

Václav Pazdera
Jan Diviš
Jan Nohýl

Měření
fyzikálních
veličin
se systémem
Vernier



Pracovní listy OKTÁVA

pro základní školy a víceletá gymnázia



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Fyzika na scéně - exploratorium pro žáky základních a středních škol
reg. č.: CZ.1.07/1.1.04/03.0042

8 OKTÁVA

8.1	Barva světla.	5
8.2	Difrakce světla.	9
8.3	Osvětlení.	11
8.4	Spektra látek.	19
8.5	Radioaktivita a ochrana před zářením.	29
8.6	Polarizační filtry.	41
8.7	Odrazivost světla.	49
8.8	Absorpce.	51
8.9	Bunsenův fotometr.	59
8.10	Ohnisková vzdálenost.	63

Poznámka: Modře jsou podbarvené úlohy, pro které byly vytvořeny pouze pracovní listy a nebyly vytvořeny protokoly a vzorová řešení.

Úvod

Fyzikální veličina je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze **změřit** nebo **spočítat**. **Měření** fyzikální veličiny je praktický **postup** zjištění hodnoty fyzikální veličiny. Metody měření lze rozdělit na absolutní a relativní, přímé a nepřímé.

Tento **sborník pracovních listů, protokolů a vzorových řešení** je věnován měření fyzikálních veličin měřicím systémem **Vernier**. Samozřejmě lze stejné úlohy měřit i s pomocí jiných měřicích systémů.



Sborník je určen pro studenty a učitele.

Sborník pro PRIMU, SEKUNDU, TERCII a KVARTU pokrývá učivo nižšího gymnázia a jim odpovídajícím ročníkům základních škol. Sborník pro KVINTU, SEXTU, SEPTIMU a OKTÁVU pokrývá učivo fyziky pro vyšší stupeň gymnázia nebo střední školy.

U každého **pracovního listu** je uvedena stručná fyzikální teorie, seznam potřebných pomůcek, schéma zapojení, stručný postup, jednoduché nastavení měřicího systému, ukázka naměřených hodnot a případně další náměty k měření.

Protokol slouží pro **studenta** k vyplnění a vypracování.

Vzorové řešení (vyplněný protokol) slouží pro **učitele**, jako možný způsob vypracování (vyplnění).

Byl bych rád, kdyby sborník pomohl studentům a učitelům fyziky při objevování krás vědy zvané fyzika a výhod, které nabízí měření fyzikálních veličin pomocí měřicích systémů ve spojení s PC.

Jaké jsou výhody měření fyzikálních veličin se systémem Vernier (nebo jiných)?

- K měřicímu systému můžeme připojit až 60 různých senzorů.
- Všechna měření různých fyzikálních veličin se ovládají stejně, což přináší méně stresu, více času a radosti z měření.
- Při použití dataprojektoru máme obrovský měřicí přístroj.
- Měření můžeme provádět ve třídě i v terénu.
- Měření lehce zvládnou „malí“ i „velcí“.
- Můžeme měřit několik veličin současně a v závislosti na sobě.
- Naměřené hodnoty lze přenášet i do jiných programů.
- Naměřené hodnoty lze uložit pro další měření nebo zpracování.
- Lze měřit i obtížně měřené veličiny a lze měřit i dopočítávané veličiny.
- Lze měřit velmi rychlé děje a velmi pomalé děje.
- Pořízení měřicího systému není drahé.
- Máme k dispozici hodně námětů k měření.
- Výsledek měření nás někdy překvapí a ... poučí.
- Ve většině měření je výstupem „graf“ – velmi názorně se buduje vnímání fyzikálních vztahů mezi veličinami.

Přeji mnoho zdaru při měření fyzikálních veličin a hodně radosti z naměřených výsledků.
Olomouc 2012

Václav Pazdera

Fyzikální princip

Barva je vjem, který je vytvářen viditelným světlem dopadajícím na sítnici lidského oka. Barevné vidění lidského oka zprostředkují receptory zvané čípky trojího druhu – citlivé na tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou.

Barva	Rozsah vlnových délek	Rozsah frekvencí
červená	625–800 nm	480–375 THz
oranžová	590–625 nm	510–480 THz
žlutá	565–590 nm	530–510 THz
zelená	520–565 nm	580–530 THz
tyrkysová (azurová)	500–520 nm	600–580 THz
modrá	430–500 nm	700–600 THz
fialová (purpurová, nachová)	400–430 nm	750–700 THz

Tabulka uvádí spektrum viditelného světla (monochromatické záření) rozdělené podle barev, odpovídající vlnové délky a frekvence. Za hranicemi na straně červené resp. fialové barvy již lidské oko světlo nevnímá – zde leží infračervené a ultrafialové záření.

Cíl

Pomocí spektrofotometru určit **vlnové délky** různých barev světla.

Pomůcky



LabQuest, spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem, LEDky různých barev.

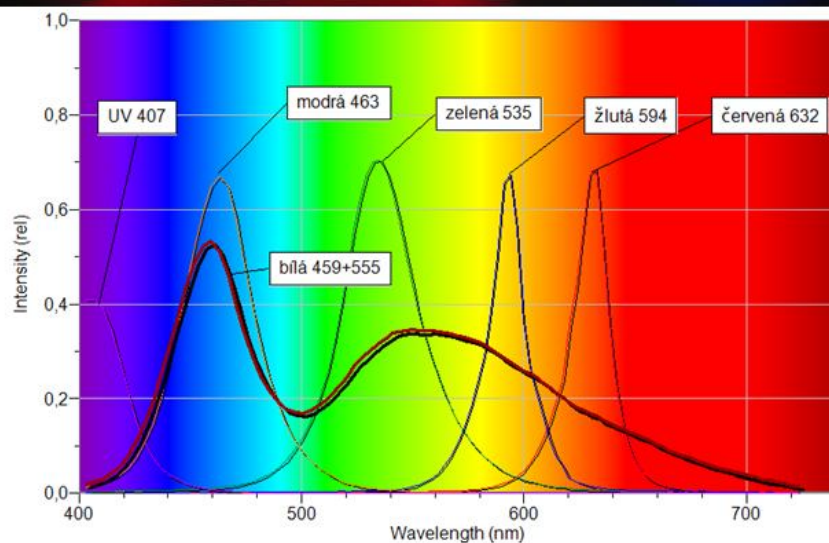
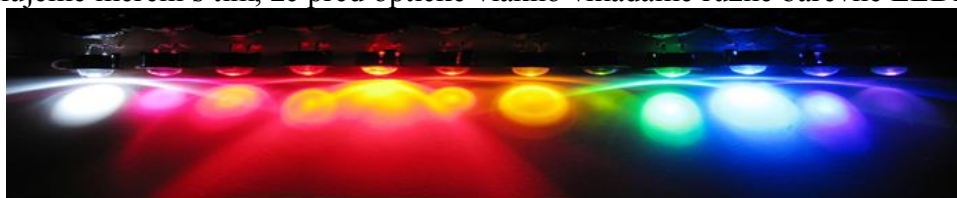


Schéma



Postup

1. Spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem zapojíme do USB konektoru LabQuestu.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu Senzory – Změnit jednotky – USB Spektrometr **zvolíme** Intenzita.
4. Zvolíme zobrazení Graf . Optické vlákno namíříme na svítící LEDku.
5. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu. Změříme emisní spektrum LEDky. Pokud hodnoty intenzity překračují maximální hodnotu „1“, je potřeba zvětšit vzdálenost od LEDky. Pokud jsou hodnoty malé, tak přiblížit optické vlákno k LEDce.
6. **Uložíme** graf – menu Graf – Uložit měření.
7. Opakujeme měření s tím, že před optické vlákno vkládáme různé barevné LEDky.

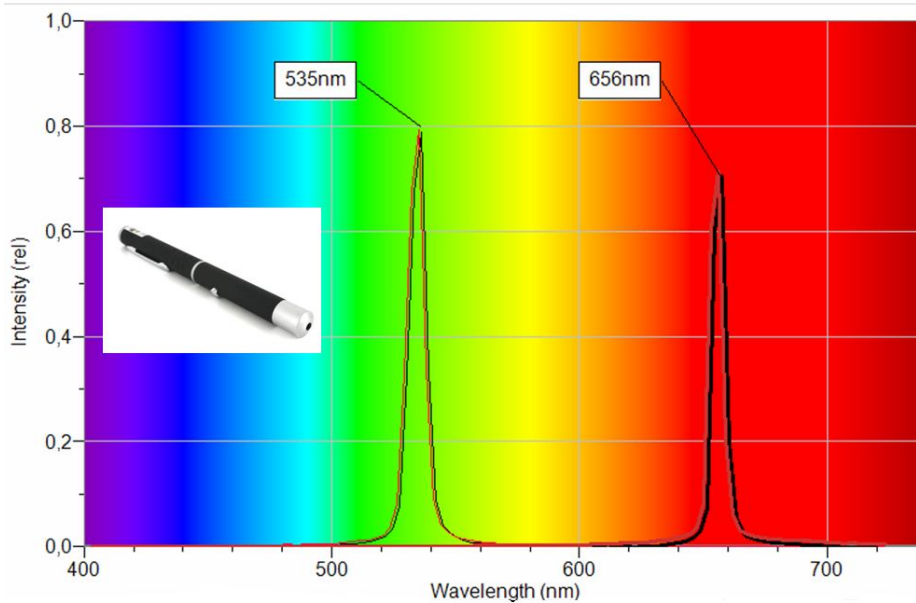


8. **Vyslovíme** závěr.

Doplňující otázky

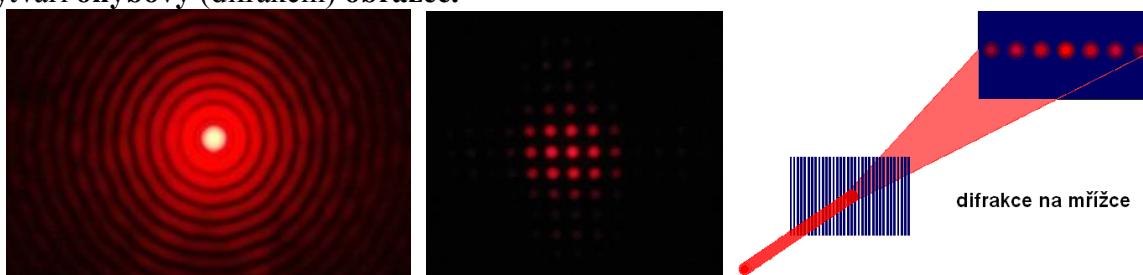
1. Zkus změřit vlnové délky různých barev laserů.

Spektrum zeleného a červeného laseru



Fyzikální princip

Ohyb neboli **difrakce světla** je jev podmíněný vlnovými vlastnostmi světla. Světlo se po dopadu na okraj překážky šíří za překážkou i do oblasti geometrického stínu, tzn. do prostoru, kam by na základě přímočarého šíření nemělo světlo proniknout. Okraj překážky může být vytvořen hranou, štěrbinou, mřížkou, otvorem, vláknem,... Za překážkou na stínítku se vytváří **ohybový (difrakční) obrazec**.

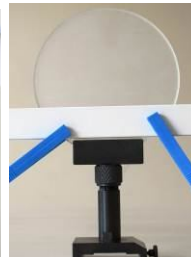
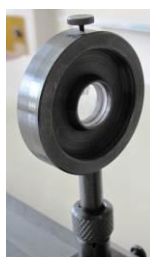
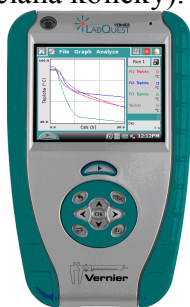


Cíl

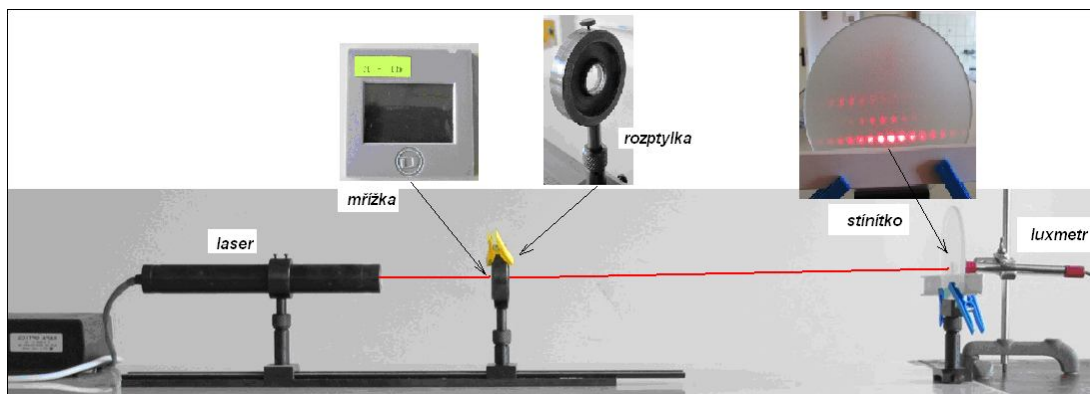
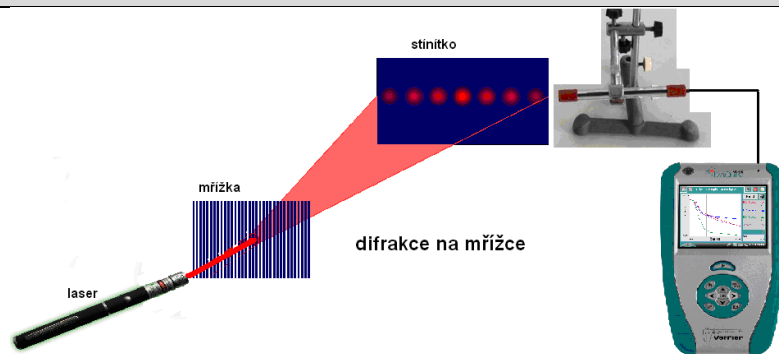
Vytvořit **ohybový obrazec** na stínítku a změřit **změnu osvětlení E** v ohybovém obrazci na stínítku.

Pomůcky

LabQuest, luxmetr LS-BTA, laser, mřížka, rozptylka, stínítko (z mléčného skla) s lištou (přidělaná kuličky).

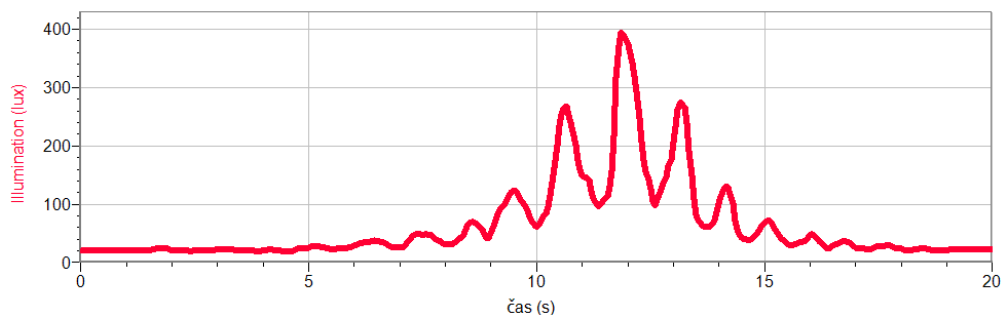


Schéma



Postup

1. Luxmetr LS-BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu. Sestavíme vše podle schéma.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. Nastavíme v menu **Senzory – Záznam dat**: Trvání: 20 s, Frekvence: 20 čtení/s. Zvolíme zobrazení **Graf**.
4. **Stiskneme** tlačítko **START** (měření) na LabQuestu.
5. Posunujeme luxmetrem pomalu (asi 20 s) a rovnoměrně za průsvitným stínítkem. Luxmetr se opírá o lištu připevněnou na stínítku těsně pod vytvořeným ohybovým obrazcem.



6. **Vyslovíme závěr.**

Doplňující otázky

1. Měření můžeme zopakovat s tím, že luxmetr upevníme do přípravku, který bude plynule a rovnoměrně pohybovat se senzorem. Přípravek můžeme vyrobit ze stavebnice MERKUR nebo LEGO NXT. Rovnoměrný pohyb bude zajišťovat motorek.
2. Ohybový obrazec můžeme vytvořit na otvoru, hraně, vlákně,...

Fyzikální princip

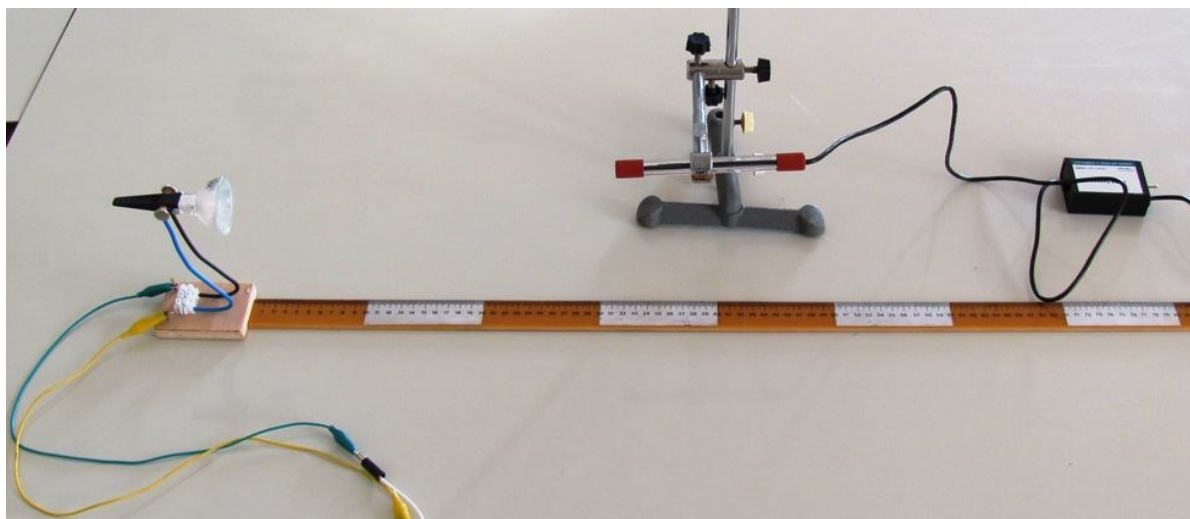
Při kolmém dopadu světla na uvažovanou plochu je **osvětlení** E plochy ve **vzdálenosti** r od zdroje o **svítivosti** I dáno vztahem $E = \frac{I}{r^2}$.

Cíl





Změřit **závislost** osvětlení E **na vzdálenosti** od zdroje světla (žárovky). **Analýzovat** funkční závislost.

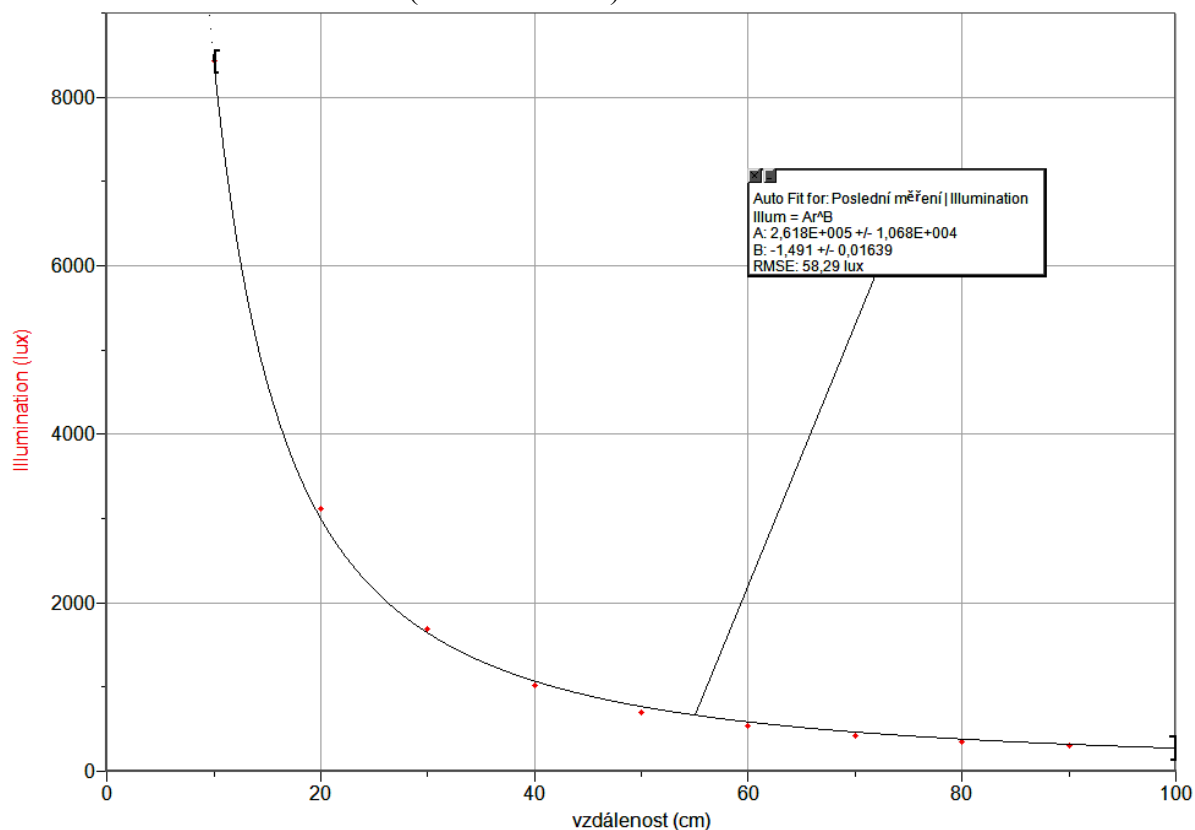
Pomůcky

LabQuest, luxmetr LS-BTA, žárovka 12 V/20 W, metr.

**Schéma**

Postup

1. Luxmetr LS-BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu **Senzory – Záznam** nastavíme **Režim: Události + hodnoty**; **Název: Vzdálenost**; **Jednotka: cm**.
4. Zvolíme zobrazení **Graf** .
5. **Stiskneme** tlačítko **START**  (měření) na LabQuestu.
6. Upevněný luxmetr nastavíme **10 cm** od žárovky.
7. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
8. Do textového okénka vložíme hodnotu **10** a stiskneme **OK**.
9. Opakujeme body 6., 7. a 8. pro hodnoty vzdálenosti 20 cm, 30 cm, ..., 100 cm.
10. Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).



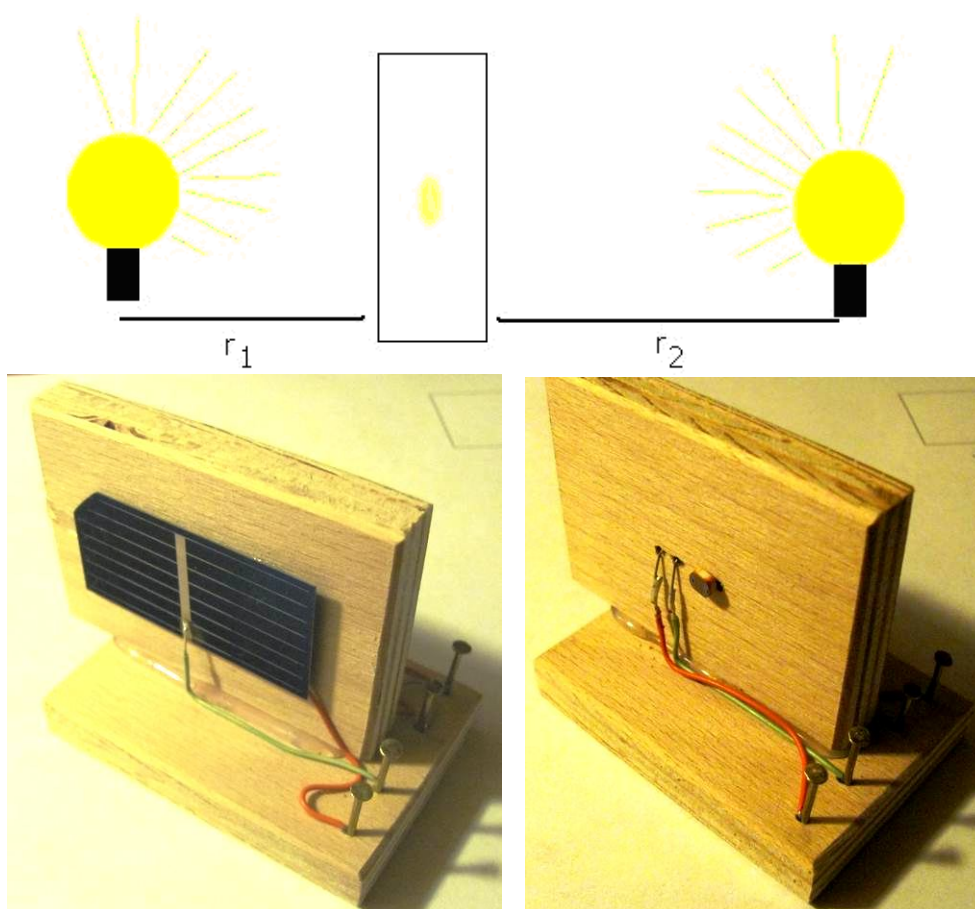
11. **Provedeme** analýzu grafu – menu **Analýza – Fitovat křivku – Typ rovnice** (nebo soubor nahrajeme do PC a v programu **LoggerPro** provedeme analýzu). **Vyslovíme** závěr.

Doplňující otázky

1. Urči kvalitu osvětlení na různých místech ve třídě a venku. Jaká je norma osvětlení?

Tabulka nejnižších přípustných hodnot osvětlení	
Prostor	Nejnižší přípustná osvětlenost
domovní komunikace, odkládací a pomocné prostory	20 lx
vnitřní části domovních vstupů, vstupy do výtahu	30 lx
obytné místnosti v bytech	50 lx
komunikace v bytech, vnitřní komunikace v administrativních a obdobných budovách	75 lx
obytné kuchyně, koupelny, WC, šatny, spíže, sušárny a úschovny kočárků	100 lx
hovorňy, čekárny, haly, prádelny, pracovny pro hrubé práce	150 lx
jídelní stůl pro společné stolování v domácnosti	200 lx
Ošetřovna, učebna, kancelář, domácí dílna, žehlárna, mandl, psací stůl, pracovní plocha v kuchyni, vertikální osvětlení 400mm od zrcadla	300 lx
provozovny pro jemné práce, kreslířny, ateliéry, počítačová pracoviště, náročné ošetřovny, vyšetřovny, laboratoře	750 lx

2. Porovnej **svítivost I** obyčejné žárovky a jí odpovídající svítivost úsporné žárovky. Vyzkoušej Bunsenův fotometr.



3. Jakou má **svítivost I** žárovka, kterou jsi použil v úloze.
 4. Změř svítivost **svíčky** (dvou, tří, čtyř, ...).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.3 Osvětlení	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf závislosti osvětlení daného místa na vzdálenosti od světelného zdroje.



Závěr:

2. Měření svítivosti obyčejné a úsporné žárovky.

Jak změříme svítivost zdroje pomocí sondy pro měření osvětlení?

Obyčejná žárovka (60 W, 230 V):	Úsporná žárovka (11 W, 230 V):
$I_1 =$	$I_2 =$

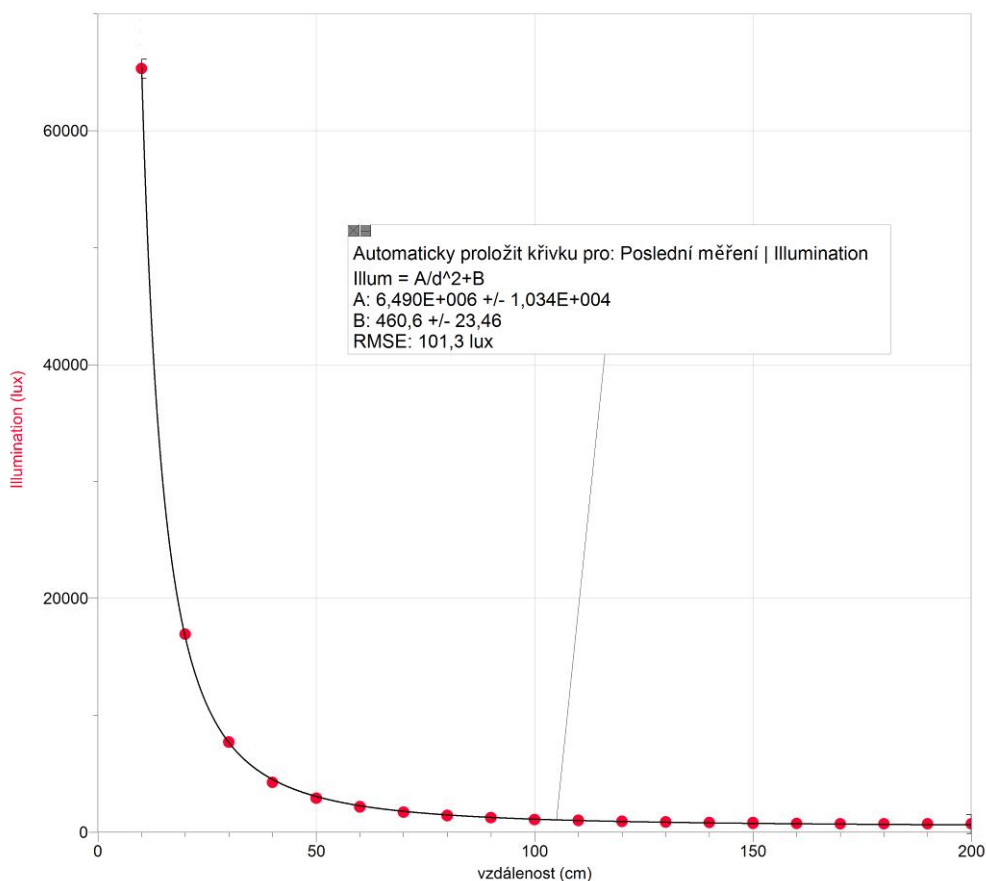
3. Porovnání svítivosti obyčejné žárovky s jí odpovídající svítivostí úsporné žárovky (Bunsenův fotometr).

Obyčejná žárovka (60 W, 230 V):	Úsporná žárovka (11 W, 230 V):
$r_1 =$	$r_2 =$

Na základě znalosti svítivosti obyčejné žárovky z předchozí úlohy vypočítejte svítivost úsporné žárovky s využitím rovnice pro fotometr $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$. Porovnejte hodnotu svítivosti úsporné žárovky s hodnotou získanou v úloze č. 2 a vyslovte závěr.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.3 Osvětlení	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf závislosti osvětlení daného místa na vzdálenosti od světelného zdroje.



Závěr:

S rostoucí vzdáleností od zdroje osvětlení daného místa klesá. Jedná se o graf klesající mocninné funkce.

2. Měření svítivosti obyčejné a úsporné žárovky.

Jak změříme svítivost zdroje pomocí sondy pro měření osvětlení?

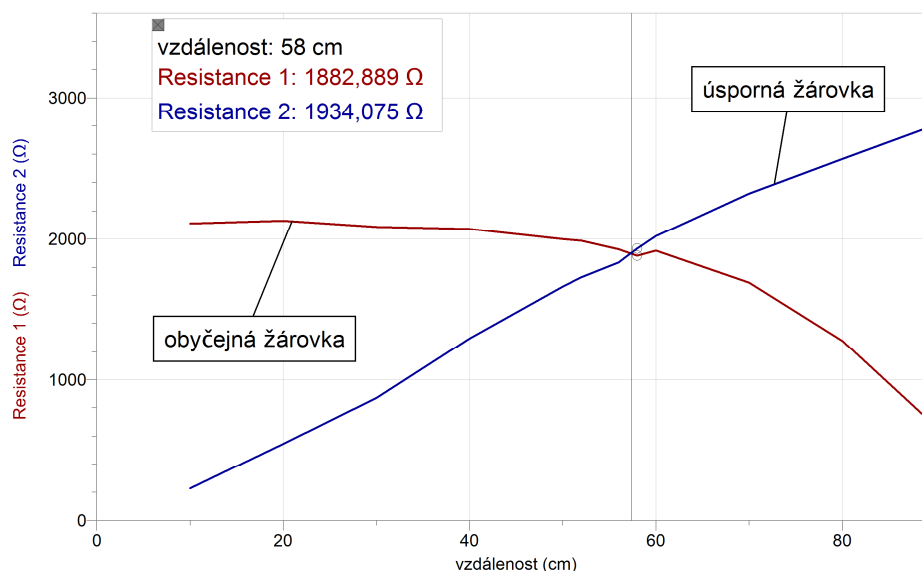
Hodnota osvětlení číselně odpovídá hodnotě svítivosti tehdy, když zdroj světla a luxmetr umístíme do vzájemné vzdálenosti 1 m. Vyplývá to ze vzorce pro výpočet osvětlení $E = \frac{I}{r^2}$.

Obyčejná žárovka (60 W, 230 V):	Úsporná žárovka (11 W, 230 V):
$I_1 = 175 \text{ cd}$	$I_2 = 112 \text{ cd}$

3. Porovnání svítivosti obyčejné žárovky s jí odpovídající svítivosti úsporné žárovky (Bunsenův fotometr).

Obyčejná žárovka (60 W, 230 V):	Úsporná žárovka (11 W, 230 V):
$r_1 = 58 \text{ cm}$	$r_2 = 42 \text{ cm}$

Mezi obyčejnou žárovku a úspornou žárovku vložíme fotorezistory, k nimž připojíme ohmmetry. Vše lze provádět se systémem Logger Pro. Oba fotorezistory jsou upevněny např. na kousku dřeva, s nímž můžeme hýbat. Na počátku umístíme obě žárovky do vhodné vzájemné vzdálenosti, např. 1 m. Když rozsvítíme obě žárovky a budeme-li mezi nimi pohybovat s fotorezistory, můžeme na obrazovce počítače sledovat hodnoty odporů obou rezistorů v závislosti na jejich vzdálenosti od zdrojů světla – viz následující graf. Vždy je dobré stanovit si jeden zdroj jako hlavní, vzhledem k němuž budeme určovat vzdálenost jednoho z fotorezistorů. Měření odporů budeme provádět např. po 10 cm. Tímto způsobem získáme dvě křivky, které se protnou v jednom bodě. Tento bod odpovídá poloze kousku dřeva s fotorezistory mezi oběma žárovkami, v níž žárovky vytvářejí stejné osvětlení fotorezistorů. Z tohoto uspořádání zjistíme vzdálenosti r_1 a r_2 a ze znalosti svítivosti např. obyčejné žárovky určíme svítivost úsporné žárovky.



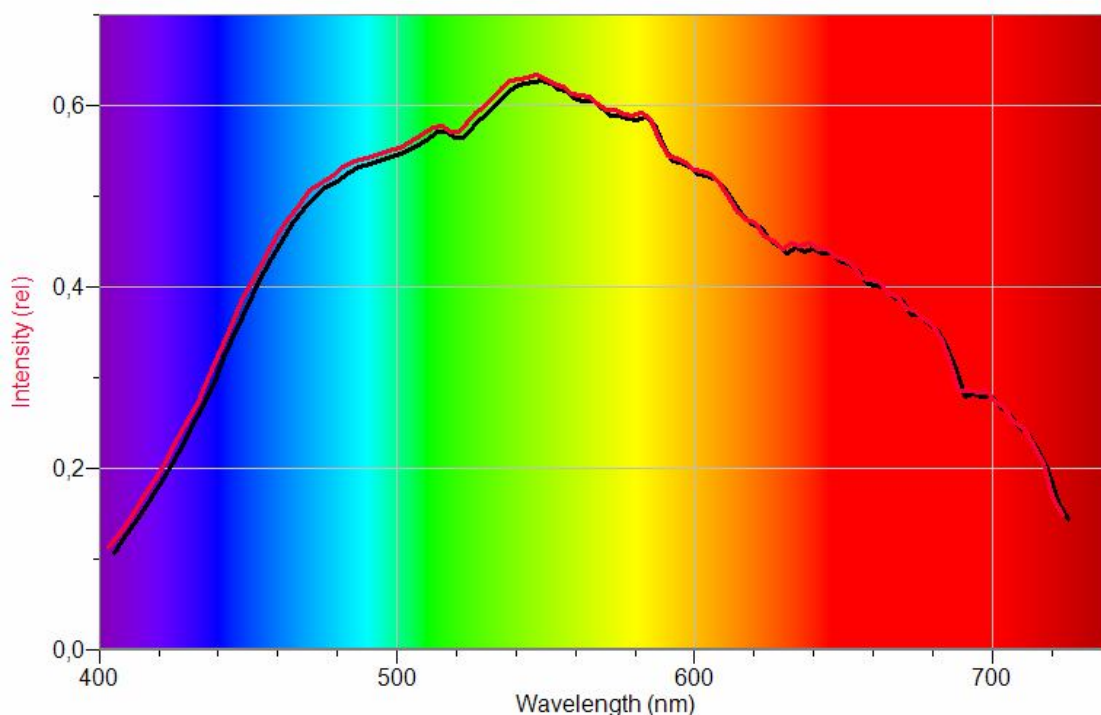
Na základě znalosti svítivosti obyčejné žárovky z předchozí úlohy vypočítejte svítivost úsporné žárovky s využitím rovnice pro fotometr $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$. Porovnejte hodnotu svítivosti úsporné žárovky s hodnotou získanou v úloze č. 2 a vyslovte závěr.

$$I_2 = 92 \text{ cd}$$

Mezi hodnotou z úlohy č. 2 a touto hodnotou je vidět značný rozdíl o 20 cd. Může to být způsobeno rušivými vlivy, zejména okolním slunečním světlem, které zachytával citlivý luxmetr.

Fyzikální princip

Spektrum látky rozumíme funkci zobrazující závislost **intenzity** elektromagnetického vlnění na jeho **vlnové délce**.



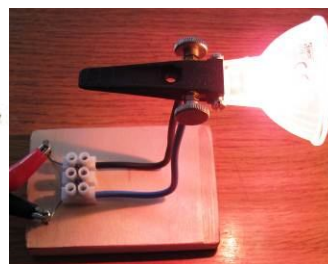
Spektra dělíme na **emisní, absorpční, čárové, spojitě a pásové**.

Cíl

Pomocí spektrofotometru určit **spektra** různých zdrojů světla.

Pomůcky



LabQuest, spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem, halogenová žárovka 12 V/20 W, další zdroje světla – laser, LEDky, různé druhy žárovek,...



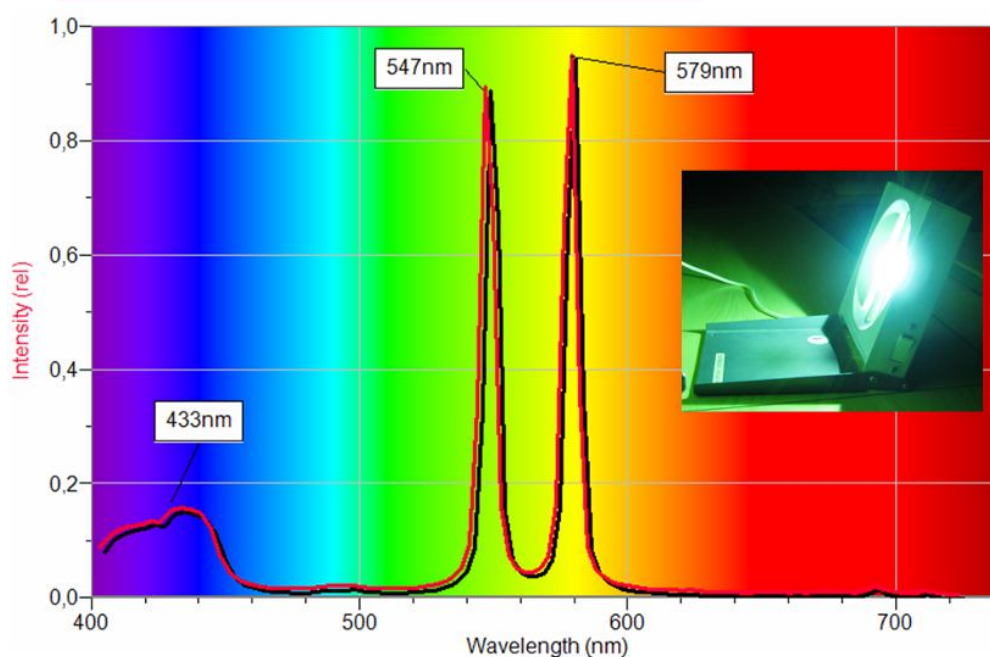
Schéma



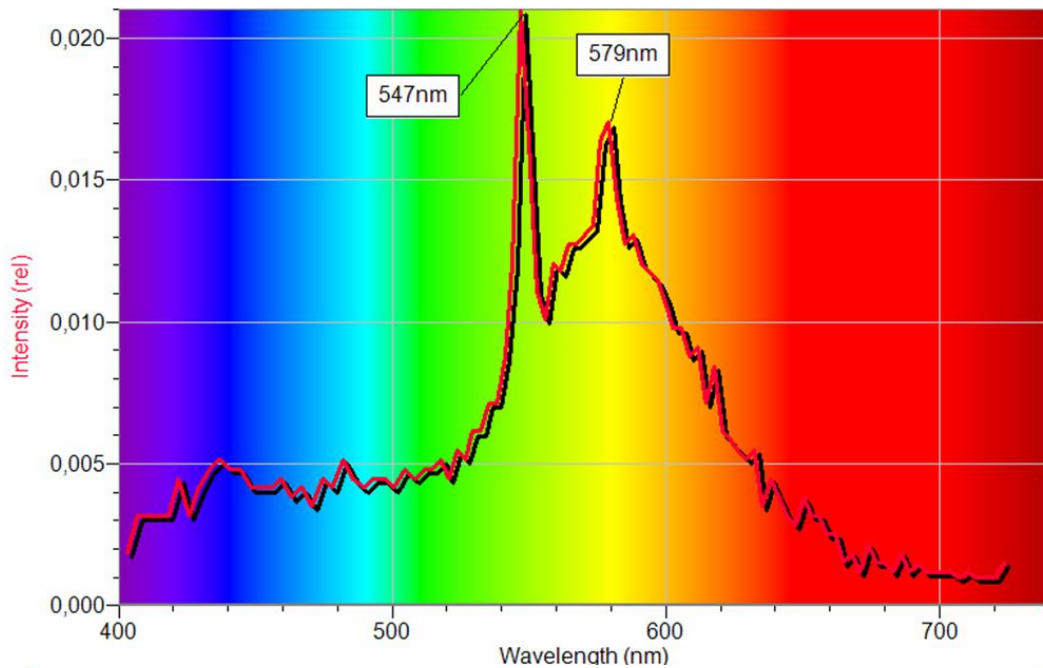
Postup

1. Spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem zapojíme do USB konektoru LabQuestu.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu Senzory – Změnit jednotky – USB Spektrometr **zvolíme** Intenzita.
4. Zvolíme zobrazení Graf . Optické vlákno namíříme na svítící halogenovou žárovku.
5. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu. Změříme emisní spektrum halogenové žárovky. Pokud hodnoty intenzity překračují maximální hodnotu „1“, je potřeba zvětšit vzdálenost od žárovky. Pokud jsou hodnoty malé, tak přiblížit optické vlákno k žárovce.
6. **Uložíme** graf – menu Graf – Uložit měření.
7. Opakujeme další měření s tím, že před optické vlákno vkládáme různé zdroje světla.

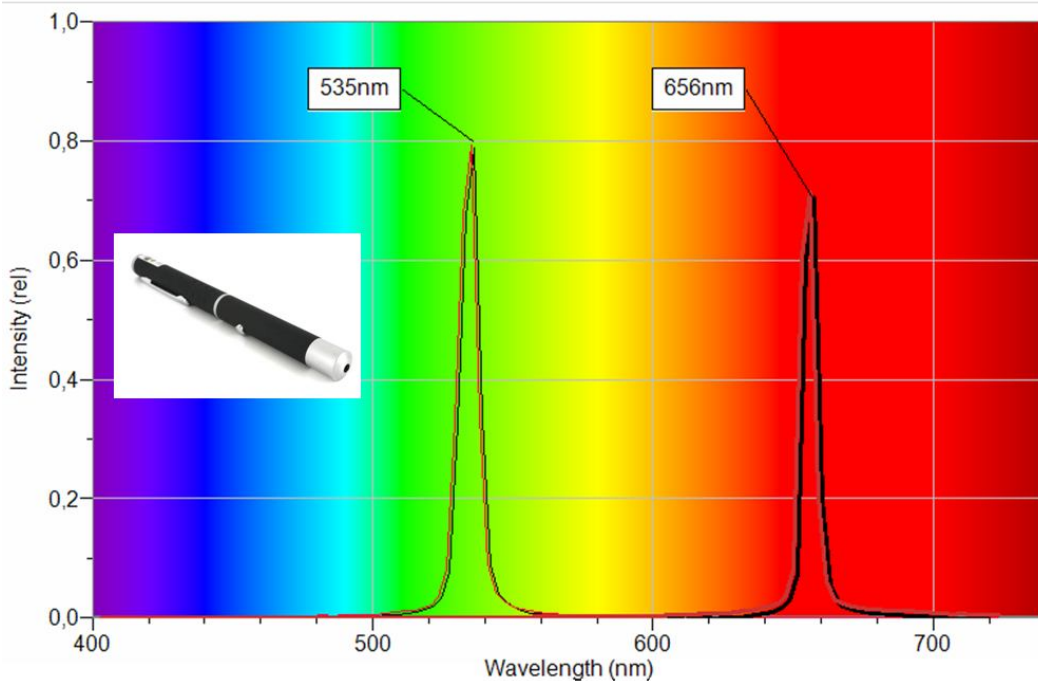
Spektrum horského slunce



Spektrum stropní zářivky



Spektrum zeleného a červeného laseru



8. Vyslovíme závěr.

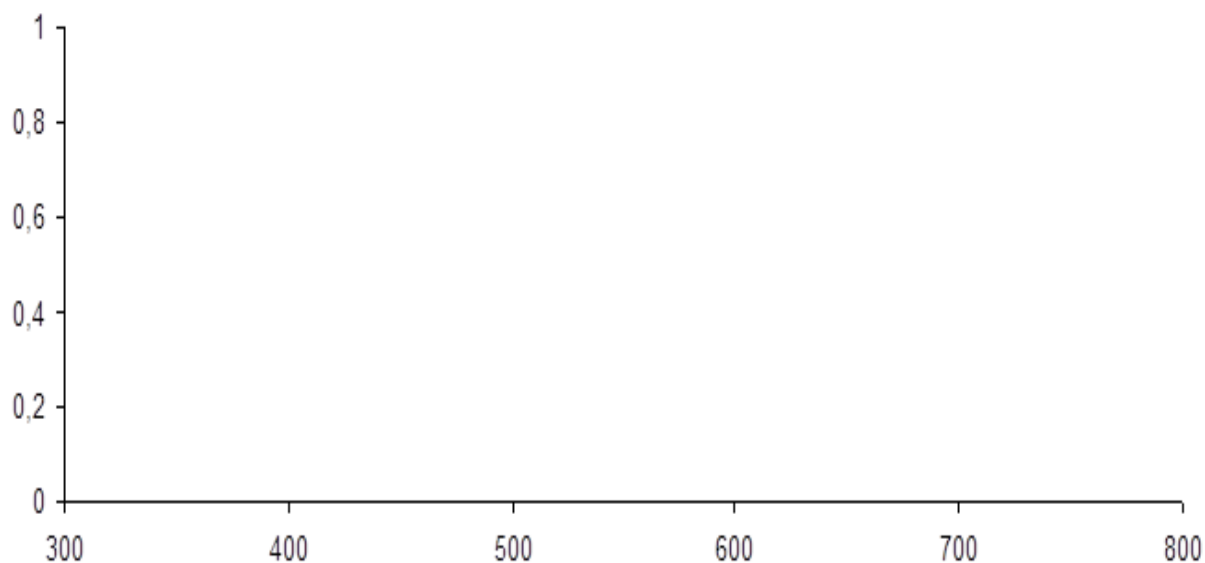
Doplňující otázky

1. Zkus změřit **absorpční** spektrum různých kapalin (plynů).

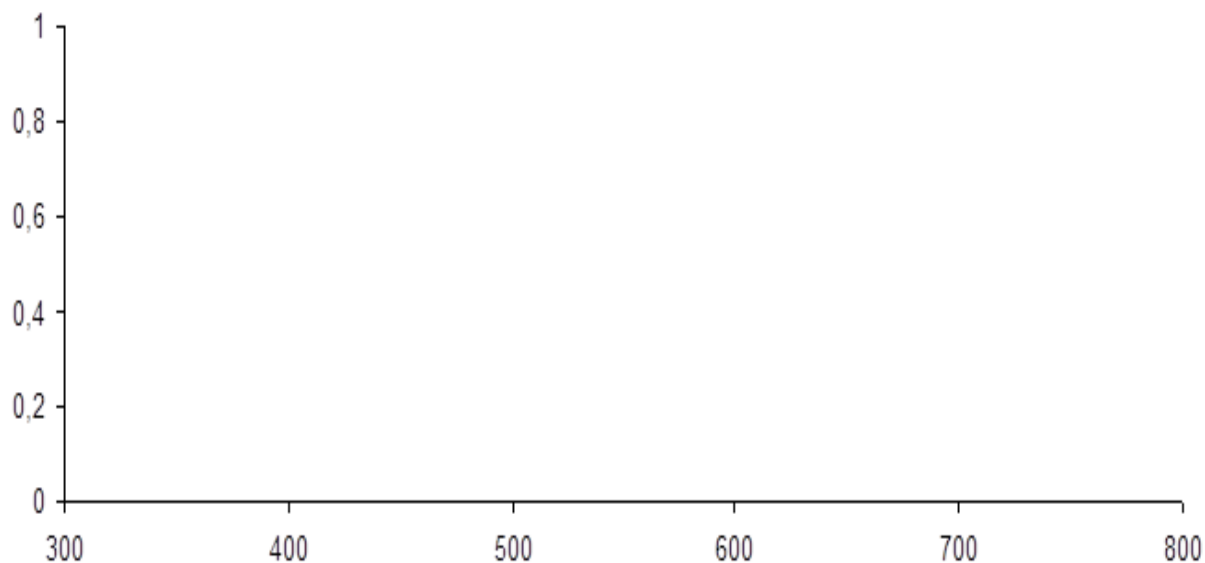
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.4 Spektra látek	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Graf závislosti intenzity elektromagnetického vlnění na jeho vlnové délce.

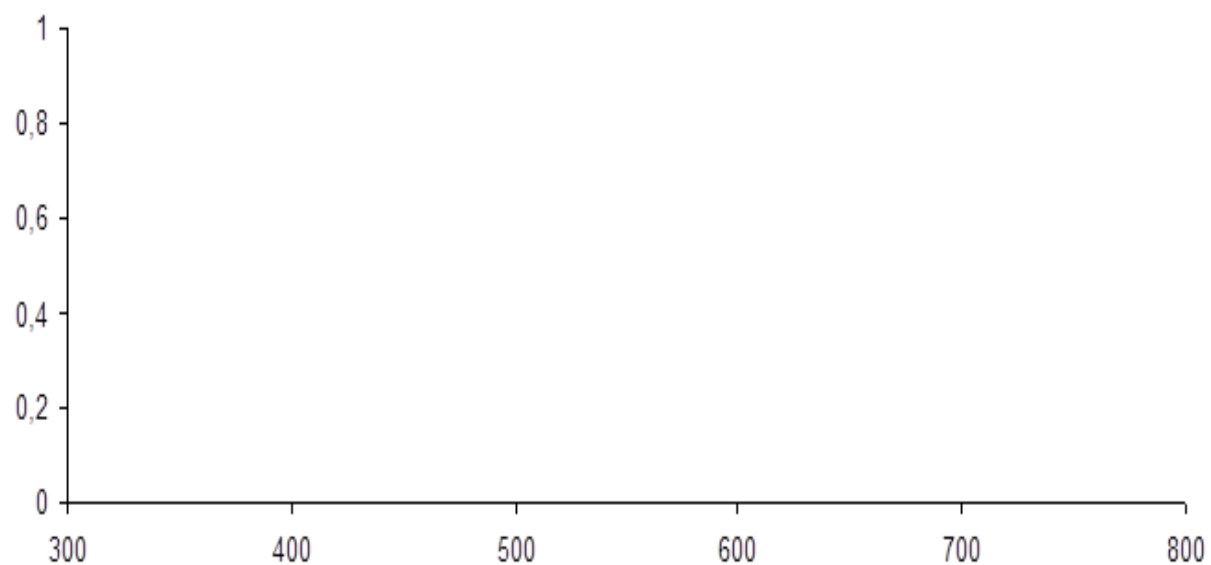
a) spektrum úsporné žárovky (230 V, 11 W) a spektrum obyčejné žárovky (230 V, 60 W)



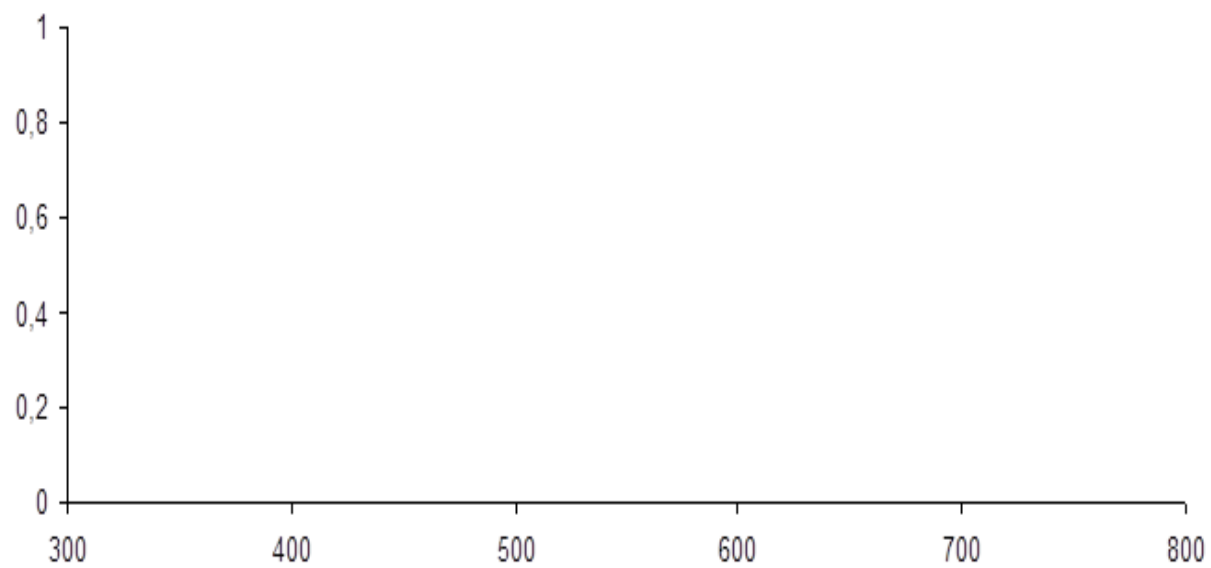
b) spektrum halogenové žárovky (12 V, 20 W) a spektrum malé laboratorní žárovky (6 V, 0,6 W)



c) spektrum stropní zářivky a spektrum červené lampy (230 V, 150 W)



d) spektrum červeného laserového paprsku ukazovátko a spektrum doplňkového osvětlení laserového ukazovátko

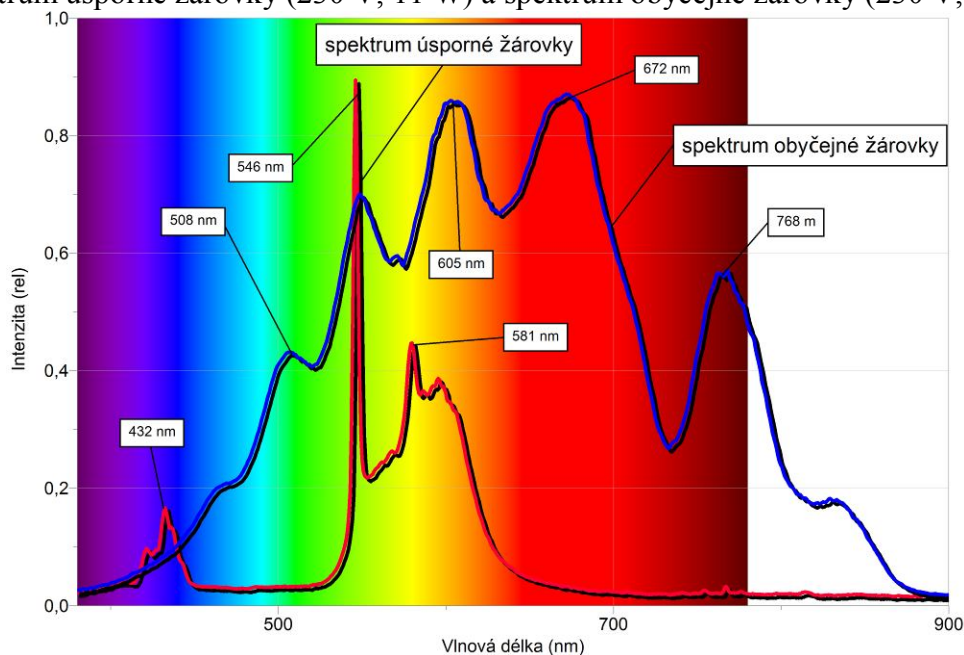


Závěr:

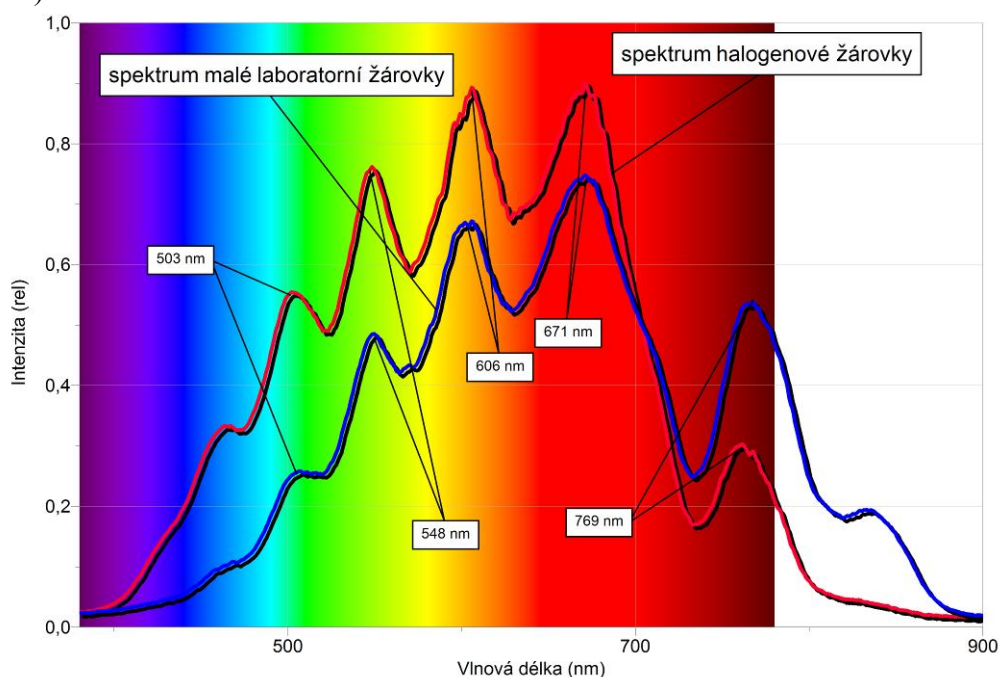
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.4 Spektra látek	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf závislosti intenzity elektromagnetického vlnění na jeho vlnové délce.

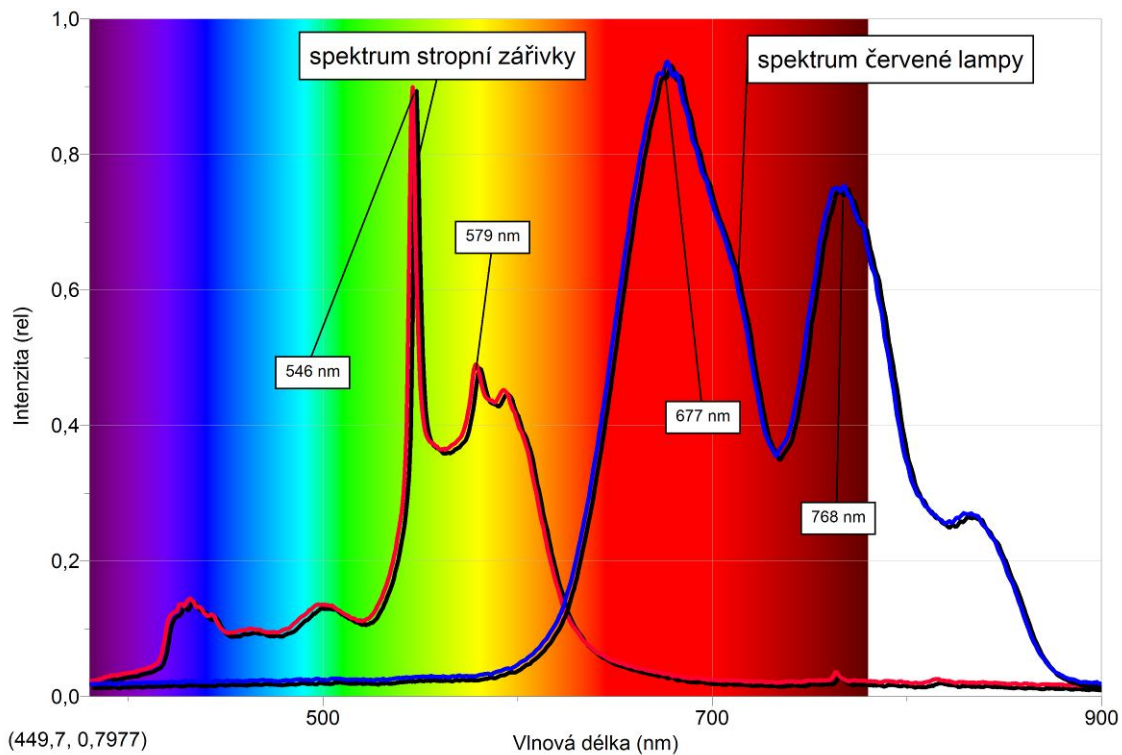
e) spektrum úsporné žárovky (230 V, 11 W) a spektrum obyčejné žárovky (230 V, 60 W)



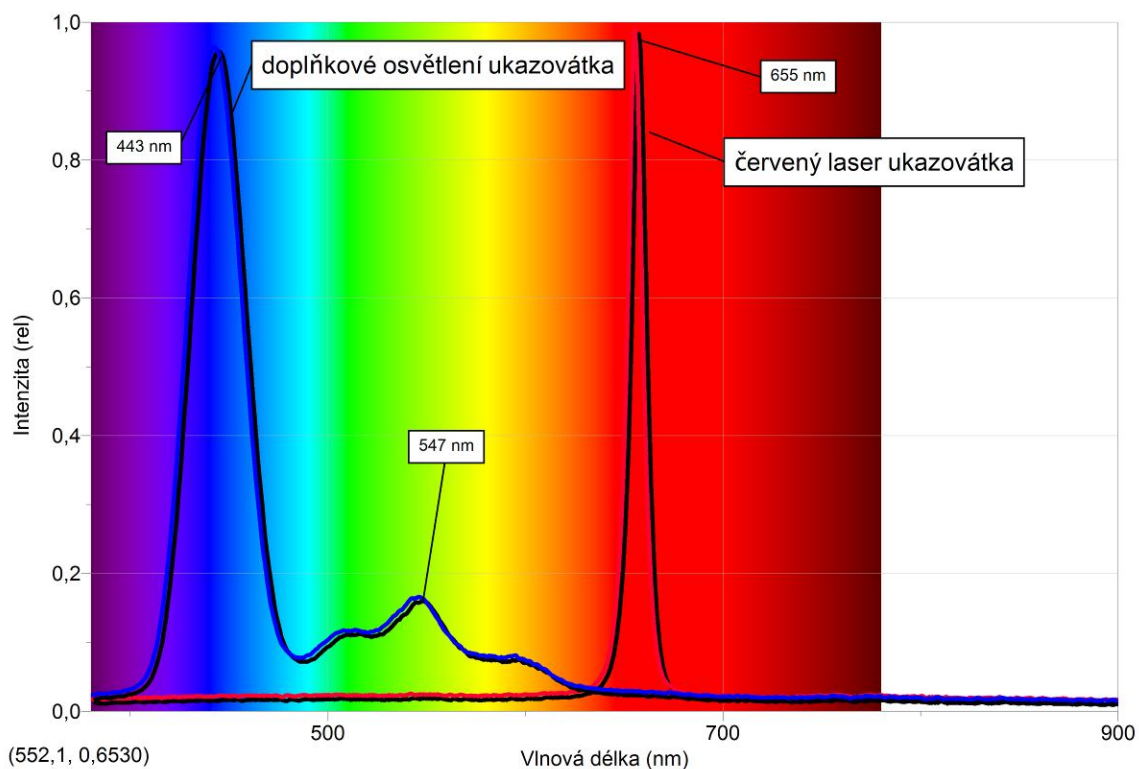
f) spektrum halogenové žárovky (12 V, 20 W) a spektrum malé laboratorní žárovky (6 V, 0,6 W)



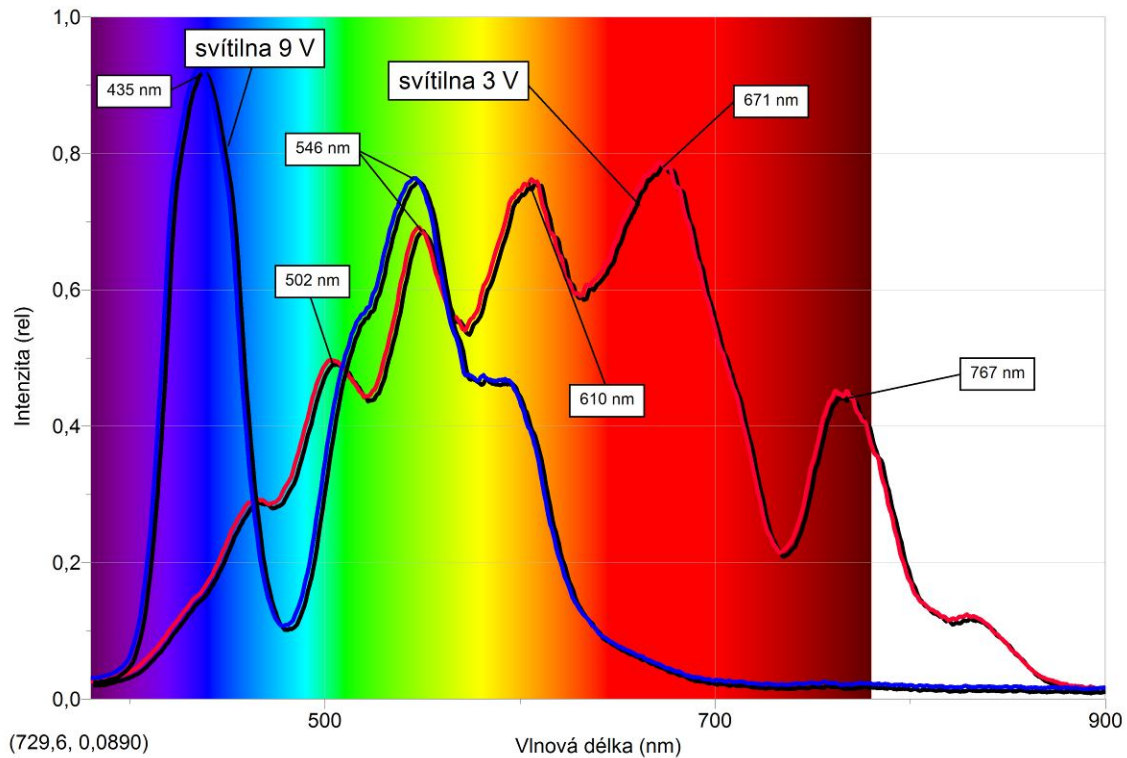
g) spektrum stropní zářivky a spektrum červené lampy (230 V, 150 W)



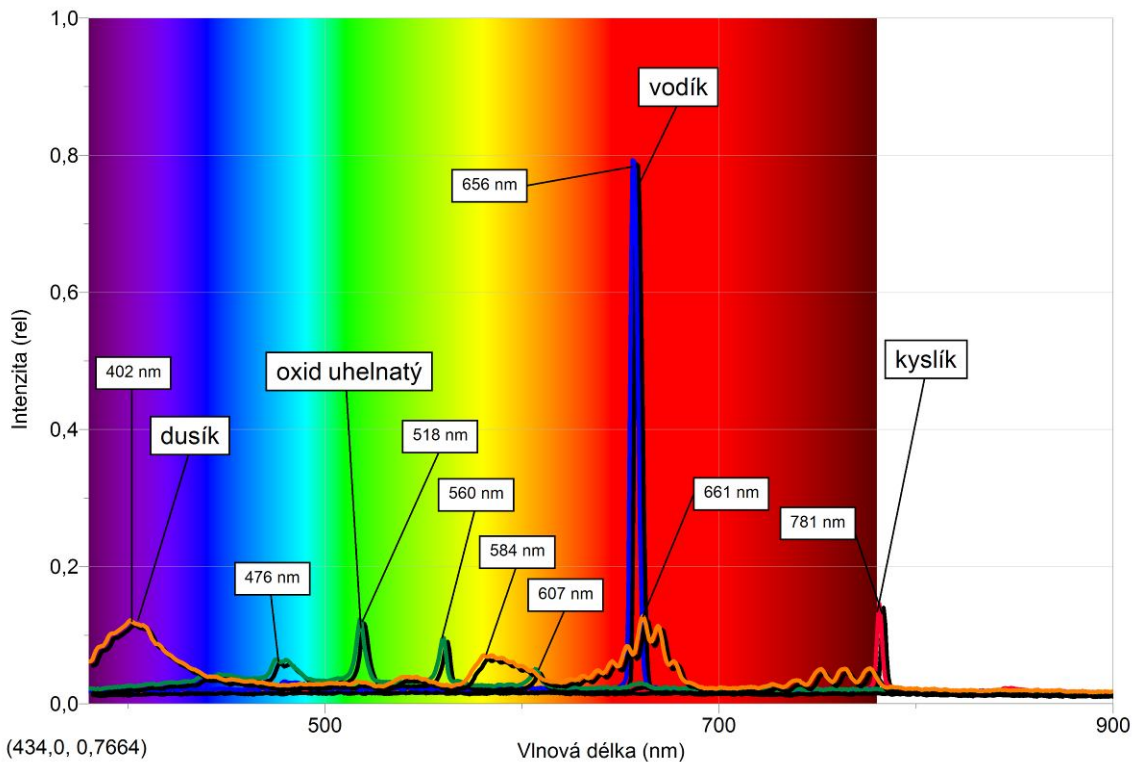
h) spektrum červeného laserového paprsku ukazovátka a spektrum doplňkového osvětlení laserového ukazovátka



i) spektrum svítily na 3 V a svítily na 9 V



j) spektrum výboje v plynu



Závěr:

Píky ve znázorněných grafech ukazují, na jakých vlnových délkách je především emitováno záření jednotlivými světelnými zdroji. Čím je pík vyšší, tím intenzivněji je záření dané vlnové délky emitováno.

Fyzikální princip

Radioaktivita je schopnost přirozených nebo umělých radionuklidů vysílat jaderné záření – alfa, beta, gama a neutronové. **Radioaktivní přeměna** se řídí zákony pravděpodobnosti. **Aktivita** zářiče (počet přeměn za sekundu měřený v becquerelech, Bq) klesá s časem podle vztahu $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$, kde $\lambda = \ln 2/T$. T je **poločas přeměny** a λ je **přeměnová konstanta**. **Poločas přeměny** je doba, za kterou se přemění polovina původního počtu radioaktivních jader. Ionizující záření **škodí** všem živým buňkám a je potřeba se před ním **chránit**.

Cíl

Změř **úroveň pozadí** v místnosti a na louce. Ověř účinek ozáření detektoru od zdroje záření na **vzdálenosti**, **době**, **tloušťce stínění** a **materiálu stínění**. Ověř **zákon radioaktivní přeměny**. Urči **poločas přeměny** baria ^{137m}Ba .

Pomůcky

LabQuest, souprava GAMABETA (GABEset-1), kabel k propojení detektoru s LabQuestem (viz doplňkový text), souprava GABEset-2, případně detektor záření DRM-BTD.



Schéma

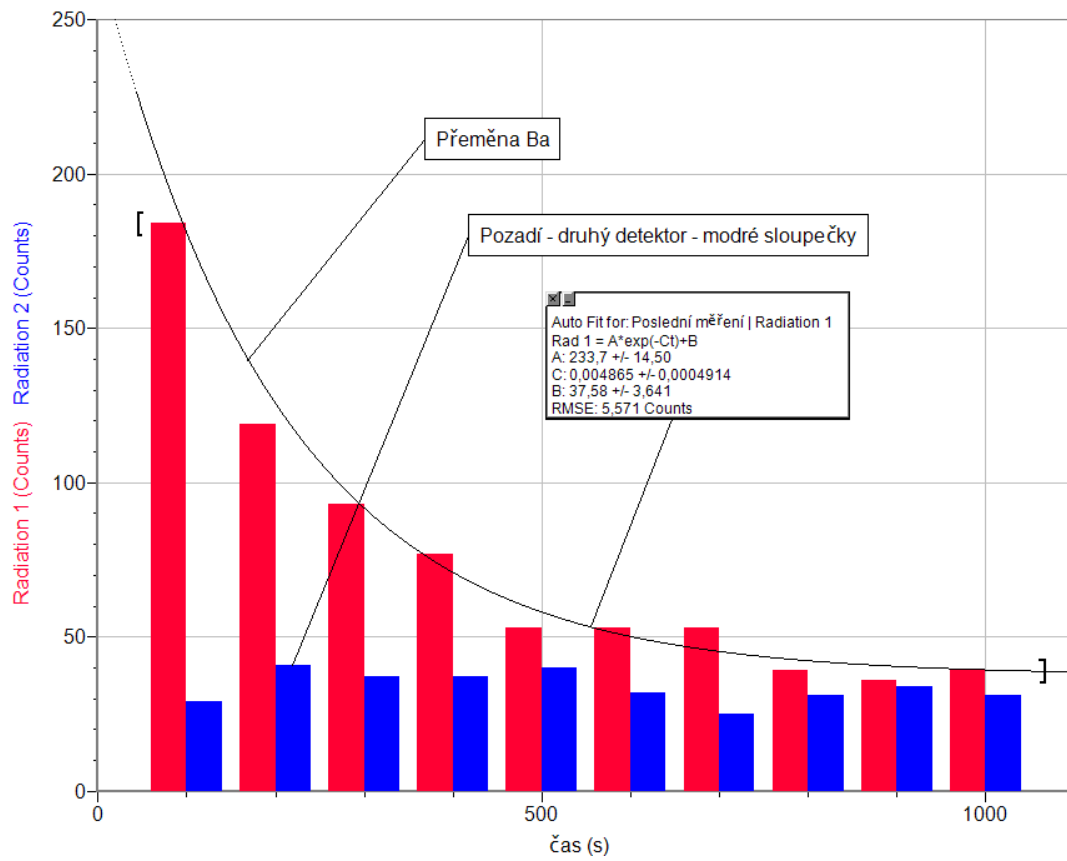


Postup

1. **Propojíme** detektor záření DRM-BTD (od firmy Vernier) nebo indikátor záření IRA ze soupravy GAMABETA 2007 (starší GABEset-1) do konektoru DIG 1 LabQuestu. V druhém případě musíme použít propojovací kabel (viz doplňkový text nebo [odkaz](#)).
2. **Zapneme** LabQuest. V menu Senzor – Nastavení senzorů vybereme pro DIG 1 Detektor radiace. Je výhodné připojit **dva detektory** současně: Druhý do DIG 2. Oba **umístíme** na **různá** místa (ne vedle sebe).
3. V menu Senzory – Záznam dat **nastavíme**: Frekvence: **0,1 čtení/s** a Trvání: **100 s**.
4. V menu Graf – Parametry grafu **zvolíme** Automatické měřítko od nuly.
5. Detektor (y) záření **postavíme** volně na stůl. **Nepoužíváme žádný zdroj záření!**
6. **Zapneme Sběr dat**. Měření bude probíhat 100 s v 10-ti sekundových intervalech. Vykresluje(i) se křivka(y), která(é) znázorňuje(i) radioaktivitu kolem nás (**pozadí**) v místnosti nebo na louce. Radioaktivita je přirozenou součástí našeho života. Pokud použijeme dva detektory současně, vidíme, že na různých místech je jiný nápočet. Radioaktivní přeměny mají statistickou povahu.
7. Po skončení měření **uložíme** (menu Graf – Uložit měření).
8. Pro další měření můžeme změnit v menu Senzory – Záznam dat **nastavíme**: Frekvence: **0,01 čtení/s** a Trvání: **1 000 s**.
9. V dalších měřeních postupujeme stejně (bod 6. a 7.), ale můžeme plnit různé úkoly:
 - a) Stanovit účinek **vzdalování** detektoru od zdroje záření (použijeme školní zdroj záření ze soupravy GAMABETA). Pokud použijeme dva detektory současně, na jeden necháme dopadat záření **beta** a druhý budeme ozařovat zdrojem záření **gama**. Měříme ve 100 s intervalech a zdroje budeme postupně umisťovat do vzdáleností 3 cm, 5 cm, 11 cm a 15 cm od detektoru.
 - b) Stanovit míru **absorpce** záření **beta** a **gama** v závislosti na **tloušťce** vrstvy stínícího materiálu. Jeden detektor ozařujeme zářením beta a druhý zářením gama (ze školního zdroje záření). Přitom v daných časových intervalech měníme tloušťku měděné destičky (viz návod k soupravě GAMABETA). Vzhledem k tomu, že je možno nastavit 5 různých tlouštěk destičky (ek) a jednou provedeme měření bez stínění, je vhodné dobu trvání nastavit na 600 sekund (šest 100 s intervalů).
 - c) Stanovit rozdíl v **absorpci** záření beta a gama v závislosti na protonovém čísle stínícího **materiálu** shodné tloušťky. Souprava GAMABETA obsahuje destičky různých materiálů: hliník, železo, cín, olovo. **První** měření provádíme **bez** absorpční destičky a potom **postupně** vystřídáme **destičky** z různých **materiálů**. Dobu měření volíme po 100 s intervalech. Celková doba měření je 500 s.
 - d) Ověření **zákona radioaktivní přeměny**. Pro měření je potřeba ještě souprava GABEset-2, která umožňuje přípravu eluátu baria k určení poločasu přeměny baria ^{137m}Ba (cca 150 s). K měření musíme provést nastavení v bodě 8.(viz výše). Postupujeme podle návodu v soupravě GABEset-2.
10. Vyslovíme závěry.

Doplňující otázky

1. Výše uvedená měření proved'te s připojeným LabQuestem k PC v programu **Logger Pro**. Zde je možno **nastavit** zobrazení grafu v **sloupečcích** – menu Nastavení – Nastavení grafu – Graph options – Bar graph.
2. Určete **poločasu přeměny** s připojeným LabQuestem k PC v programu Logger Pro. Pro detektor 1 můžeme provést **analýzu** grafu: Analýza – CurveFit – Natural exponent (proložit **exponenciální funkci**). Přeměnová konstanta λ je koeficient C (viz níže graf).



3. Z přeměnové konstanty λ vypočítej poločas přeměny T .

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.5 Radioaktivita a ochrana před zářením	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

Radioaktivita pozadí (100 s)



Radioaktivita pozadí (1000 s)



Závěr:

Ochrana vzdáleností (3 cm, 5 cm, 11 cm, 15 cm)



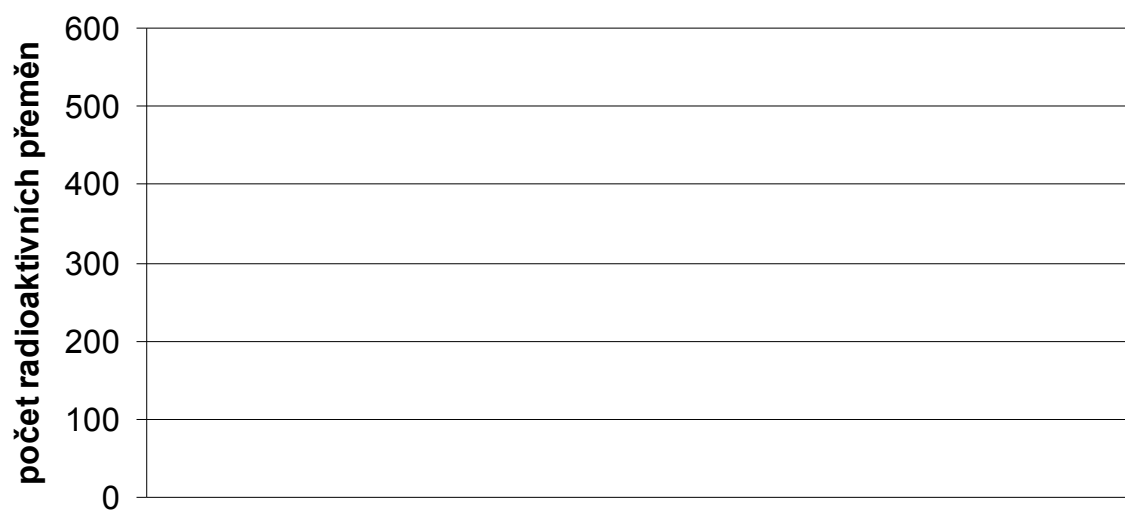
Závěr:

Ochrana stíněním - Cu destičky



Závěr:

Ochrana stíněním - Al, Fe, Sn, Pb destička



Závěr:

Poločas přeměny baria Ba



Závěr:

Doplňující otázky

- 1) Určete **poločas přeměny** s připojeným LabQuestem k PC v programu Logger Pro. Pro detektor 1 můžeme provést **analýzu** grafu: Analýza – CurveFit – Natural exponent (proložit **exponenciální funkci**). Přeměnová konstanta λ je koeficient C.
- 2) Z přeměnové konstanty λ vypočítejte poločas přeměny T .

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

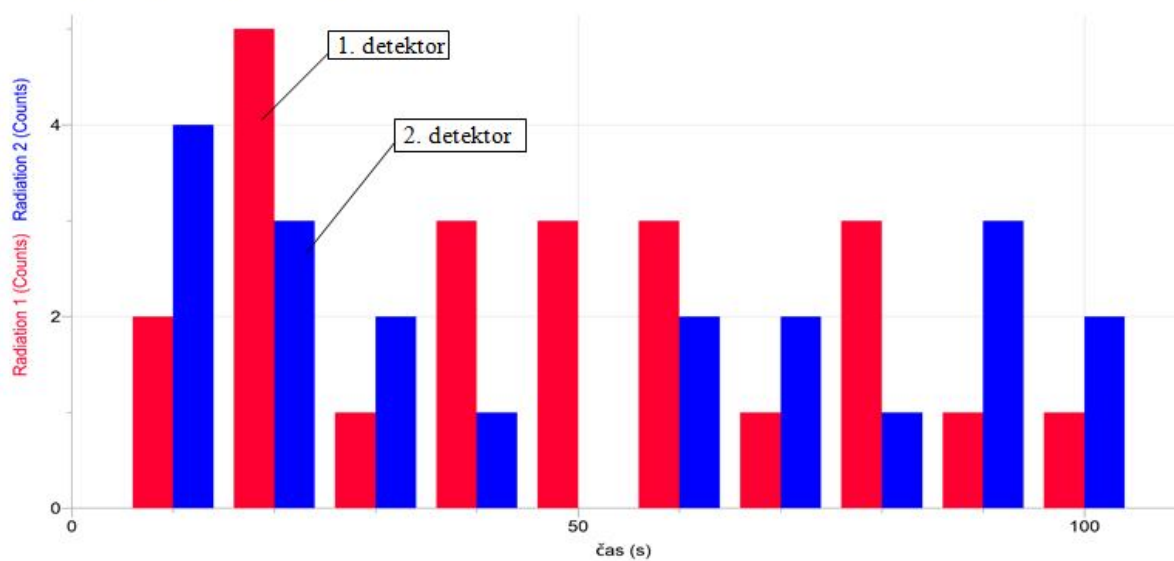
$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$T = \dots\dots\dots s$$

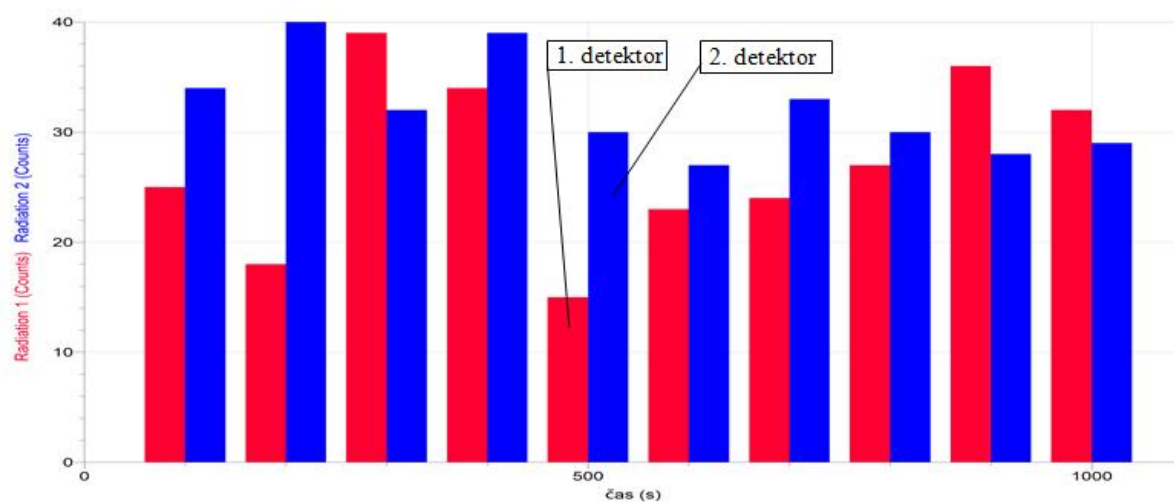
Poločas rozpadu baria $^{137\text{m}}\text{Ba}$ je $\dots\dots\dots s$.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.5 Radioaktivita a ochrana před zářením	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

Radioaktivita pozadí (100 s)



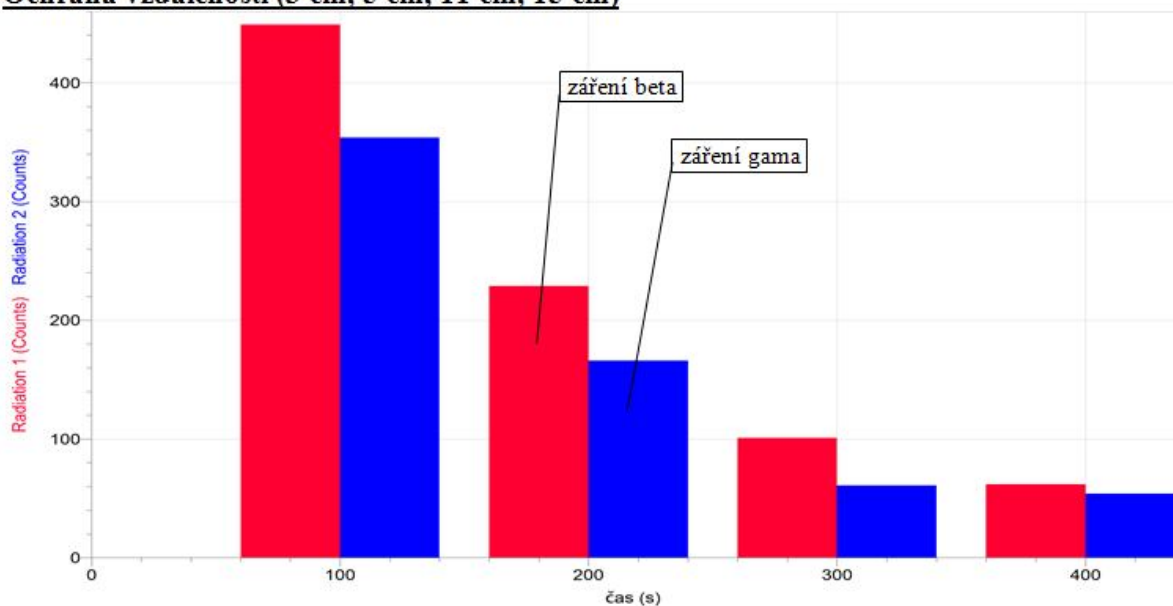
Radioaktivita pozadí (1000 s)



Závěr:

Radioaktivní přeměna se řídí zákony pravděpodobnosti.

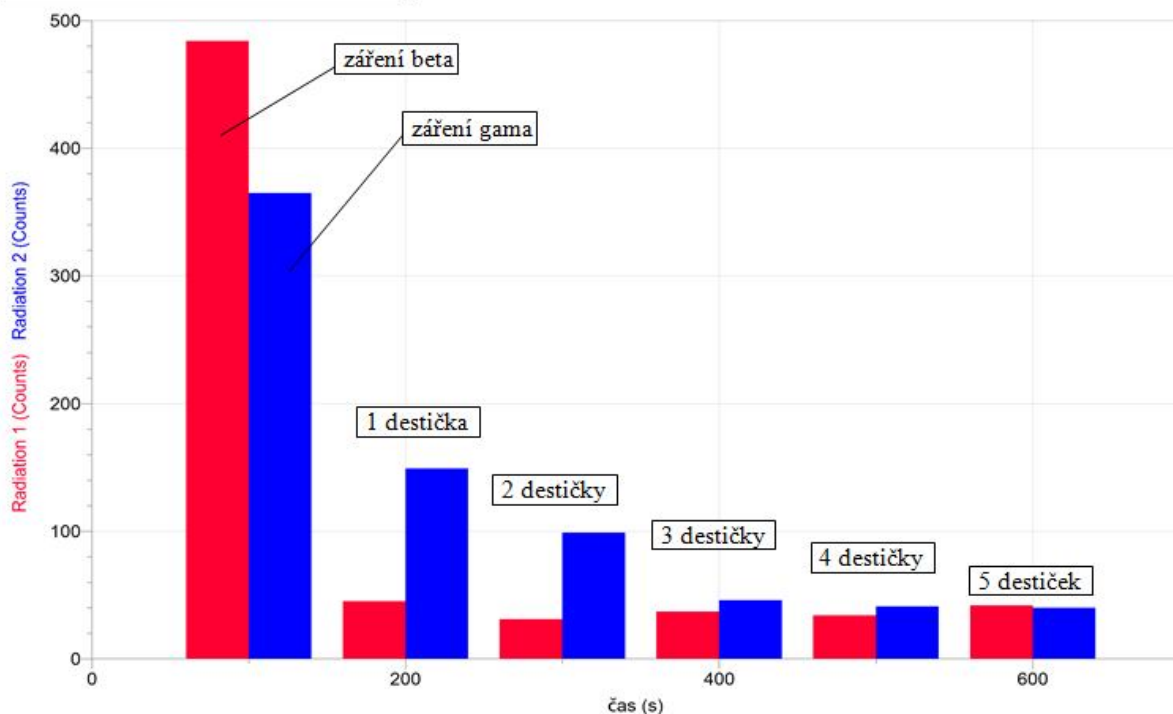
Ochrana vzdáleností (3 cm, 5 cm, 11 cm, 15 cm)



Závěr:

S rostoucí vzdáleností detektoru od zdroje záření dochází k výraznému poklesu radioaktivity.

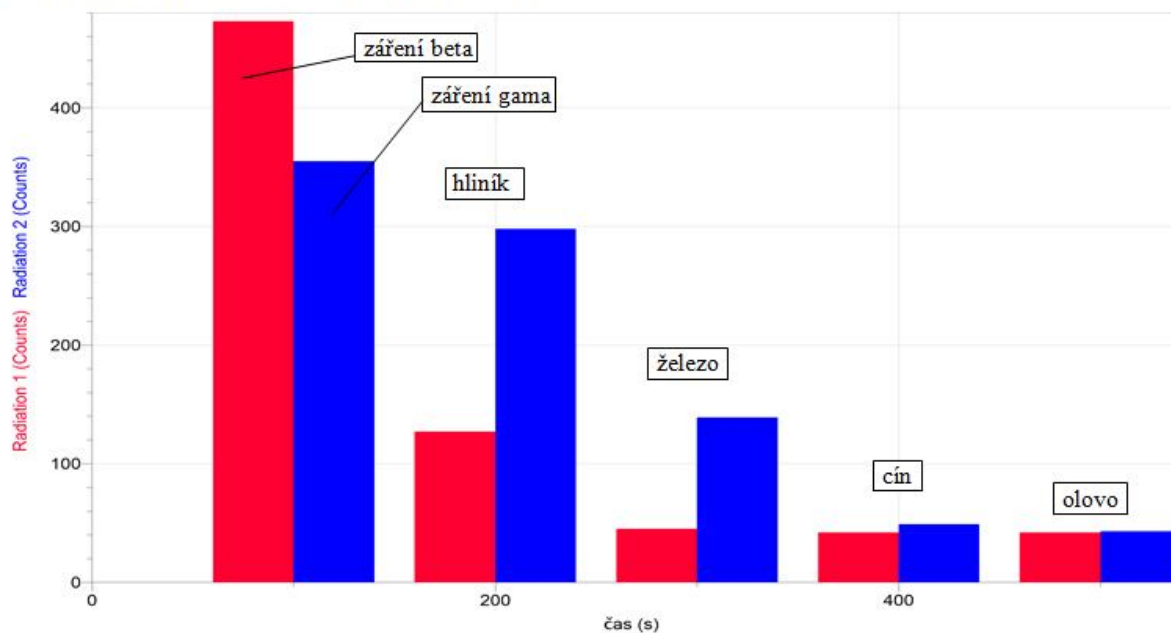
Ochrana stíněním – Cu destičky



Závěr:

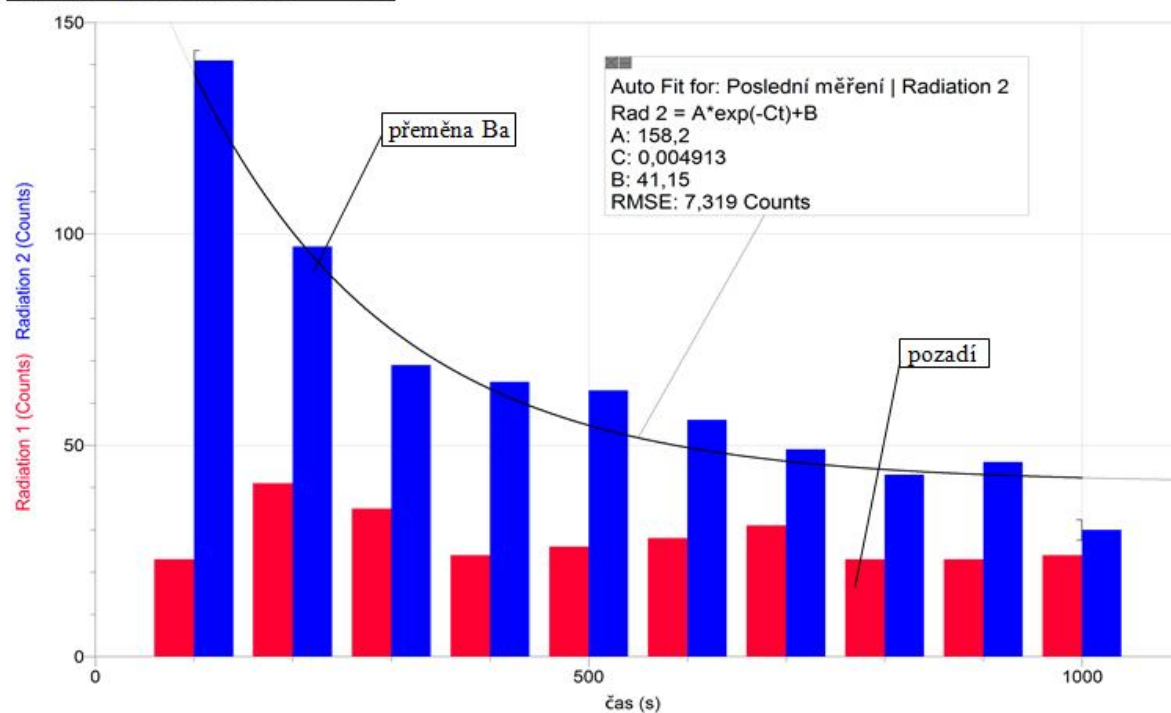
S rostoucí tloušťkou měděných destiček dochází k poklesu radioaktivního záření.

Ochrana stíněním – Al, Fe, Sn, Pb destička



Závěr: Žáření je nejlépe odstíněno cínovou a olověnou destičkou.

Poločas přeměny baria ^{137m}Ba



Závěr: Z daného grafu lze určit poločas přeměny baria ^{137m}Ba .

Doplňující otázky

- 1) Určete **poločas přeměny** s připojeným LabQuestem k PC v programu Logger Pro. Pro detektor 1 můžeme provést **analýzu** grafu: Analýza – CurveFit – Natural exponent (proložit **exponenciální funkci**). Přeměnová konstanta λ je koeficient C.
- 2) Z přeměnové konstanty λ vypočítejte poločas přeměny T .

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

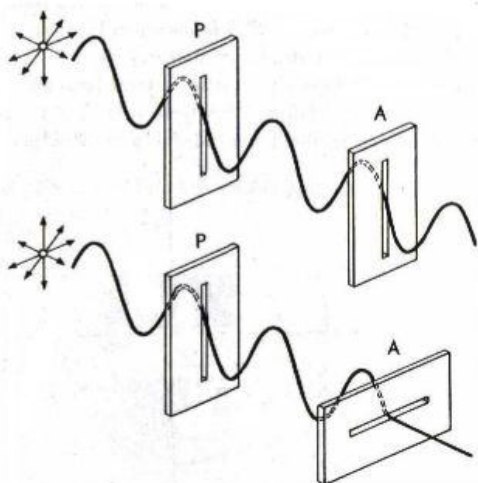
$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$T = 141 \text{ s}$$

Poločas rozpadu baria $^{137\text{m}}\text{Ba}$ je **141 s**.

Fyzikální princip

Polarizované světlo je **příčné** elektromagnetické vlnění, jehož vektor \vec{E} kmitá stále v jedné rovině. Polarizované světlo lze získat pomocí polarizačního filtru (polaroidu). Zařízení, kterým se přirozené světlo mění na světlo polarizované, se nazývá **polarizátor**. Zařízení, kterým rozlišíme orientaci polarizovaného světla, se nazývá **analyzátor**.

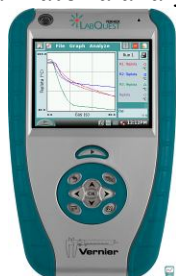


Cíl

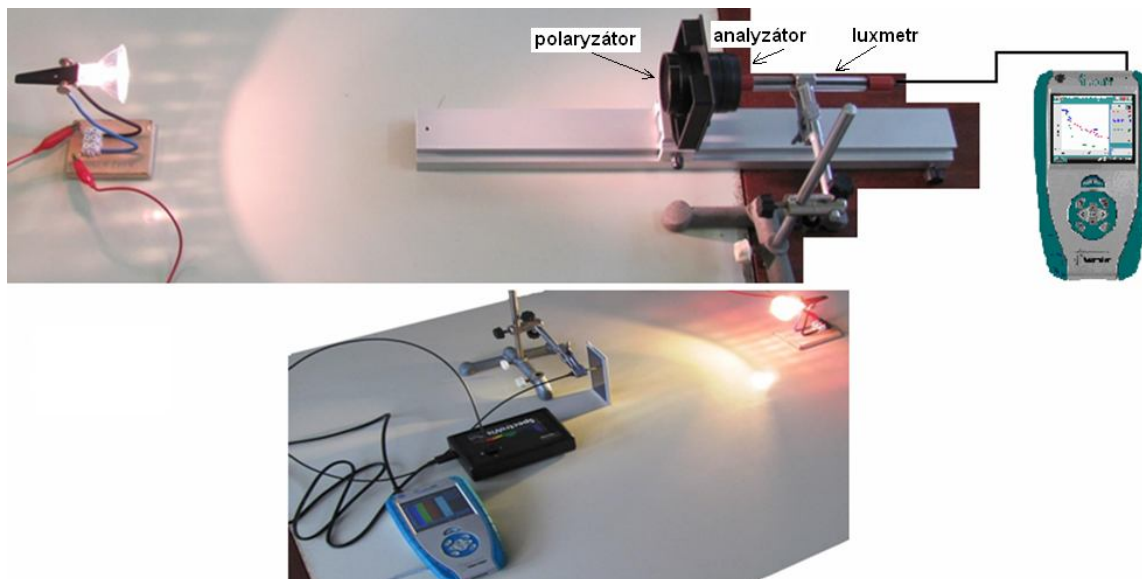
Pomocí polarizátoru a analyzátoru změřit, jak se mění osvětlení se změnou úhlu natočení analyzátoru vzhledem k polarizátoru. Pomocí spektrofotometru zjistit, zda se mění spektrum světla průchodem polarizátorem a analyzátozem.

Pomůcky

LabQuest, spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem, halogenová žárovka 12 V/20 W, polarizátor a analyzátor, luxmetr LS-BTA.

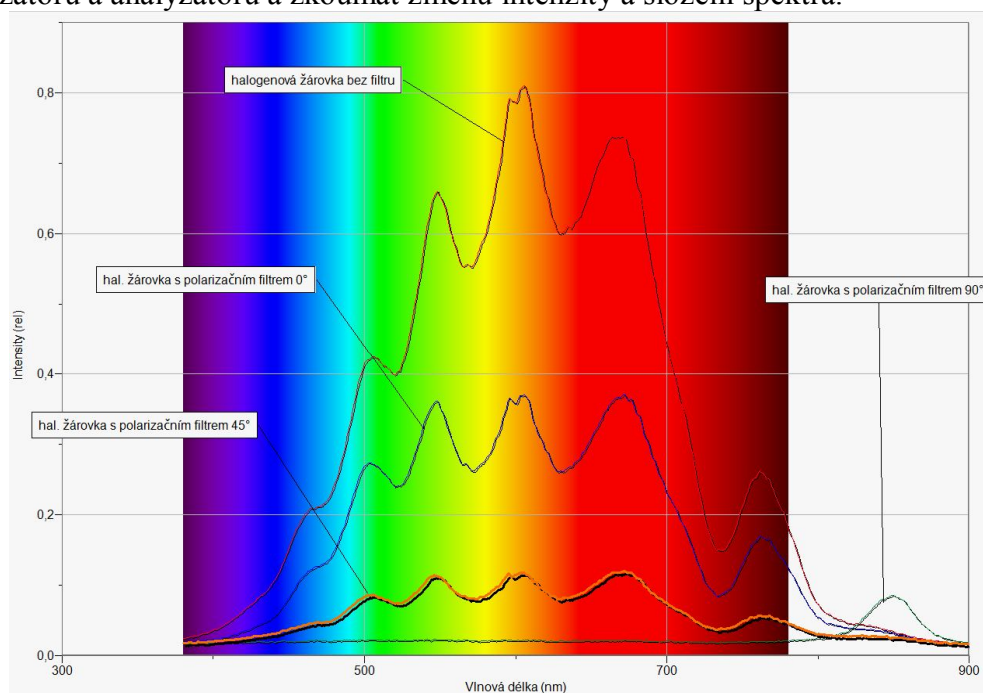







Schéma

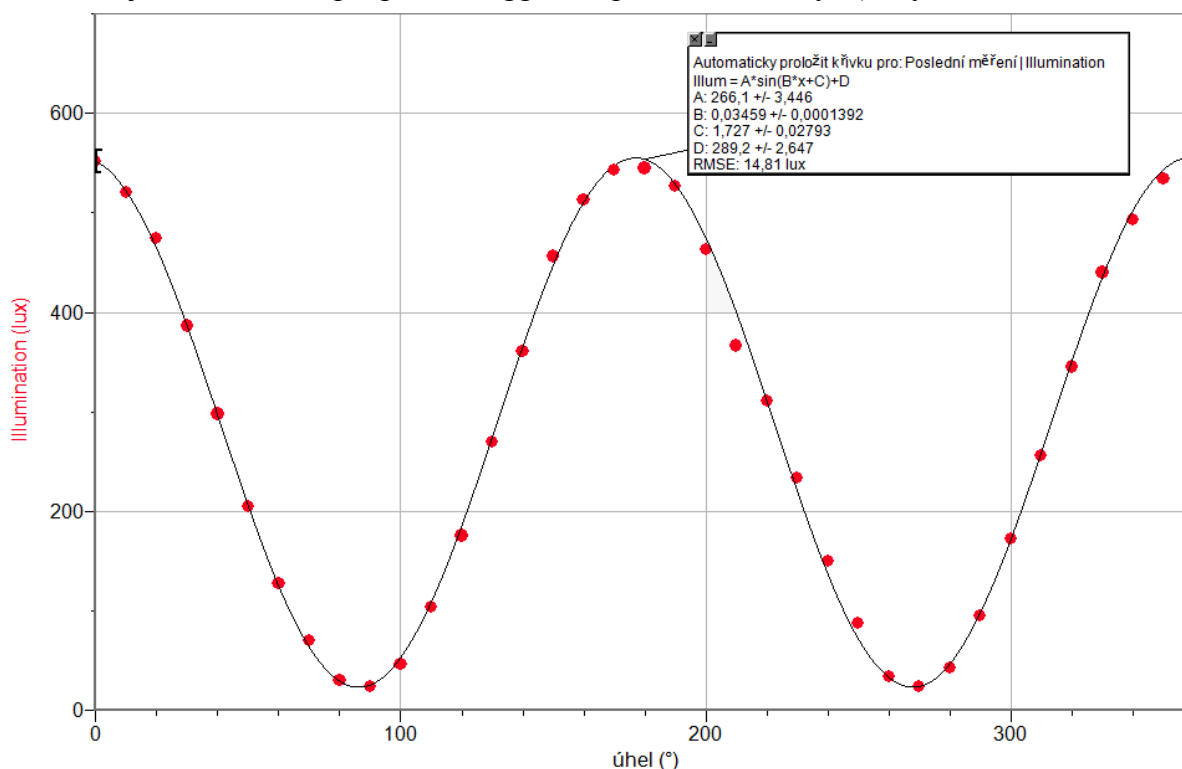


Postup

1. Spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem zapojíme do USB konektoru LabQuestu.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu Senzory – Změnit jednotky – USB Spektrometr **zvolíme** Intenzita.
4. Zvolíme zobrazení Graf . Optické vlákno namíříme na svítící halogenovou žárovku.
5. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Změříme emisní spektrum halogenové žárovky. Pokud hodnoty intenzity překračují maximální hodnotu „1“, je potřeba zvětšit vzdálenost od žárovky. Pokud jsou hodnoty malé, tak přiblížit optické vlákno k žárovce.
6. **Uložíme** graf – menu Graf – Uložit měření.
7. Zopakujeme a ukládáme měření s tím, že před optické vlákno vložíme polarizátor a v dalším měření i analyzátor. Můžeme opakovat měření při různém vzájemném natočení polarizátoru a analyzátoru a zkoumat změnu intenzity a složení spektra.



8. **Luxmetr** LS-BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu.
9. V menu **Senzory – Záznam** nastavíme **Režim: Události + hodnoty**; **Název: Úhel**; **Jednotka: °**.
10. Zvolíme zobrazení **Graf** . Luxmetr umístíme za polarizátor a analyzátor (oba jsou stejně orientovány – 0°).
11. **Stiskneme** tlačítko **START**  (měření) na LabQuestu.
12. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
13. Do textového okénka vložíme hodnotu **0 °** a stiskneme **OK**.
14. Otočíme analyzátor o **úhel 10°** (sledujeme na stupnici stavivu).
15. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
16. Do textového okénka vložíme hodnotu **10 °** a stiskneme **OK**.
17. Opakujeme body 14., 15. a 16. pro hodnoty úhlu **20 °, 30 °, ..., 360 °**.
18. Stiskneme tlačítko  (ukončit měření). Soubor uložíme.
19. **Provedeme** analýzu grafu – menu **Analýza – Fitovat křivku – Typ rovnice** (nebo soubor nahrajeme do PC a v programu **LoggerPro** provedeme analýzu). **Vyslovíme** závěr.



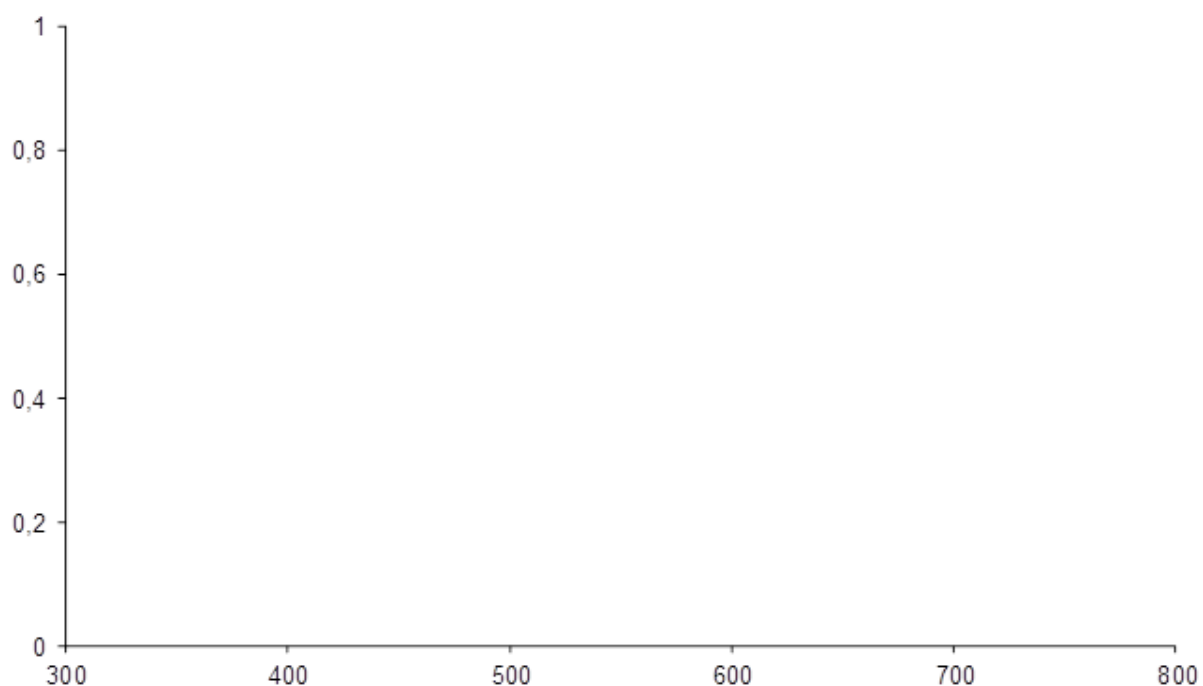
Doplňující otázky

1. Jakou hodnotu má konstanta C (na obrázku)? Jaký je její fyzikální význam? Jaký je její matematický význam?
2. Změř, jak se mění **osvětlení** se změnou úhlu natočení analyzátoru při **odrazu** světla nebo **lomu** světla (Brewsterův úhel).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.6 Polarizace světla	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

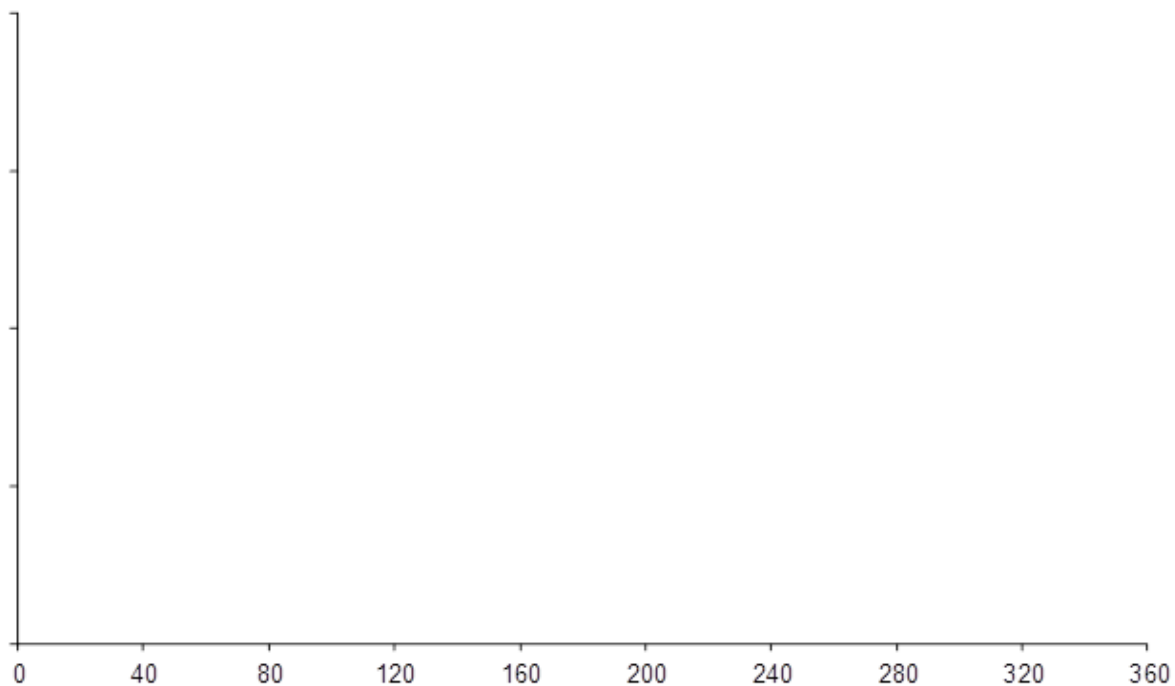
1. Graf závislosti intenzity světla na jeho vlnové délce

Emisní spektrum halogenové žárovky (12 V, 20 W) – pro různé vzájemné natočení polarizátoru a analyzátoru:



Závěr:

2. Graf závislosti osvětlení na úhlu vzájemného natočení polarizátoru a analyzátoru



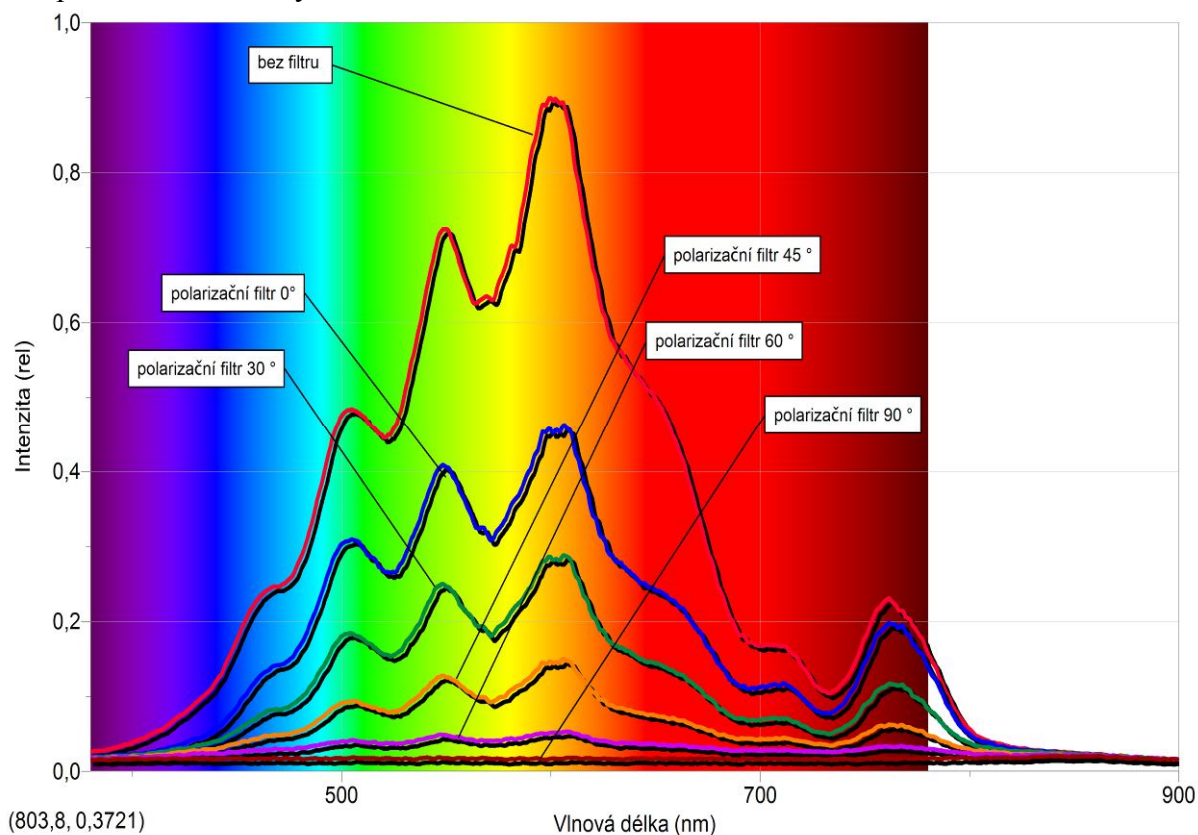
Závěr:

3. Jakou hodnotu má konstanta C (na obrázku v programu Logger Pro)?
4. Jaký je fyzikální význam konstanty C ?
5. Jaký je matematický význam konstanty C ?

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.6 Polarizace světla	
Jméno:	Podmínky měření:
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Graf závislosti intenzity světla na jeho vlnové délce

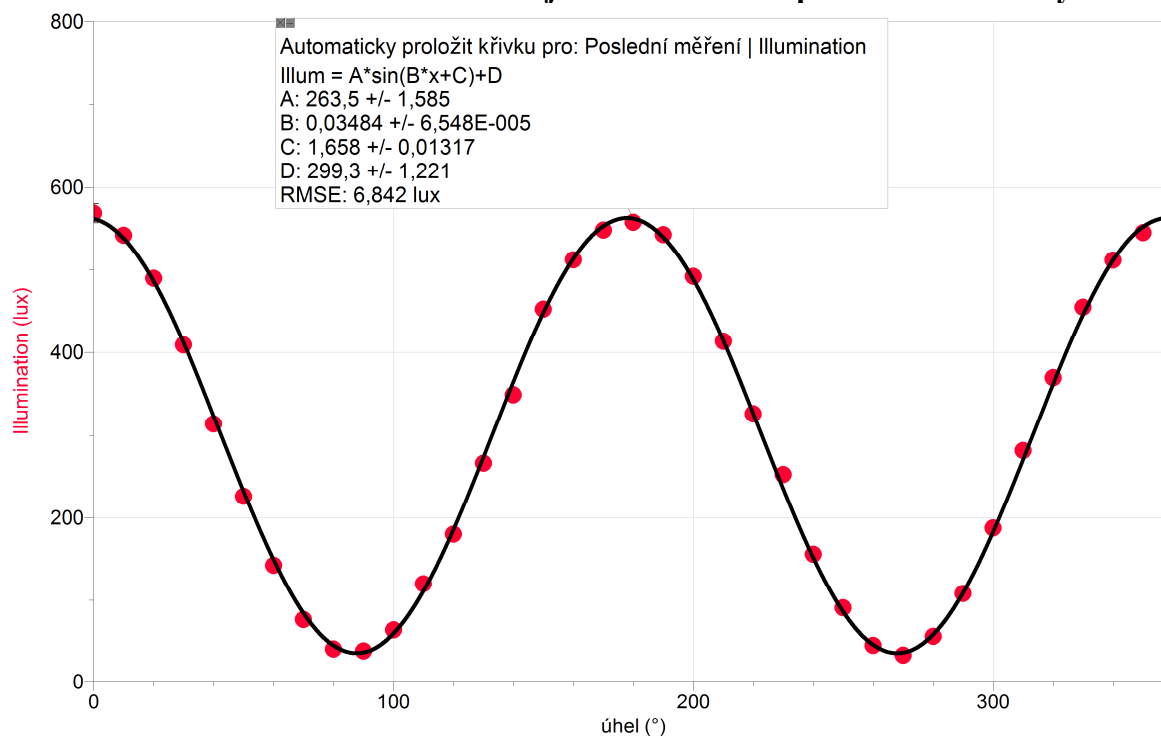
Emisní spektrum halogenové žárovky (12 V, 20 W) – pro různé vzájemné natočení polarizátoru a analyzátoru:



Závěr:

Polarizační filtry jsou zhotoveny z materiálu, který už ve své podstatě omezuje množství světla, které se přes filtry šíří. V případě nulového úhlu mezi polarizátorem a analyzátozem prochází pře soustavu nejvíce světla. Čím více se při vzájemném natáčení analyzátoru a polarizátoru blížíme okamžiku jejich zkřížení (90°), intenzita světla klesá. Při úhlu 90° není intenzita světla zcela nulová, protože na luxmetr dopadá trochu světla i z okolí. Intenzita jednotlivých barevných složek postupně klesá. Nejpomalejší pokles intenzity lze pozorovat na rozhraní červeného světla a infrazáření. U ostatních složek světla lze sledovat přibližně stejný pokles intenzity.

2. Graf závislosti osvětlení na úhlu vzájemného natočení polarizátoru a analyzátoru



Závěr:

Postupným vzájemným natáčením polarizátoru a analyzátoru o určitý úhel a měřením osvětlení získáme graf, který svým charakterem odpovídá goniometrické funkci sinus. Z grafu je přímo patrné, při jakých úhlech procházelo polarizační soustavou nejvíce světla a při jakých úhlech nejméně světla.

3. Jakou hodnotu má konstanta C (na obrázku v programu Logger Pro)?

$C = -1,658 \text{ rad}$

4. Jaký je fyzikální význam konstanty C ?

Souvisí s fázovým posunem, který je dán umístěním polarizačního filtru při výrobě.

5. Jaký je matematický význam konstanty C ?

Konstanta C souvisí s posunem grafu funkce sinus po x -ové ose. Je-li C záporné, je graf funkce sinus posunutý směrem doleva.

Fyzikální princip

Světlo se odráží z různých povrchů jinak. Porozumět těmto rozdílům je užitečné při výběru barvy a materiálu oblečení, při výběru barvy auta atd. **Albedo** je míra **odrazivosti** tělesa nebo jeho povrchu. Jde o **poměr odraženého** elektromagnetického záření **ku** množství **dopadajícího** záření. Zlomek, obvykle vyjadřovaný procentuálně od 0 % do 100 %, je důležitým pojmem v klimatologii a astronomii. Závisí také na úhlu dopadu záření: pokud není specifikován, uvažujeme o pravém úhlu.

Albedo čerstvého sněhu je vysoké: až 90 %. Povrch oceánu má albedo nízké. Průměrné albedo Země je 37–39 %, zatímco u Měsíce dosahuje jen asi 12 %. Nejvyšší albedo mají oxid hořečnatý a síran barnatý (96–98 %). V astronomii lze podle albeda satelitů a asteroidů usuzovat na jejich složení, především na podíl ledu.

Lidská činnost mění albedo (například kácením lesů a farmařením) různých oblastí zemského povrchu. Přesné vyčíslení tohoto efektu v globálním měřítku je však obtížné: není zřejmé, zda tyto změny přispívají ke zvyšování nebo snižování globálního oteplování.

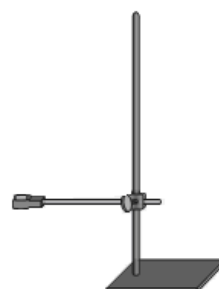
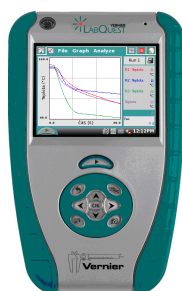
Typickým příkladem albedo efektu je zpětná vazba teploty sněhu. Pokud se v oblasti pokryté sněhem oteplí a sníh taje, albedo se sníží, je absorbováno více slunečního záření, což přispívá k dalšímu oteplování. Obráceně to platí také: při vytváření sněhu se uplatňuje ochlazovací cyklus.

**Cíl**

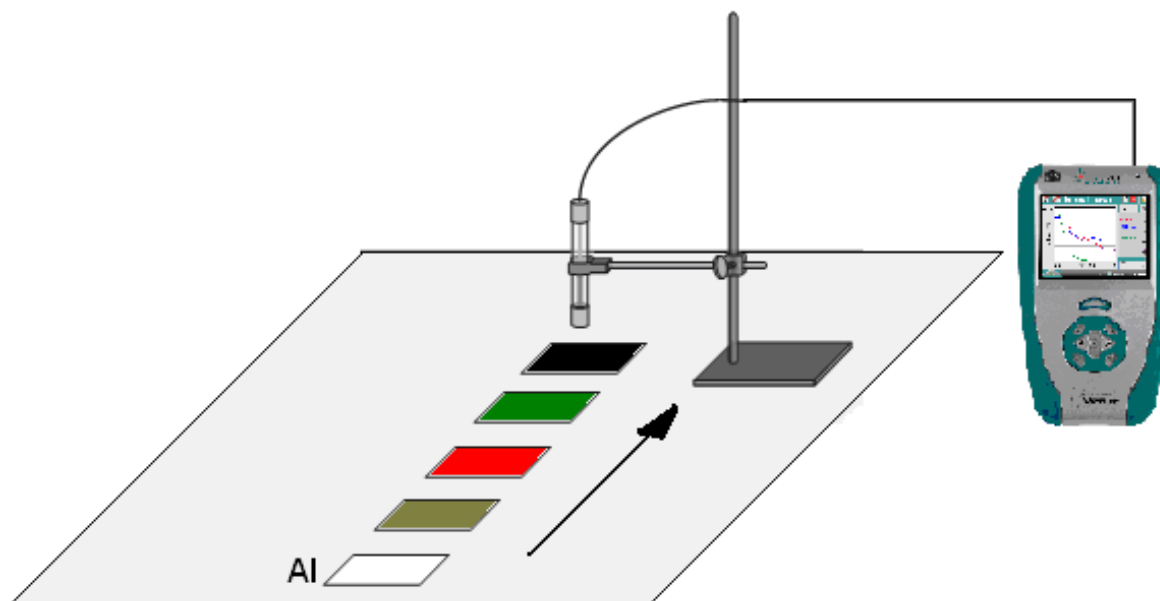
Změřit odrazivost různých povrchů. Hliníkové fólie přiřadíme odrazivost 100 %.

Pomůcky




LabQuest, luxmetr LS-BTA, různé povrchy materiálů, stojan.



Schéma



Postup

1. Luxmetr LS-BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu. Sestavíme měření podle schéma. Luxmetr upevníme do stojanu 5 cm nad podložku.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. **Zapneme** LabQuest a **nastavíme** v menu Senzory – Záznam dat: Trvání: **20 s**, Frekvence: **10** čtení/s.
4. Zvolíme zobrazení Graf .
5. **Stiskneme** tlačítko **START**  (měření) na LabQuestu.
6. Upevněný luxmetr rovnoměrným pohybem posunujeme nad různé povrchy materiálů.
7. Stiskneme tlačítko  (ukončit měření).
8. **Provedeme** naměřených hodnot. **Vyslovíme** závěr.

Doplňující otázky

1. Urči odrazivost různých materiálů – písku, vody, hlíny, sněhu, ...
2. Urči odrazivost různě barevných povrchů.
3. Urči odrazivost různě barevných povrchů v závislosti na barvě světla zdroje.

Fyzikální princip

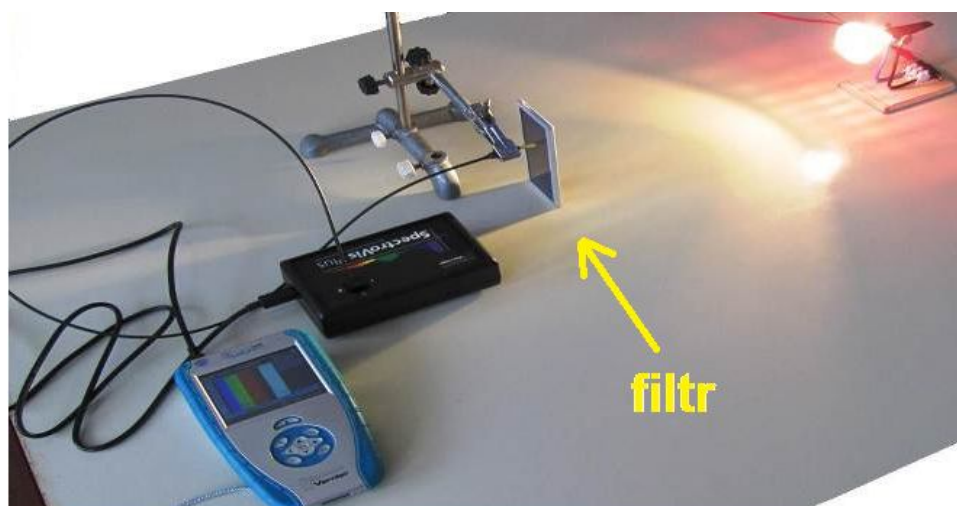
Absorpce světla je vlastnost optického prostředí **pohltit** světlo určitých vlnových délek, kdežto světlo jiných délek projde. Při pohlcení světelné energie může dojít k její přeměně na kinetickou energii neuspořádaného pohybu částic absorbující látky, tedy na teplo.

Cíl


Pomocí barevných filtrů a spektrofotometru ověřit **absorpci** světla (**propustnost** barevných filtrů).

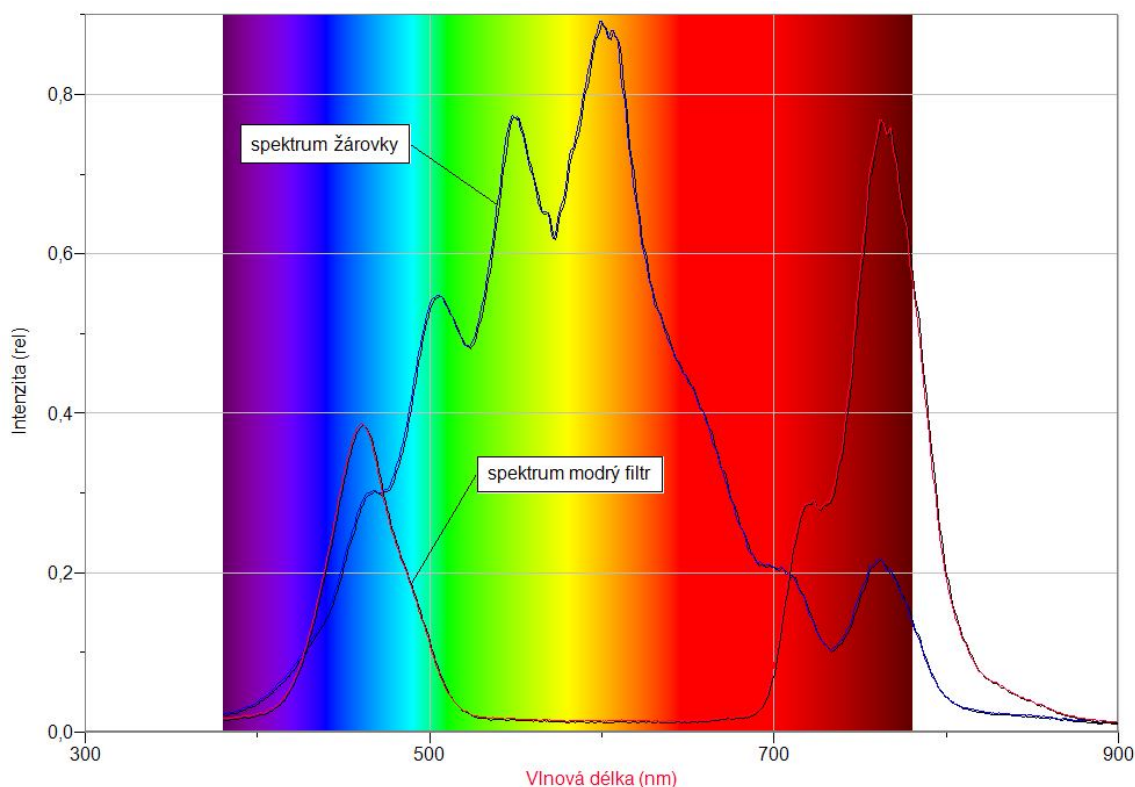
Pomůcky

LabQuest, spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem, sada barevných filtrů a diarámečků, halogenová žárovka 12 V/20 W.

**Schéma**

Postup

1. Spektrofotometr SVIS-PL s optickým vláknem zapojíme do USB konektoru LabQuestu.
2. **Zapneme** LabQuest.
3. V menu Senzory – Změnit jednotky – USB Spektrometr **zvolíme** Intenzita.
4. Zvolíme zobrazení Graf . Optické vlákno namíříme na svítící halogenovou žárovku.
5. **Stiskneme** tlačítko START (měření) na LabQuestu. Změříme emisní spektrum halogenové žárovky. Pokud hodnoty intenzity překračují maximální hodnotu „1“, je potřeba zvětšit vzdálenost od žárovky. Pokud jsou hodnoty malé, tak přiblížit optické vlákno k žárovce.
6. **Uložíme** graf – menu Graf – Uložit měření.
7. Postupně opakujeme a ukládáme měření s tím, že před optické vlákno vkládáme barevné filtry (modrý, azurový, zelený, oranžový, žlutý, purpurový, červený).
8. Stejně můžeme vyzkoušet s barevnými diarámečky.



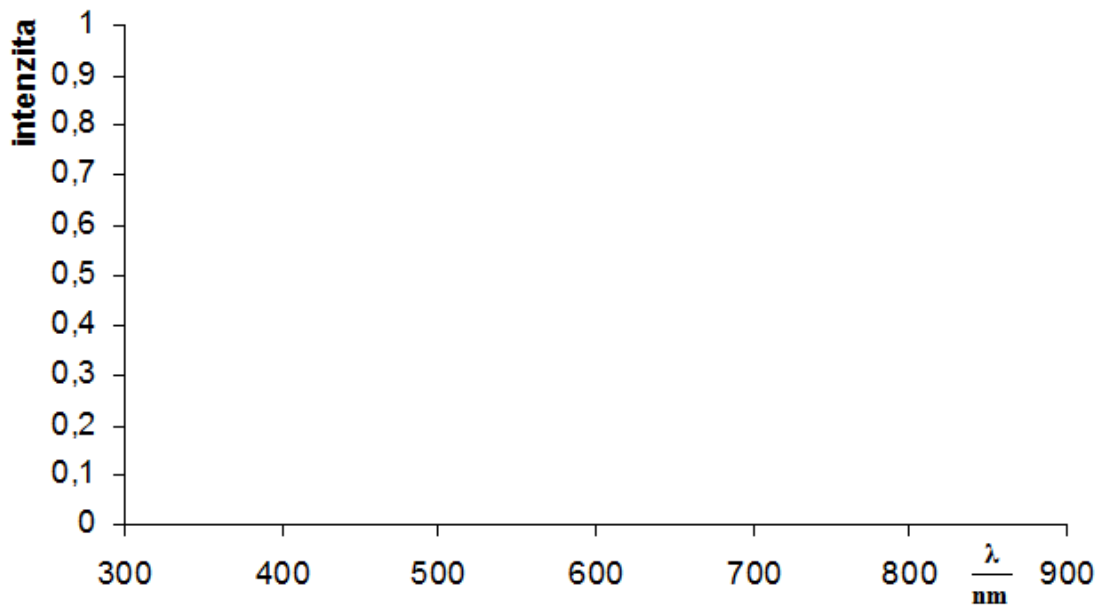
Poznámka: Hodnoty při použití modrého filtru jsou zvětšené přiblížením žárovky.

Doplňující otázky

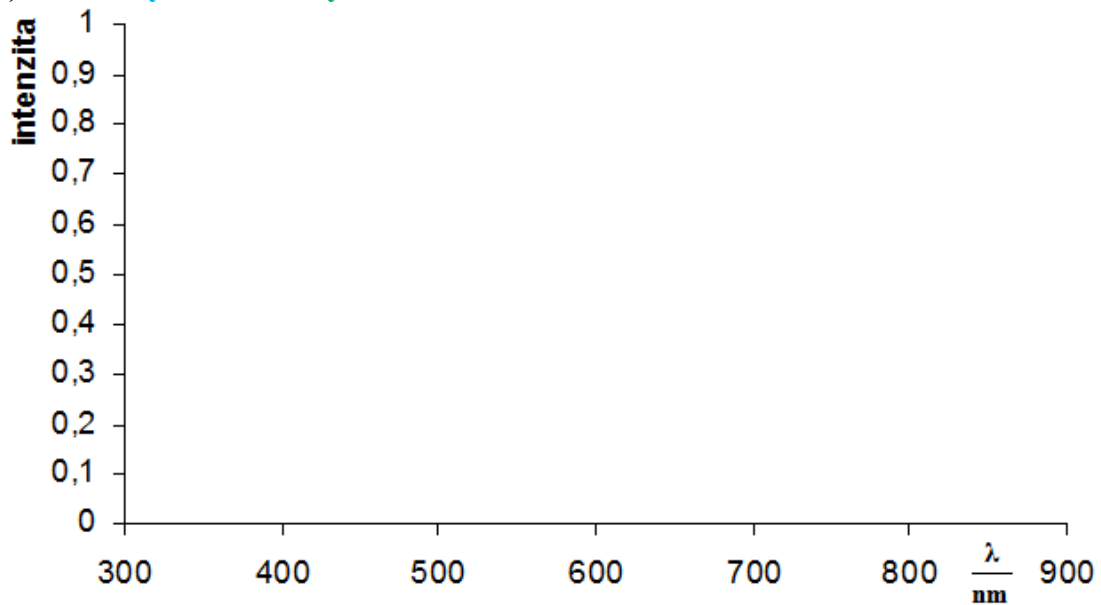
1. Zkus ověřit **Lambertův-Beerův zákon** a určit **absorpční koeficient β** pro danou látku. Při pohlcení světelné energie může dojít k její přeměně na kinetickou energii neuspořádaného pohybu částic absorbující látky, tedy na teplo. Experimentálně bylo zjištěno, že při průchodu světla o intenzitě I vrstvou látky o tloušťce $d\delta$ dojde k zeslabení této intenzity o hodnotu dI , která je úměrná původní intenzitě světla a síle vrstvy, tzn. $dI = -\beta I d\delta$. Integrací tohoto vztahu dostaneme tzv. Lambertův zákon (Lambertův - Beerův zákon) $I = I_0 \cdot e^{-\beta\delta}$, kde I je intenzita světla po průchodu prostředím o tloušťce δ , přičemž I_0 představuje intenzitu prošlého světla pro $\delta = 0$, tj. při nulové tloušťce vrstvy. Konstanta β je **absorpční koeficient**. Konstanta $\tau = e^{-\beta}$ bývá označována jako propustnost.

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.8 Absorpce	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

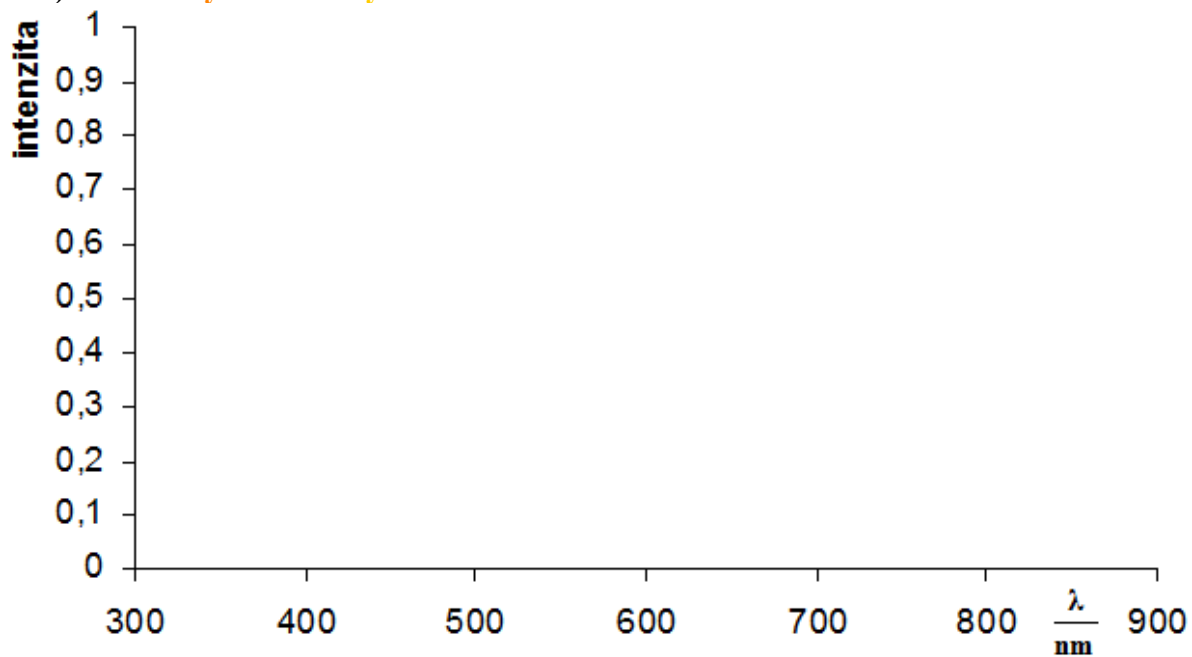
1) Halogenová žárovka a **modrý** filtr



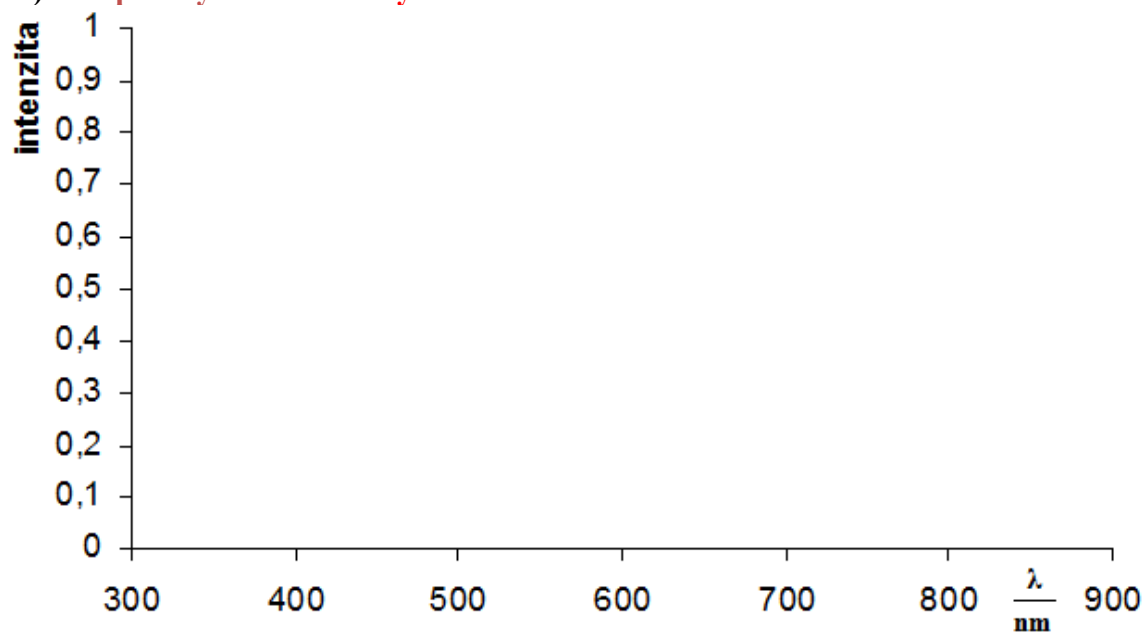
2) **Azurový** filtr a **zelený** filtr



3) Oranžový filtr a žlutý filtr

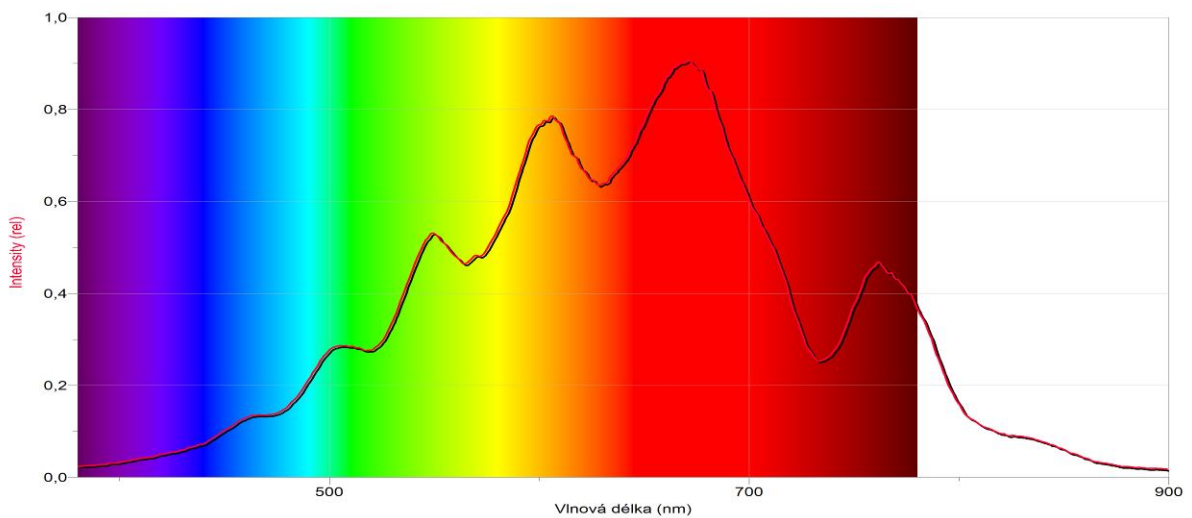


4) Purpurový filtr a červený filtr

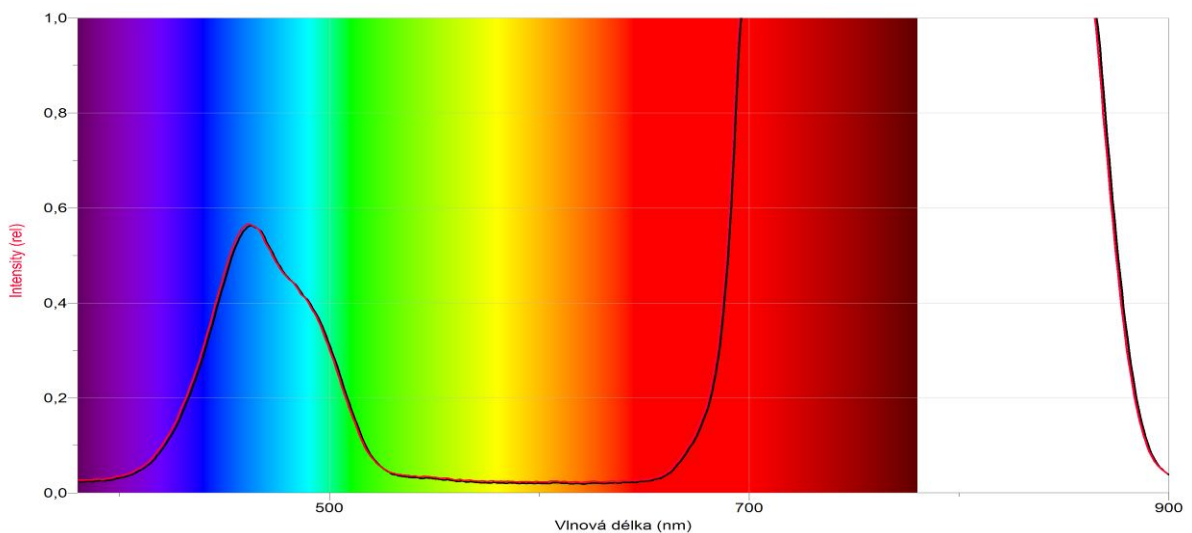


Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.8 Absorpce	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

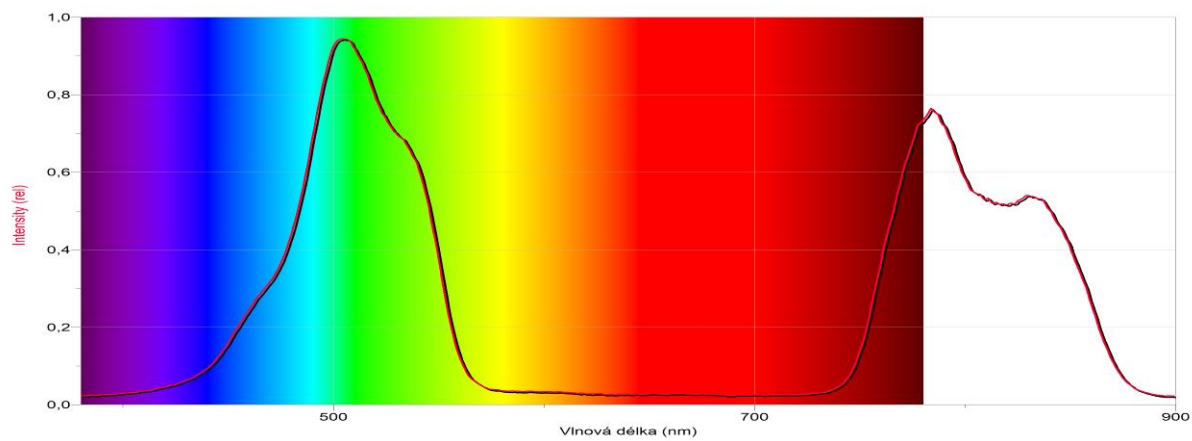
1. Halogenová žárovka



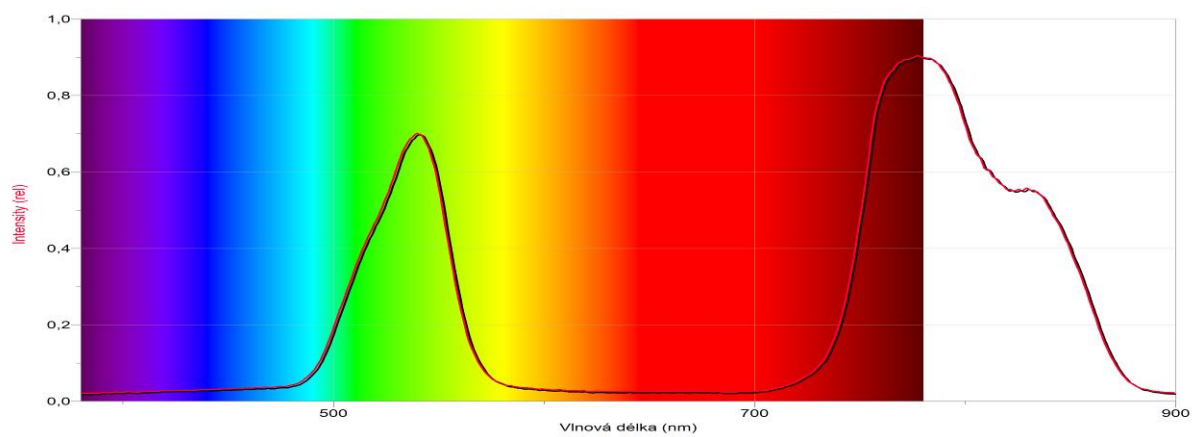
2. Modrý filtr



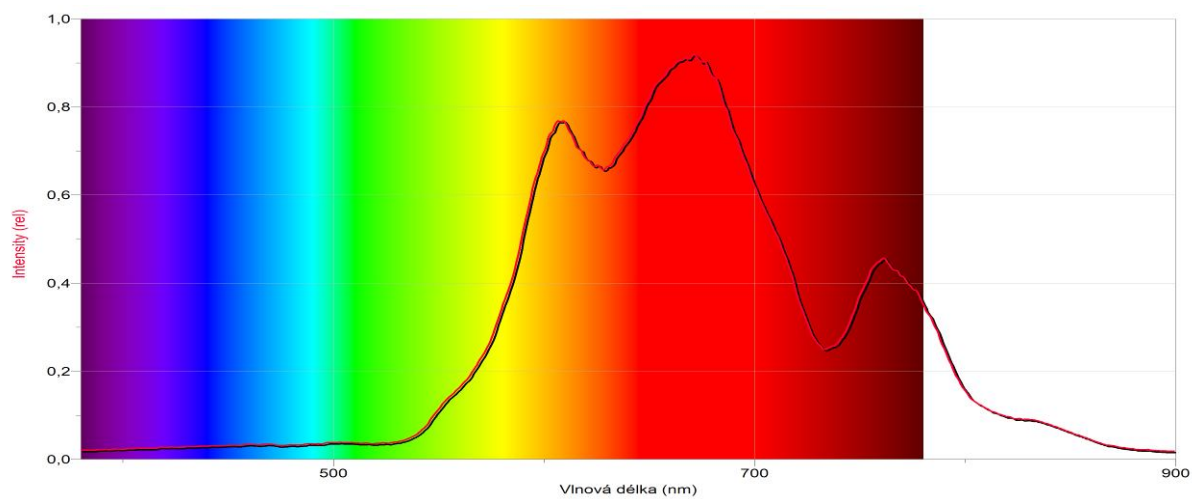
3. Azurový filtr



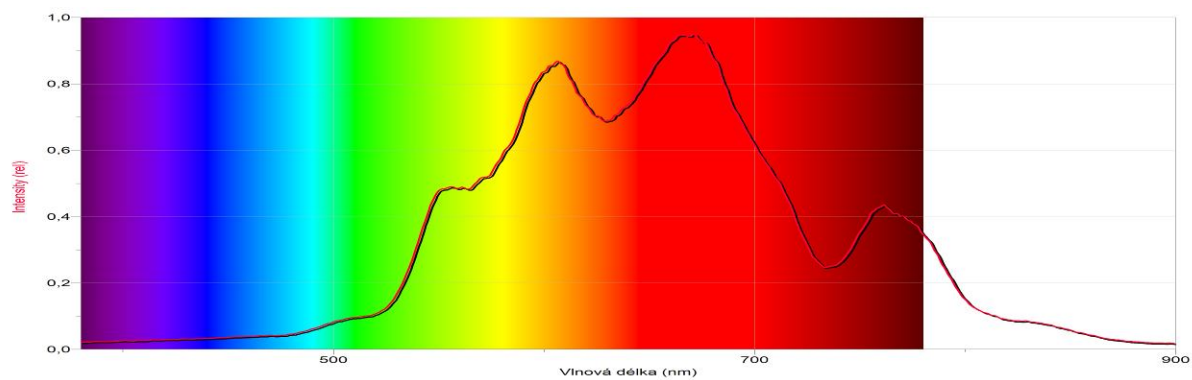
4. Zelený filtr



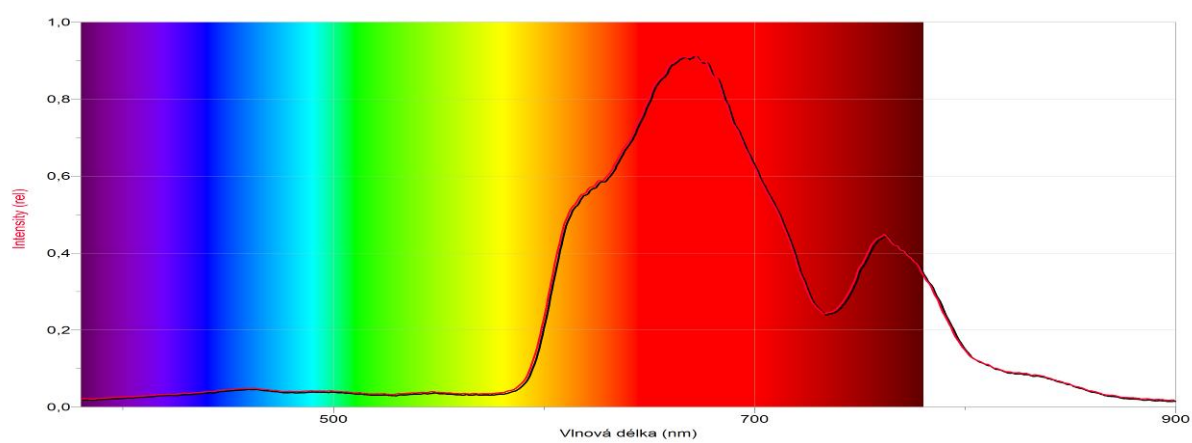
5. Oranžový filtr



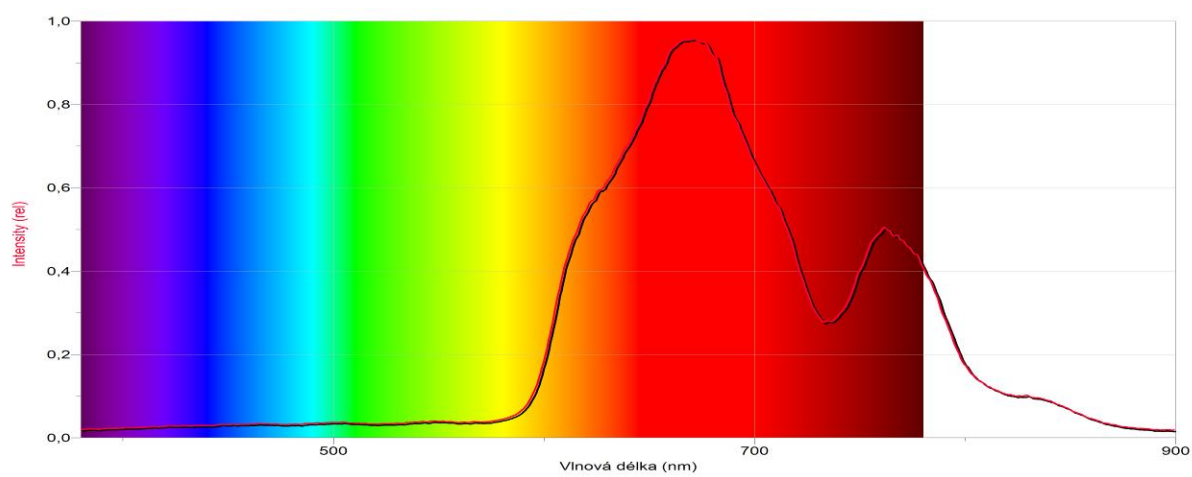
6. Žlutý filtr



7. Purpurový filtr

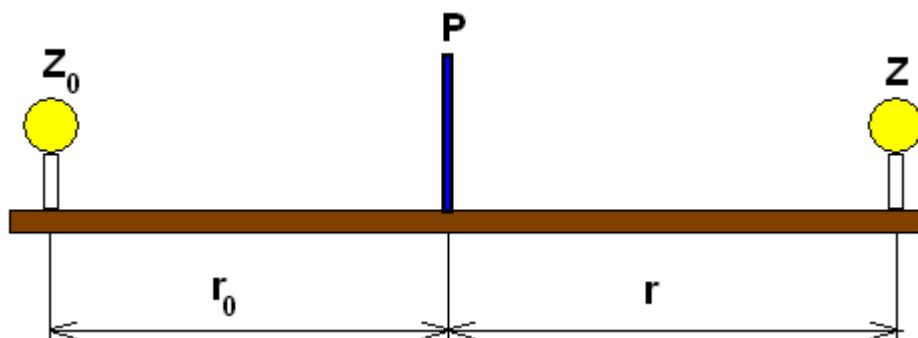


8. Červený filtr



Fyzikální princip

Bunsenův fotometr v tom nejjednodušším provedení se skládá z papíru **P** s mastnou skvrnou. Papír je upevněn na lavici se dvěma stojany, na nichž je umístěn na jedné straně zdroj světla **Z₀** o známé svítivosti **I₀** a na druhé straně zdroj **Z** o svítivosti **I**, kterou měříme (viz Obr. 1.).



Obr. 1 Bunsenův fotometr

Samotné měření vychází z faktu, že je-li osvětlení jedné i druhé strany papíru (skvrny) stejné, mastná skvrna není pozorovatelná. Fotometrem tedy pohybujeme tak dlouho, dokud mastná skvrna na papíru nezmizí. Pak změříme vzdálenost **r₀** fotometru od zdroje o známé svítivosti a vzdálenost **r** od zdroje proměřovaného. Neznámou svítivost **I** pak vypočítáme ze vzorce

$I = I_0 \frac{r^2}{r_0^2}$. Měření svítivosti jsme tedy takto převedli na prosté měření vzdáleností.

K měření použijeme Bunsenův fotometr z fotorezistorů (viz obrázek 2).



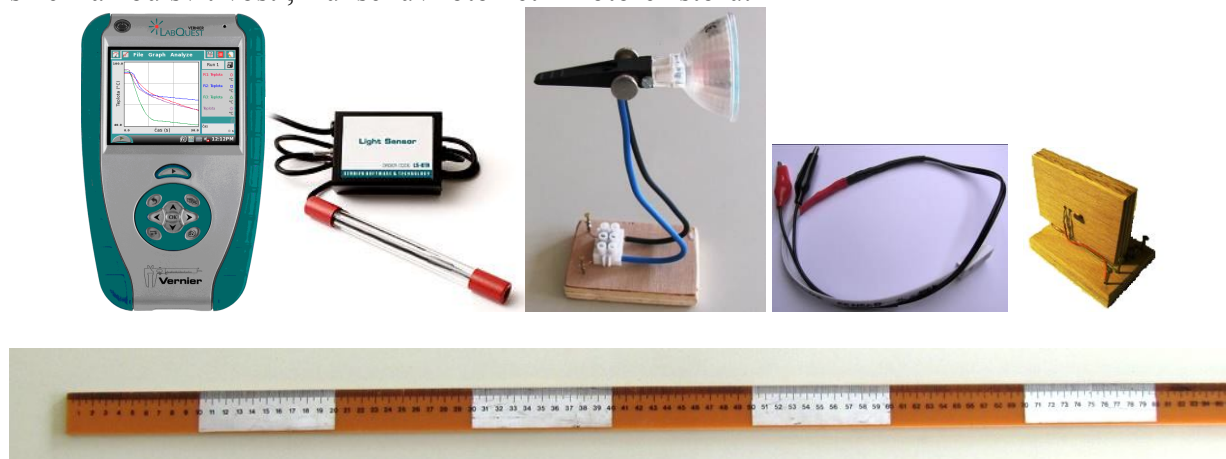
Obr. 2 Bunsenův fotometr z fotorezistorů

Cíl

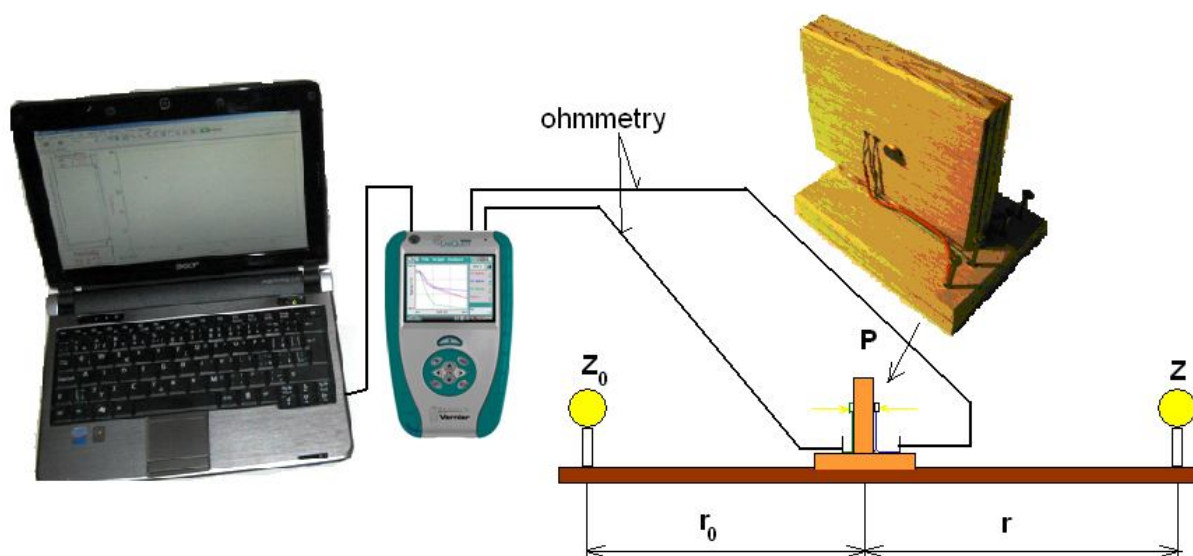
Určit neznámou **svítivost** zdroje světla. Na jedné straně použít zdroj o známé svítivosti a na druhé straně s neznámou svítivostí. Jeho svítivost pak určit měřením a výpočtem.

Pomůcky


LabQuest, luxmetr LS-BTA, žárovka 12 V/20 W, ohmmetr – 2 ks, metr, zdroj světla s neznámou svítivostí, Bunsenův fotometr z fotorezistorů.

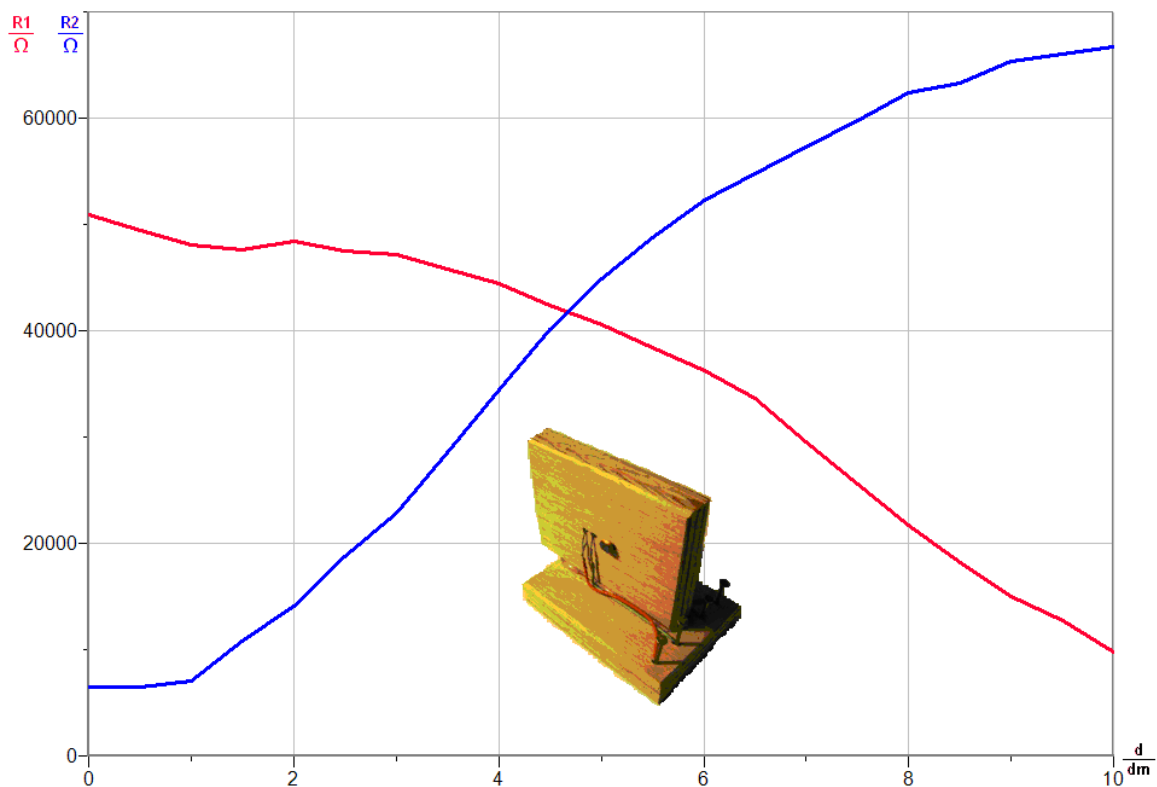


Schéma



Postup

1. Ohmmetry zapojíme do konektoru **CH 1** a **CH 2** LabQuestu.
2. LabQuest propojíme s PC pomocí USB kabelu. Vše sestavíme podle schéma. Oba zdroje vzdálené jsou 100 cm.
3. **Zapneme** LabQuest.
4. V menu Experiment – Sběr dat nastavíme Mód: Události se vstupy; Název: Vzdálenost; Jednotka: cm. Dále nastavíme měřítko na ose x: Vlevo: 0 cm a Vpravo: 100 cm.
5. **Stiskneme** tlačítko Sběr dat.
6. Nastavíme Bunsenův fotometr **10 cm** od zdroje Z_0 .
7. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
8. Do textového okénka vložíme hodnotu **10cm** a stiskneme OK.
9. Opakujeme body 6., 7. a 8. pro hodnoty vzdálenosti 20 cm, 30 cm, ..., 90 cm.
10. Ukončíme měření.



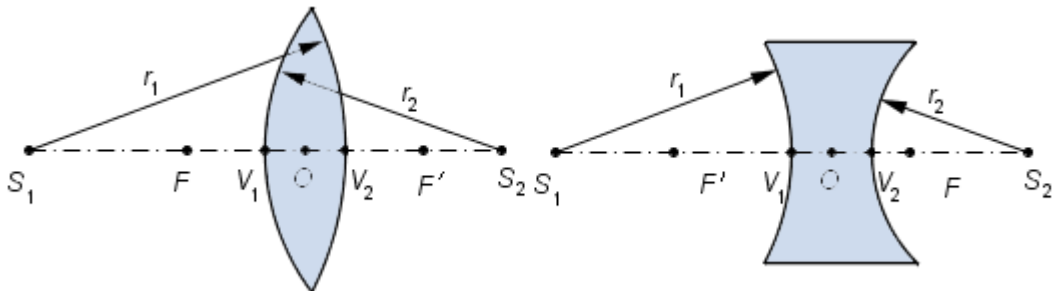
11. Určíme vzdálenosti r_0 a r a vypočítáme neznámou **svítivost** zdroje světla. Vyslovíme závěr.

Doplňující otázky

1. Urči svítivost použitých zdrojů světla luxmetrem. Porovnej naměřené hodnoty.
2. Porovnej **svítivost I** obyčejné žárovky a jí odpovídající svítivost úsporné žárovky.
3. Změř svítivost svíčky (dvou, tří, čtyř, ...).

Fyzikální princip

Ohnisková vzdálenost čočky f je vzdálenost **ohniska** F od optického **středu** O čočky ($f = |FO| = |F'O|$).



Cíl

Pomocí luxmetru určit **ohniskovou vzdálenost** spojky (rozptylky).

Pomůcky

LabQuest, žárovka 12 V/20 W, luxmetr LS - BTA, čočky ($f = +10, -10, +6$ cm), pravítko 1 m.








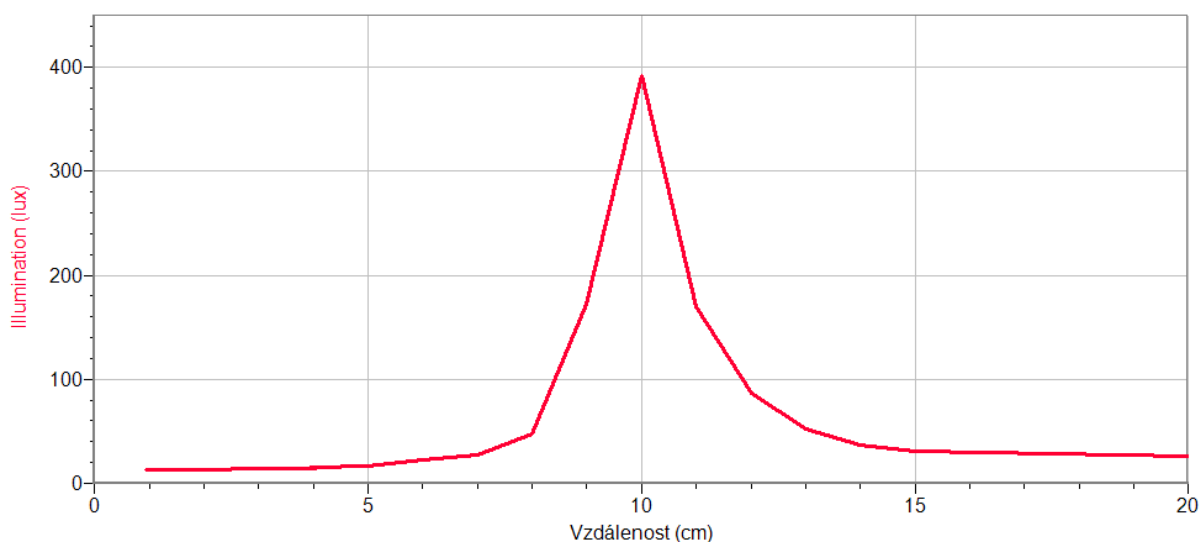
Schéma



Postup

1. Luxmetr LS - BTA zapojíme do konektoru **CH 1** LabQuestu.

2. **Sestavíme** měření podle schéma – na konec luxmetru nasadíme stínítko z tvrdého bílého papíru; mezi žárovku a luxmetr vložíme spojku; žárovku umístíme co nejdále od luxmetru (5 m); měření provádíme v zatemněné místnosti; rozsah luxmetru nastavíme podle největší hodnoty osvětlení.
3. **Zapneme** LabQuest.
4. V menu Senzory – Záznam nastavíme Režim: Události + hodnoty; Název: **Vzdálenost**; Jednotka: **cm**.
5. Zvolíme zobrazení Graf .
6. **Stiskneme** tlačítko START  (měření) na LabQuestu. Podle pravítka nastavíme spojku do vzdálenosti 20 cm od senzoru luxmetru.
7. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
8. Do textového okénka vložíme hodnotu **20** a stiskneme OK.
9. Spojku posuneme do vzdálenosti **19 cm**.
10. Stiskneme **tlačítko**  (zachovat).
11. Do textového okénka vložíme hodnotu **19** a stiskneme OK.
12. Opakujeme body 9., 10. a 11. pro hodnoty vzdáleností **18, 17, ..., 1** cm. Na stínítku sledujeme postupné zaostřování obrazu – vzdálenost se přibližuje k ohniskové vzdálenosti a naopak.
13. Stiskneme tlačítko  (ukončit měření). Soubor uložíme.



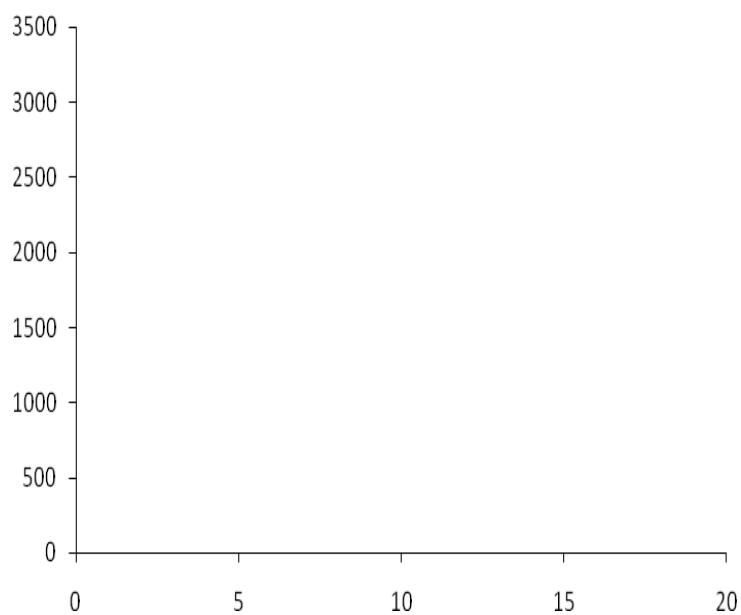
14. **Vyslovíme závěr** – jaká je ohnisková vzdálenost spojky.

Doplňující otázky

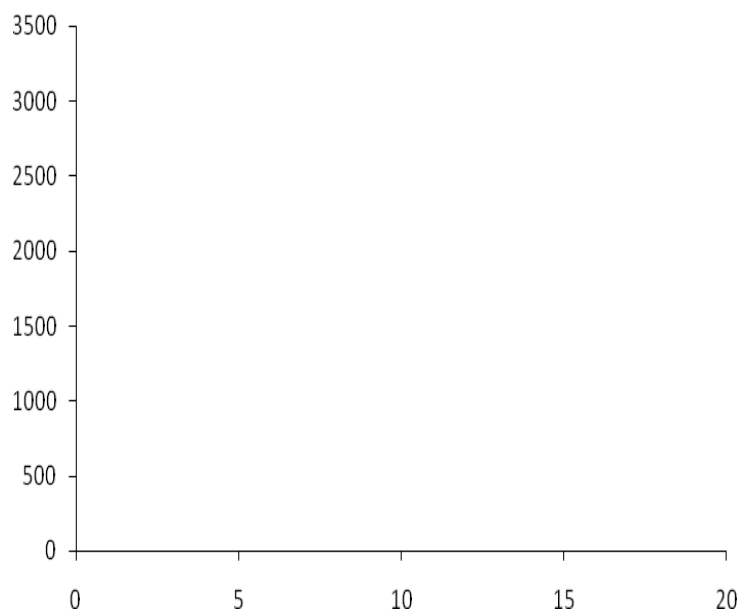
1. Měření opakujeme s jinou spojkou ($f = +6$ cm)?
2. Měření provedeme s optickou soustavou: spojkou (+6 cm) a rozptylkou (-10 cm). Změřenou ohniskovou vzdálenost ověříme výpočtem ($\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$).

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.10 Ohnisková vzdálenost	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i> Teplota: Tlak: Vlhkost:
Třída:	
Datum:	
Spolupracovali:	

1. Spojná čočka s ohniskovou vzdáleností f_1 :



2. Spojná čočka s ohniskovou vzdáleností f_2 :

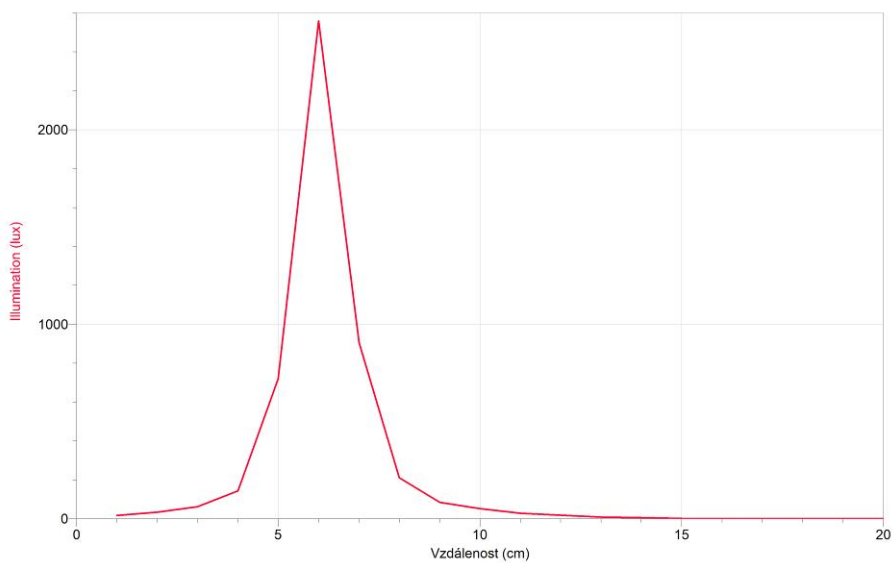


3. Ohniskové vzdálenosti spojných čoček jsou: $f_1 = \dots\dots\dots$ cm

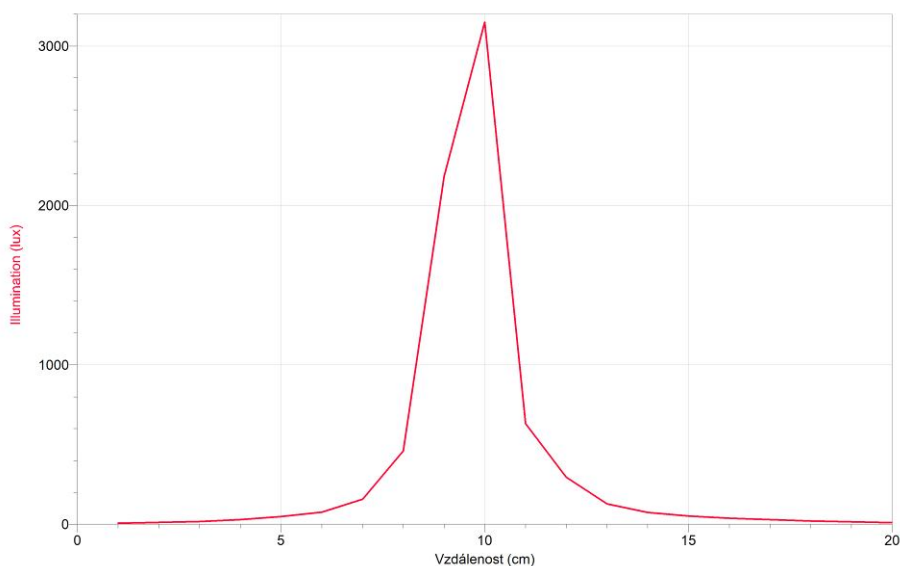
$f_2 = \dots\dots\dots$ cm

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9	
PROTOKOL O LABORATORNÍ PRÁCI Z FYZIKY	
Název úlohy: 8.10 Ohnisková vzdálenost	
Jméno:	<i>Podmínky měření:</i>
Třída:	Teplota:
Datum:	Tlak:
Spolupracovali:	Vlhkost:

1. Spojná čočka s ohniskovou vzdáleností f_1 :



2. Spojná čočka s ohniskovou vzdáleností f_2 :



3. Ohniskové vzdálenosti spojných čoček jsou: $f_1 = 6 \text{ cm}$

$$f_2 = 10 \text{ cm}$$