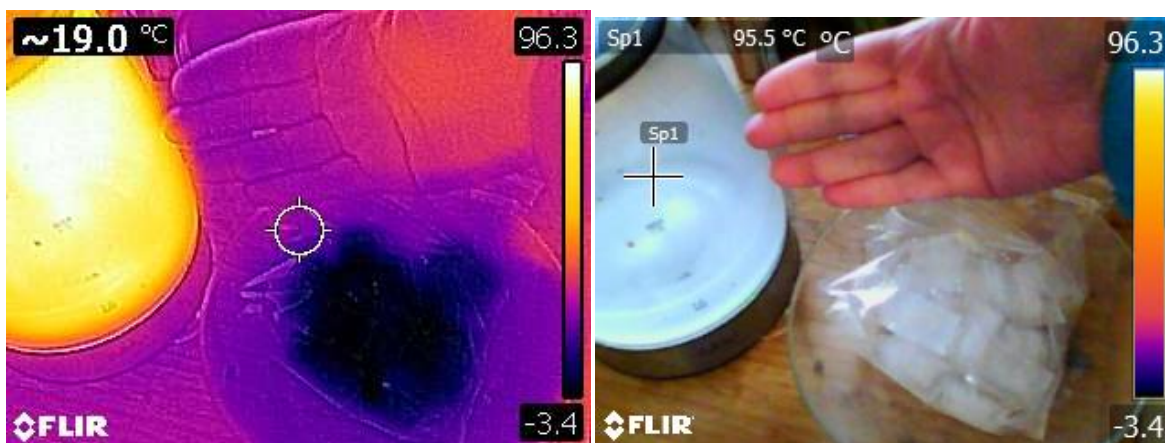
Infračervená kamera FLIR C2, Flir Systems, Sweden
Infračervený teplomer, UniversalTemp, Bosch, Germany
FLIR Tools, version 5.13.18031.2002 Flir Systems

Úlohy a pracovný list

1. Zoznámte sa s IČ kamerou a IČ teplomerom.
2. Určite teplotu rôznych častí vášho tela: vašej ruky, resp. tváre.
3. Určite teplotu iných živých objektov (list rastliny).
4. Určite teplotu rôznych neživých predmetov s rôznou teplotou (motor chladničky, mobil, počítač, vnútro chladničky).
5. Pripravte si vriacu vodu a ľad. Dajte pozor na manipuláciu s vriacou vodou.
6. Skontrolujte kalibráciu oboch prístrojov pomocou vriacej vody a ľadu.

Zmerajte teplotu rôznych živých a neživých predmetov IČ kamerou a IČ teplomerom. Zapište ich teplotu do tabuľky.

Č.	Predmet	Teplota [°C] IČ kamera	Teplota [°C] IČ teplomer
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



Obr. 34 Obrázok spravený pomocou IČ kamery (vľavo) a klasickej fotografie (vpravo) vriacej vody (žltá farba), ľadu (modrá farba) a ruky, teplota v °C.

Určite teplotu vriacej vody, ľadu a jedného vybraného objektu (napr. vašej ruky, čela a pod. - pozri Obr. 34) v °C.

Zapíšte výsledky do tabuľky pre meraný objekt získaný IČ kamerou vs. IČ teplomerom:

Pokus	IČ kamera			IČ teplomer		
	Teplota [°C] Vriaca voda	Teplota [°C] Ľad	Teplota [°C] objektu	Teplota [°C] Vriaca voda	Teplota [°C] Ľad	Teplota [°C] objektu
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Priemer ±SD						

Určite priemernú teplotu objektu meraného IČ kamerou a IČ teplomerom pomocou vzorca a zapíšte ju do tabuľky.

Určite smerodajnú odchýlku získaného aritmetického priemeru pomocou vzorca a zapíšte do tabuľky:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Ohodnotte presnosť merania infračervenou kamerou vs. teplomerom: Porovnajete smerodajné odchýlky objektu meraného IČ kamerou a teplomerom.

Ktoré meranie je presnejšie?

Použite vypočítané priemerné hodnoty všetkých veličín a určite teplotu objektu po kalibrácii podľa vzorca :

$$T_{\text{vypočítaná objektu}} = (T_{\text{meraná objektu}} - T_{\text{ľadu}}) * 100 / T_{\text{vriacej vody}}$$

$$T_{\text{vypočítaná objektu meraného IČ kamerou}} =$$

$$T_{\text{vypočítaná objektu meraného IČ teplomerom}} =$$

Ako sa zmenila teplota po kalibrácii ? Čo znamená rozdiel týchto teplôt ?

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Zobrazovanie šošovkami

Vypracovali

p.č.	Meno a Priezvisko	Odbor	Dátum
1.			
2.			
3.			

Princíp

Šošovky sú priepustné optické predmety, schopné fokusovať alebo naopak rozptyľovať lúče svetla pomocou **refrakcie**. Jednoduché šošovky sú priepustné a priehľadné. Obyčajne sú ohraničené dvomi guľovými plochami alebo guľovou plochou a rovinou. Môžu byť vyrobené zo skla alebo z umelej hmoty. Šošovky majú široké využitie ako súčasť mikroskopov, kamier, ďalekohľadov, či teleskopov. A samozrejme slúžia aj na zlepšenie zraku v podobe okuliarov. Oko samotné je optická sústava, ktorá na sietnici vytvára zmenšené a obrátené obrazy predmetov pomocou očnej šošovky.

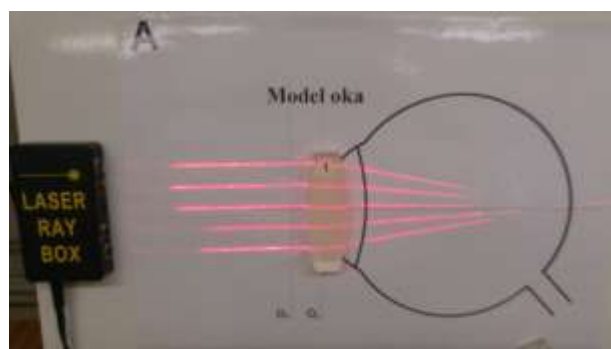
Použitá aparatúra

Optics demonstration set. modelová sústava, rôzne modely (oko), Kvant
 Laser Ray Box, 635nm, Kvant
 Pupil power supply NTLO P99-01-4AM

Úlohy a pracovný list

Ak šošovka 1 na pozícií O2 (Obr. 35) na modeli oka predstavuje správne videnie, zrealizujte nasledovný experiment:

1. Skontrolujte dráhy lúčov pre rôzne druhy šošoviek
2. Pomocou šošoviek korigujte chyby zraku na modeli oka (Obr. 35).
3. Vypočítajte približné optické mohutnosti šošoviek.



Obr. 35. Model oka ako šošovky a dráha svetla pri prechode ním.

Skontrolujte, ako menia dráhu lúčov svetla rôzne druhy šošoviek.

Zakreslite tvar šošoviek a priebeh svetelných lúčov cez ne:

Rozptylka:

Spojka:

Využitie vlastností šošoviek v korekcií porúch zraku

Priložte šošovku 2 na pozíciu O2. Čo sa stalo? Dopadá ostrý obraz na sietnicu?

Ako sa táto chyba zraku nazýva?

Použitím správnej šošovky (uved'te jej číslo) korigujte dráhu lúčov tak, aby ostrý obraz dopadol na sietnicu a vysvetlite, prečo ste tak urobili a čo ste dosiahli. Zaznamenajte výsledok

Aké okuliare zodpovedajú takejto korekcií?

Priložte šošovku 3 na pozíciu O2. Čo sa stalo? Dopadá ostrý obraz na sietnicu?

Ako sa táto chyba zraku nazýva?

Použitím správnej šošovky (uved'te jej číslo) korigujte dráhu lúčov tak, aby ostrý obraz dopadol na sietnicu a vysvetlite, prečo ste tak urobili a čo ste dosiahli. Zaznamenajte výsledok

Aké okuliare zodpovedajú takejto korekcií?

Výpočet približnej optickej mohutnosti šošoviek

Určite optickú mohutnosť šošoviek č. 1 a 2. Zaokrúhlite na celé čísla.

Šošovka č. 1

Ohnisková vzdialenosť $f =$ m

Optická mohutnosť $\varphi = 1/f =$ D

Šošovka č. 2

Ohnisková vzdialenosť $f =$ m

Optická mohutnosť $\varphi = 1/f =$ D

Šošovka č. 3

Ohnisková vzdialenosť $f =$ m

Optická mohutnosť $\varphi = 1/f =$ D

Záver

Opíšte Vaše pozorovanie

Hodnotenie

Počet udelených bodov

Bezpečnosť práce

**Poučenie o dodržiavaní zásad bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP)
a požiarnej ochrany (PO) na pracovisku**

(poučenie vykoná priamy nadriadený vedúci pracovník - u ktorého je záznam
uložený)

1. Pri práci s laserom dbať na zvýšenú opatrnosť, nepozerať sa do laserového lúča ani priamo, ani do odrazeného svetla a nevystavovať kožu ani oblečenie akémukoľvek laserovému žiareniu.
2. Pri práci s chemikáliami treba byť nanajvýš opatrný a používať ochranné pomôcky - laboratórny plášť a rukavice. Ak pracujete so sypkými chemikáliami, je potrebné chrániť si zrak ochrannými okuliarmi a používať respirátor na ochranu dýchacích ciest.
3. Pri práci s laboratórnym vybavením si treba počínať šetrne, a tak aby nedošlo k jeho poškodeniu alebo k ohrozeniu zdravia osôb, najmä pri práci s laboratórnymi pomôckami, ktoré sa môžu rozbiť alebo inak ohroziť bezpečnosť.
4. Obsluhovať prístroje a experimentálne aparátúry v laboratóriu je možné len po predchádzajúcom zaškolení a povolení vedúceho pracovníka, aby nedošlo k ich poškodeniu alebo znefunkčneniu.
5. Tekutý odpad sa zbiera len do nádoby na to vyhradenej a tuhý odpad do špeciálneho odpadového vreca žltej farby s označením „Biohazard“.
6. Nepoužívať otvorený oheň.
7. Ak nastane situácia, ktorá by mohla ohroziť bezpečnosť a zdravie osôb alebo ak vznikne nebezpečenstvo požiaru, je potrebné na to bezodkladne upovedomiť vedúceho pracovníka laboratória.
8. Po skončení laboratórnej práce je potrebné všetky prístroje a zariadenia vypnúť, laboratórne vybavenie riadne očistiť a dať na určené miesto. Všetky prípadné poruchy na elektrických zariadeniach alebo laboratórnom vybavení je treba hlásiť vedúcemu pracovníkovi.

Doplnková literatúra

Biofotonické javy, cvičené v týchto skriptách, sú podrobnejšie vysvetlené vo vysokoškolskej učebici „**Biofotonika - Compendium**“, autorka: **Alžbeta Marček Chorvátová**, vydanej Univerzitou Sv. Cyril a Metoda v Trnave, 2017, str. 1-117, ISBN 978-80-8105-865-3.

BIOFOTONIKA
PRAKTICKÉ CVIČENIA

vysokoškolské skriptá

Autorka: Prof. Mgr. Alžbeta Marček Chorvátová, DrSc.

Recenzenti:

Mgr. Martin Valica, PhD.

(Katedra ekochémie a rádioekológie, Fakulta prírodných vied, UCM v Trnave),

RNDr. Michal Cagalinec, PhD.

(Ústav experimentálnej endokrinológie, Biomedicínske Centrum SAV, Bratislava).

Vydavateľ: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, 2021
Fakulta prírodných

Vydanie: prvé
online www.ucm.sk

ISBN 978-80-572-0113-7