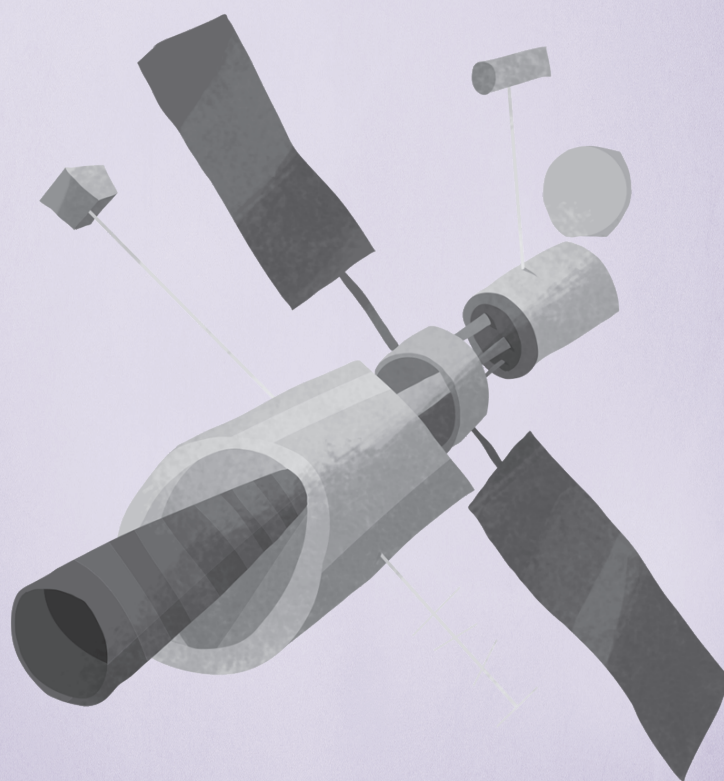


FYZIKA

POLARIZACE SVĚTLA – NÁSTROJ K IDENTIFIKACI MATERIÁLŮ



Akademie věd ČR hledá mladé vědce

OTEVŘENÁ VĚDA

AKADEMIE VĚD ČR



Úvodní list

Předmět:	Fyzika
Cílová skupina:	3. ročník SŠ/G
Délka trvání:	90 min.
Název hodiny:	Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů
Výukový celek:	Optika
Vzdělávací oblast v RVP:	Člověk a příroda
Průřezová témata:	<u>Osobnostní a sociální výchova</u> – Rozvoj kognitivních schopností, rozvíjení kreativity v každodenním životě, rozvoj dovedností řešit problémy a komunikovat. <u>Environmentální výchova</u> – Vybavení žáka znalostmi a dovednostmi, které uplatní v dalších aktivitách, jejichž cílem je zlepšení kvality životního prostředí a kvality života.
Mezipředmětové vztahy:	Přírodopis – nerosty a horniny. Biologie – základy mineralogie a petrologie.
Výukové metody:	Výklad, heuristický rozhovor, učitelský experiment, žákovský experiment, samostatná práce, práce ve dvojicích.
Organizační formy výuky:	Frontální, skupinová, párová.
Vstupní předpoklady:	Žák umí vysvětlit podstatu světla, rozumí principu šíření světla.
Očekávané výstupy:	Žák chápe, jakým způsobem k polarizaci světla dochází a jak je možno tohoto optického jevu využít v praxi (3D projekce, identifikace minerálů v polarizačním mikroskopu).
Výukové cíle:	Žák dovede provést polarizaci světla pomocí polarizační fólie. Umí samostatně / ve dvojicích předvést a popsat jev „zhášení světla“ zkřížením polarizátoru a analyzátoru (polarizačních fólií).
Klíčové kompetence:	<u>Kompetence k učení:</u> Žák se učí propojovat poznatky s ději v běžném životě (polarizační 3D brýle). <u>Kompetence k řešení problémů:</u> Žák se učí porozumět danému problému (princip polarizace). Žák se učí vyhledávat informace



z odborného textu (světlo, šíření světla, polarizace světla, využití daného optického jevu v praxi). Prakticky ověřuje správnost řešení problémů.

Kompetence komunikativní: Žák se učí úsporně a přesně komunikovat prostřednictvím odborného jazyka (lineárně polarizované elektromagnetické vlny kmitají v úzce vymezeném svazku daném polarizační rovinou polarizátoru i analyzátoru). Žák se učí vyjadřovat přehledně graficky (grafické znázornění kmitání polarizátoru, který propouští pouze část světla kmitající v jedné rovině).

Kompetence sociální a personální: Žák se učí vytvářet sebehodnocení. Učí se vytvářet metodiku práce ve dvojicích (výroba polarizátoru a analyzátoru za pomoci polarizačních fólií). Žák je veden k přiměřenému kritickému posouzení práce své i svých spolužáků.

Kompetence občanské: Žák se učí vážit si pomoci spolužáka a výsledku práce spolužáka.

Kompetence pracovní: Žák se učí trpělivosti, pečlivosti a přesnosti během pokusu.

Formy a prostředky hodnocení:

Slovní hodnocení průběžné i závěrečné, sebehodnocení, zpětná vazba.

Kritéria hodnocení:

Splnění stanovených cílů, spolupráce ve skupinách, komunikativní a prezentační dovednosti žáka.

Pomůcky:

Zdroj světla, polarizační fólie, polarizační brýle, školní tabule, křídly/fixy, polarizační brýle, pracovní listy, psací potřeby.



Časový a obsahový plán výukového celku (90 min.)

Název hodiny: Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

Čas (min.)	Struktura výuky	Činnost učitele	Činnost žáků	Organizační formy výuky		Hodnocení	Pomůcky	Poznámka
				Výukové metody				
2	Zahájení	Pozdrav, oznámení průběhu hodiny, tématu hodiny a cíle hodiny	Pozdrav, pochopení cíle	-	-	-	-	-
18	Výklad nového učiva	Popisuje fyzikální podstatu světla, dualismus světla, zaměřuje se na jeho vlnovou podstatu; stěžejní část výkladu je věnována polarizaci – vysvětlení pojmu, podstaty jevu, způsoby polarizace, funkce polarizátoru a analyzátoru; klade studentům související dotazy	Vyvolání studentů odpovídajících na dotazy	Frontální	Slovní, zpětná vazba	Slovní, zpětná vazba	Dataprojektor, projekční plocha, prezentace	-
15	Žákovský pokus I. (polarizace LCD displeje)	Dává pokyn k rozdělení žáků do dvojic, zadá úkol, rozdá pomůcky, následně kontroluje jejich práci, popř. pomáhá s řešením	Žáci ve dvojici pracují s polarizační fólií podle pokynů učitele	Frontální, párová	Slovní, zpětná vazba	Slovní, zpětná vazba	Polarizační fólie, polarizační brýle, přístroje s LCD displejem běžně dostupné ve třídě, LCD monitor počítače, LCD displej mobilního telefonu atp.	Pracovní list je uveden v dokumentu <i>Pracovní list pro studenta</i> , řešení pracovního listu je v dokumentu <i>Pracovní list pro pedagoga</i>
25	Žákovský pokus II. (polarizace světla jako vlastnost materiálů)	Zadá úkol, rozdá pomůcky, následně kontroluje jejich práci, popř. pomáhá s řešením	Žáci ve dvojici pracují s polarizačními fóliemi, zdrojem světla a hominovým výbrusem	Frontální, párová	Slovní, zpětná vazba	Slovní, zpětná vazba	Polarizační fólie, zdroj světla, hominový výbrus, dataprojektor, projekční plocha, prezentace	Pracovní list je uveden v dokumentu <i>Pracovní list pro studenta</i> , řešení pracovního listu je v dokumentu <i>Pracovní list pro pedagoga</i>
5	Ukončení experimentu a zadané práce	Úklid pomůcek, zhodnocení odpovědí na zadané otázky	Úklid pomůcek, sdělování odpovědí na zadané otázky	Rozhovor	Slovní	Slovní	-	-



22	Využití polarizace v praxi	Polarizační mikroskopy v mineralogii, Natáčení filmů, Současné 3D filmové technologie, Měření koncentrace látek, Polarizační filtry ve fotoaparátech a brýlích, Využití polarizace v astronomii, Fotoelasticimetrie	Výklad vyučujícího a odpovědi žáků na jeho dotazy	Rozhovor Frontální	Slovní	Dataprojektor, projekční plocha, prezentace	Prezentace – video „Hledání planet u cizích hvězd“ cca 8 minut videa v anglickém jazyce, pořízeného European Space Observatory.
3	Shrnutí, ukončení hodiny	Zopakování nejdůležitějších poznatků z hodiny; dotazy na žáky	Odpovědi na dotazy vyučujícího	Rozhovor Frontální	Slovní	-	-



Pracovní list pro studenta

Název: Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

Jméno:

a) *Úkol*

- I. Polarizace LCD displeje
- II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

b) *Výklad*

POLARIZACE

1. Základní znalosti

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění, které se šíří i ve vakuu. Rychlost světla je důležitá fyzikální konstanta, její přibližná hodnota je $c = 300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Je to nejvyšší rychlost možná rychlost ve vesmíru.

Světlo je charakterizováno vlnovou délkou: $\lambda = \frac{c}{f}$, kde f je frekvence světla.

Světlo se šíří různými typy optických prostředí:

1. Průhledné optické prostředí
 - a) Světlo prochází prostředím téměř beze změny (např. čiré sklo).
2. Průsvitné optické prostředí
 - a) Dochází k pohlcování určitých vlnových délek (např. barevné sklo).
 - b) Světlo se zčásti rozptyluje (např. matné sklo).
3. Neprůhledné optické prostředí
 - a) Světlo se silně pohlcuje.
 - b) Světlo se odráží (zrcadla).

Světlo se někdy projevuje jako vlnění, jindy jako částicové záření. Jeho vlnový charakter zkoumá vlnová optika, částicový charakter (částic světla se nazývají fotony) zkoumá kvantová fyzika.

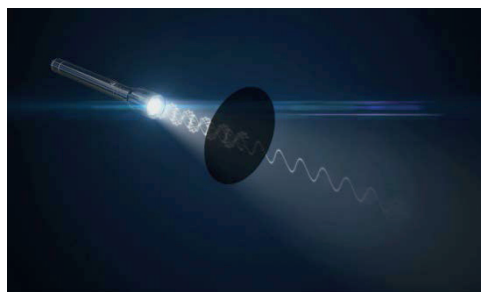
Vlnovou povahu světla potvrzují jevy:

1. Interference světla
2. Ohyb světla
3. Polarizace světla

2. Princip polarizace světla

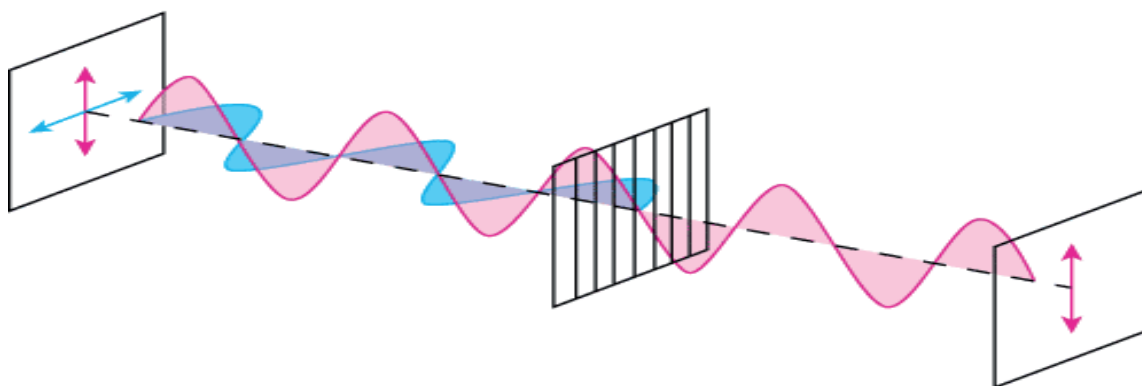
Světlo je elektromagnetické vlnění.

Vektor intenzity elektromagnetického pole \vec{E} je kolmý na směr šíření elektromagnetického vlnění (světla).



Obr. 1: Vektor \vec{E} je kolmý na směr šíření světla
Zdroj: ESO

Má-li vektor \vec{E} v dané rovině nahodilý směr i velikost, jde o nepolarizované světlo.
Má-li vektor \vec{E} stejnou velikost nebo kmitá-li ve stejném směru, jde o polarizované světlo.



Obr. 2: Lineárně polarizované světlo

Zdroj: http://www.fotoroman.cz/glossary2/glossary_images/polarizace2.gif

Druhy polarizace:

1. Lineárně polarizované světlo: vektor \vec{E} kmitá v jedné přímce.
2. Kruhově polarizované světlo: konce vektoru \vec{E} opisují kruh.
3. Elipticky polarizované světlo: konce vektoru \vec{E} opisují elipsu.

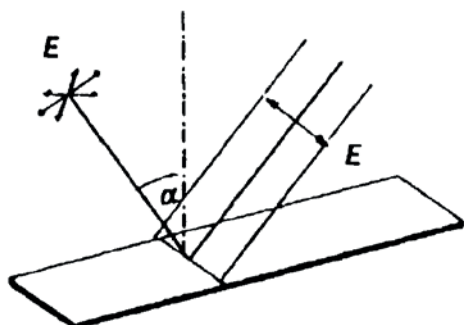
Animace na webu:

http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_25_axi.php

3. Způsoby polarizace světla

Přirozené světlo je nepolarizované, ale můžeme jej různými způsoby polarizovat.

1. Polarizace světla odrazem



Po odrazu kmitá vektor \vec{E} převážně kolmo k rovině odrazu (v přímce rovnoběžné s rozhraním). K úplné polarizaci dochází jen při určitém úhlu dopadu a tento úhel se nazývá Brewsterův úhel [brúvstrův]. Jeho velikost závisí na indexu lomu rozhraní a na vlnové délce polarizovaného světla. Kvalitnější polarizace můžeme dosáhnout opakovaným odrazem

Obr. 3: Polarizace odrazem

Zdroj: LEPIL, O. Fyzika pro gymnázia. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2002



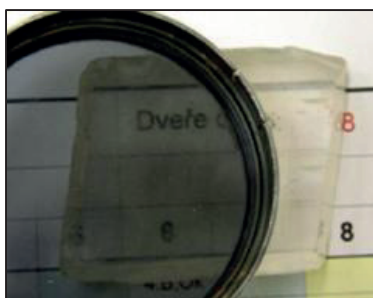
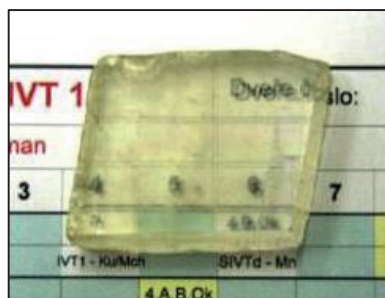
2. Polarizace světla lomem

Při lomu dochází k polarizaci světla tak, že vektor \vec{E} kmitá v rovině dopadu. V tomto případě nikdy nedojde k úplné polarizaci.

3. Polarizace světla dvojlomem

V anizotropních látkách závisí rychlost světla na směru šíření světla. Příkladem takových látek je islandský vápenec, křemen a další minerály (soustavy čtverečné, kosočtverečné, šesterečné, jednoklonné a trojklonné).

Při dopadu světla na anizotropní látku nastane dvojlom. Světlo se rozdělí na 2 úplně lineárně polarizované paprsky: na paprsek řádný (splňuje Snellův zákon lomu) a paprsek mimořádný (zákonem se řídit nemůže, protože index lomu závisí na směru, v němž se světlo v krystalu šíří). Jejich vektory \vec{E} kmitají v navzájem kolmých rovinách.



Obr. 4: Polarizace dvojlomem. Pokud na krystal položíme polarizační filtr a vhodně jej natočíme, jeden z polarizovaných paprsků zmizí.

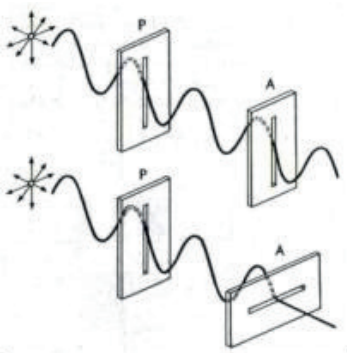
Zdroj: http://polar-peza.euweb.cz/zpusoby_polarizace.html#dvojlomem

Aplety: dvojlom: <http://www.aldebaran.cz/animace/index.php>

4. Polarizace světla polaroidem

Polaroid je polarizační filtr. Je vyrobený z 2 vrstev průhledného plastu a vnitřní výplně z látky, která má vhodně uspořádané krystalky mikroskopických rozměrů (tzv. herapatit, směs síranu chininu s kyselinou sírovou, jodovodíkovou a jódem). Světlo prochází touto látkou tak, že vektor \vec{E} je v jednom směru pohlcen.

Polaroid funguje podobně jako barevné filtry. Ty propouštějí z dopadajícího bílého světla jen světlo určité barvy (určité vlnové délky). Polaroid propouští jen světlo polarizované v určitém směru.



Obr. 5: Polarizace světla polaroidem

Zdroj: LEPIL, O. Fyzika pro gymnázia. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2002

4. Polarizace v praxi

Polarizátor je látka, která propouští vlny, kmitající jen v jedné rovině (např. polaroid, krystaly). V polarizátoru se využívá polarizace např. odrazem a lomem nebo dvojlomem.

Analyzátor je detektor polarizovaného světla (např. další polaroid). Lidské oko totiž neumí nepolarizované a polarizované světlo od sebe rozlišit.



Příklady využití polarizace praxi:

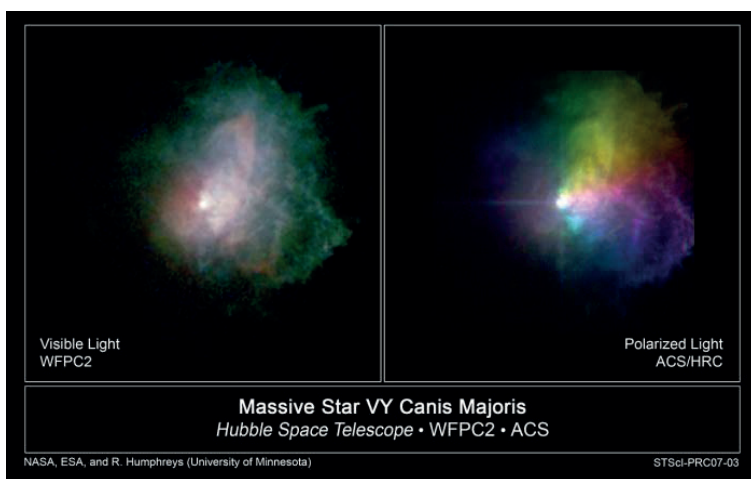
1. Využití polarizace v astronomii

Objevy planet u cizích hvězd

Motivační video (7:37 min): <http://www.eso.org/public/czechrepublic/videos/esocast60a/>

V současné době se nám daří objevovat planety u cizích hvězd (tzv. exoplanety). Obrovským problémem je však odlišení velmi slabého světla planety od intenzivního světla hvězdy, kolem níž planeta obíhá. Planeta sama nesvítí. Vidíme ji díky tomu, že se od ní odráží světlo mateřské hvězdy. Toto světlo je polarizované a v současné době se rozvíjejí nové metody, které využívají polarizace světla k detekci exoplanet.

Studium prostorového rozložení objektů



Snímky zachycují mohutné výtrysky hmoty z hvězdy VY Canis Majoris v souhvězdí Velkého psa. Vlevo je běžná fotografie ve viditelném spektru, zatímco při pořízení snímku vpravo bylo použito několik polarizačních filtrů.

*Autor a zdroj:
NASA/ESA and R. Humphreys
(University of Minnesota)*

2. Natáčení filmů

V minulosti se polarizace využívalo při natáčení filmů. Polarizační filtry regulovaly intenzitu světla, takže se používaly při vytváření efektů, jako jsou „roztmívačky“ a „stmívačky“ začátku a konců filmových bloků.

3. Současné 3D filmové technologie

Snímání scén pomocí 2 kamer a jejich následné promítání přes polarizační filtry a sledování polarizačními brýlemi vytváří efekt prostoru (trojrozměrný film).

4. Měření koncentrace látek

Některé látky mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla. Jedná se o tzv. opticky aktivní látky. Např. cukr vložený mezi polarizátor a analyzátor stáčí rovinu světelných kmitů vpravo (je pravotočivý). Jako polarizátor a analyzátor se zde používají krystaly islandského vápence, tzv. nikoly. Úhel stočení závisí na koncentraci opticky aktivní látky (v tomto případě cukru).

5. Polarizační filtry ve fotoaparátech

Natáčením polarizačních filtrů můžeme částečně odstranit světlo např. odražené od skla. Můžeme získat kvalitní fotografie např. zvířat v teráriích nebo předmětů ve výkladních skříních.

6. Polarizační brýle pro rybáře

Brýle mají filtry natočené tak, že jejich polarizační roviny jsou navzájem kolmé. Rybáři mohou lépe sledovat vodní hladinu díky tomu, že se částečně zbaví nežádoucího světla odraženého od vodní hladiny.



7. Fotoelasticimetrie

U některých výrobků potřebujeme odhalit vnitřní skryté vady, které představují riziko prasknutí při mechanickém namáhání výrobku. Stačí najít určitý zdroj záření, které prochází tímto výrobkem (nemusí to být vždy jen světlo). Mezi polarizátor a analyzátor se umístí mechanicky namáhaný materiál a sledují se charakteristické obrazce, které vypovídají o vnitřním napětí materiálu.

8. Polarizační mikroskopy v mineralogii a petrografii

Polarizace se využívá také k identifikaci minerálů ve výbrusech. Výbrusem nazýváme velice tenký plátek horniny (0,03 až 0,04 mm) vlepený speciální pryskyřicí mezi podložní a krycí sklíčko preparátu. Různé horninotvorné minerály mají v polarizovaném světle různé optické optických vlastnosti. Při otáčení výbrusem se tak některé minerály či jejich části střídavě rozsvěcují a zhasíjí (tmavnou) v určitých úhlech.

Na základě znalostí optických vlastností minerálů a jejich chování v polarizovaném světle je možno jednotlivé složky studované horniny (horninového výbrusu) za pomoci polarizačního mikroskopu určit.

c) *Pomůcky*

I. Polarizace LCD displeje

Polarizační fólie, polarizační brýle, přístroje s LCD displejem běžně dostupné ve třídě, LCD monitor počítače, LCD displej mobilního telefonu atp.

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

Polarizační fólie, zdroj světla, horninový výbrus, dataprojektor, projekční plocha, prezentace.

d) *Pracovní postup*

I. Polarizace LCD displeje

1. Uchop do rukou polarizační fólii a pozoruj „rožnutý“ LCD displej počítače či mobilního telefonu před sebou. Opatrně fólii otáčeš a pozoruj změny.
2. Nasaď si polarizační brýle a pozoruj změny na LCD displeji mobilního telefonu. Opatrně mobilním telefonem otáčeš a pozoruj změny.

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

1. Nad zdrojem světla – baterkou –, na kterém je položena jedna polarizační fólie (polarizátor) opatrně ve vzdálenosti 0,5 cm otáčeš druhou polarizační fólií (analyzátozem) a pozoruj změny.
2. Na zdroj světla – baterku s polarizační fólií (polarizátorem) – polož horninový výbrus opatrně ve vzdálenosti 0,5 cm a nad výbrusem otáčeš druhou polarizační fólií (analyzátozem) a pozoruj změny.
3. Nastav polarizátor a analyzátor do polohy, kdy jsou polarizační roviny navzájem kolmé, opatrně otáčeš jen horninovým výbrusem a pozoruj změny.



e) Zpracování pokusu

I. Polarizace LCD displeje



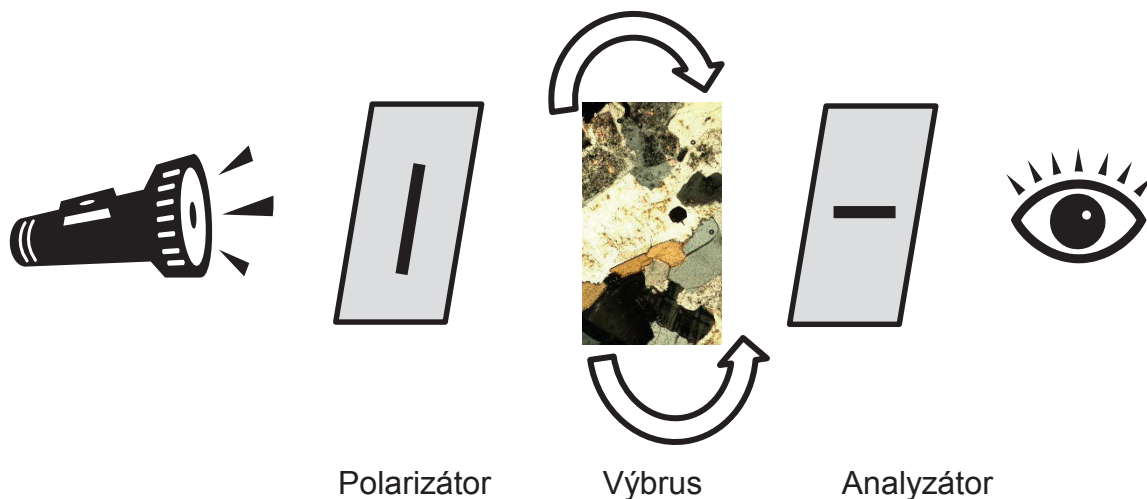
LCD displej



Polarizační brýle

Pozorování LCD monitoru polarizačními brýlemi

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

*Pozorování optických vlastností minerálů ve výbrusu pomocí polarizátoru a analyzátoru*

f) Závěr

LCD displeje monitorů a telefonů vysílají světlo. Je možné se o tom přesvědčit pohledem na LCD displej přes polarizační fólii nebo polarizační brýle. Při změně úhlu polarizační fólie vůči LCD displeji dochází k postupnému displeje v důsledku změny vzájemné polohy polarizátoru a analyzátoru. Polarizátorem jsou v tomto případě tekuté krystaly LCD monitoru, analyzátozem je polarizační filtr.

Polarizační fólie propouští pouze část světla kmitající v jedné rovině. Přiložení jedné polarizační fólie (polarizátoru) na zdroj světla – baterku – se projeví, otáčení fólie na intenzitu světla vliv

Při otáčení druhé polarizační fólie (analyzátoru) nad zdrojem světla s polarizátorem dochází k postupnému v důsledku změny vzájemné polohy polarizátoru a analyzátoru.

Při kolmých polarizačních rovinách je při rovnoběžných Pokud nastavíme polarizátor a analyzátor do polohy, kdy jsou polarizační roviny navzájem kolmé, tak můžeme pozorovat změny na krystalech minerálů v horninovém výbrusu. Různé minerály ve výbrusu polarizované světlo. Při otáčení výbrusem umístěným mezi polarizátor a analyzátor pozorujeme na různých minerálech postupně



Pracovní list pro pedagoga

Název: Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

a) *Úkol*

- I. Polarizace LCD displeje
- II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

b) *Výklad*

POLARIZACE

1. Základní znalosti

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění, které se šíří i ve vakuu. Rychlost světla je důležitá fyzikální konstanta, její přibližná hodnota je $c = 300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Je to nejvyšší rychlost možná rychlost ve vesmíru.

Světlo je charakterizováno vlnovou délkou: $\lambda = \frac{c}{f}$, kde f je frekvence světla.

Světlo se šíří různými typy optických prostředí:

1. Průhledné optické prostředí
 - a) Světlo prochází prostředím téměř beze změny (např. čiré sklo).
2. Průsvitné optické prostředí
 - a) Dochází k pohlcování určitých vlnových délek (např. barevné sklo).
 - b) Světlo se zčásti rozptyluje (např. matné sklo).
3. Neprůhledné optické prostředí
 - a) Světlo se silně pohlcuje.
 - b) Světlo se odráží (zrcadla).

Světlo se někdy projevuje jako vlnění, jindy jako částicové záření. Jeho vlnový charakter zkoumá vlnová optika, částicový charakter (částic světla se nazývají fotony) zkoumá kvantová fyzika.

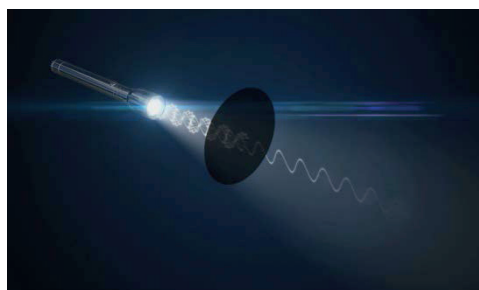
Vlnovou povahu světla potvrzují jevy:

1. Interference světla
2. Ohyb světla
3. Polarizace světla

2. Princip polarizace světla

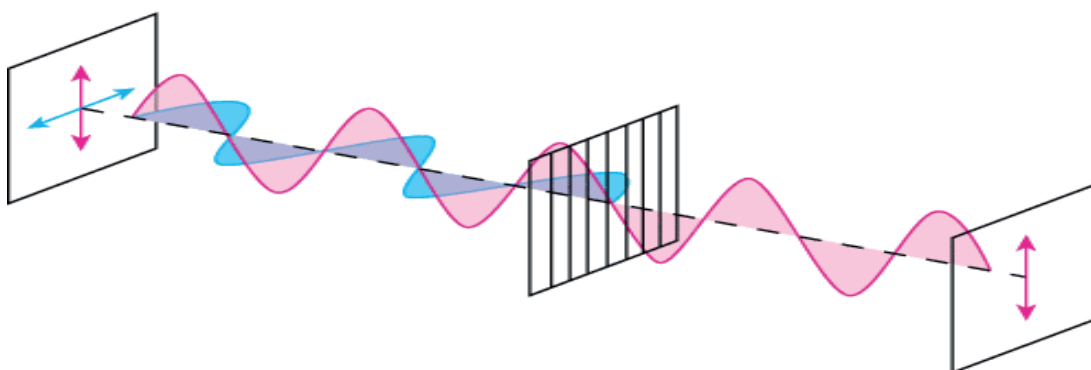
Světlo je elektromagnetické vlnění.

Vektor intenzity elektromagnetického pole \vec{E} je kolmý na směr šíření elektromagnetického vlnění (světla).



Obr. 1: Vektor \vec{E} je kolmý na směr šíření světla
Zdroj: ESO

Má-li vektor \vec{E} v dané rovině nahodilý směr i velikost, jde o nepolarizované světlo.
Má-li vektor \vec{E} stejnou velikost nebo kmitá-li ve stejném směru, jde o polarizované světlo.



Obr. 2: Lineárně polarizované světlo

Zdroj: http://www.fotoroman.cz/glossary2/glossary_images/polarizace2.gif

Druhy polarizace:

1. Lineárně polarizované světlo: vektor \vec{E} kmitá v jedné přímce.
2. Kruhově polarizované světlo: konce vektoru \vec{E} opisují kruh.
3. Elipticky polarizované světlo: konce vektoru \vec{E} opisují elipsu

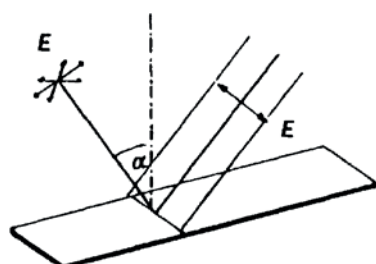
Animace na webu:

http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_25_axi.php

3. Způsoby polarizace světla

Přirozené světlo je nepolarizované, ale můžeme jej různými způsoby polarizovat.

1. Polarizace světla odrazem



Po odrazu kmitá vektor \vec{E} převážně kolmo k rovině odrazu (v přímce rovnoběžné s rozhraním). K úplné polarizaci dochází jen při určitém úhlu dopadu a tento úhel se nazývá Brewsterův úhel [brúvstrův]. Jeho velikost závisí na indexu lomu rozhraní a na vlnové délce polarizovaného světla. Kvalitnější polarizace můžeme dosáhnout opakovaným odrazem.

Obr. 3: Polarizace odrazem

Zdroj: LEPIL, O. Fyzika pro gymnázia. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2002.



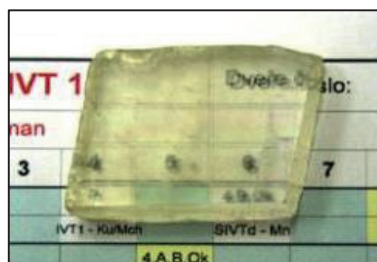
2. Polarizace světla lomem

Při lomu dochází k polarizaci světla tak, že vektor \vec{E} kmitá v rovině dopadu. V tomto případě nikdy nedojde k úplné polarizaci.

3. Polarizace světla dvojlomem

V anizotropních látkách závisí rychlost světla na směru šíření světla. Příkladem takových látek je islandský vápenec, křemen a další minerály (soustavy čtverečné, kosočtverečné, šesterečné, jednoklonné a trojklonné).

Při dopadu světla na anizotropní látku nastane dvojlom. Světlo se rozdělí na 2 úplně lineárně polarizované paprsky: na paprsek řádný (splňuje Snellův zákon lomu) a paprsek mimořádný (zákonem se řídit nemůže, protože index lomu závisí na směru, v němž se světlo v krystalu šíří). Jejich vektory \vec{E} kmitají v navzájem kolmých rovinách.



Obr. 4: Polarizace dvojlomem. Pokud na krystal položíme polarizační filtr a vhodně jej natočíme, jeden z polarizovaných paprsků zmizí.

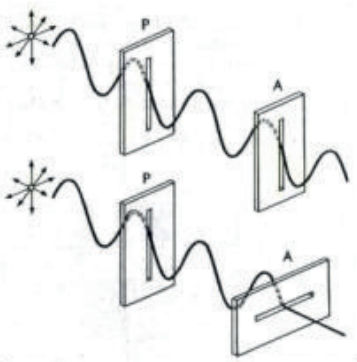
Zdroj: http://polar-peza.euweb.cz/zpusoby_polarizace.html#dvojlomem

Aplety: dvojlom: <http://www.aldebaran.cz/animace/index.php>

4. Polarizace světla polaroidem

Polaroid je polarizační filtr. Je vyrobený z 2 vrstev průhledného plastu a vnitřní výplně z látky, která má vhodně uspořádané krystalky mikroskopických rozměrů (tzv. herapatit, směs síranu chininu s kyselinou sírovou, jodovodíkovou a jódem). Světlo prochází touto látkou tak, že vektor \vec{E} je v jednom směru pohlcen.

Polaroid funguje podobně jako barevné filtry. Ty propouštějí z dopadajícího bílého světla jen světlo určité barvy (určité vlnové délky). Polaroid propouští jen světlo polarizované v určitém směru.



Obr. 5: Polarizace světla polaroidem

Zdroj: LEPIL, O. Fyzika pro gymnázia. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2002

4. Polarizace v praxi

Polarizátor je látka, která propouští vlny, kmitající jen v jedné rovině (např. polaroid, krystaly). V polarizátoru se využívá polarizace např. odrazem a lomem nebo dvojlomem.

Analyzátor je detektor polarizovaného světla (např. další polaroid). Lidské oko totiž neumí nepolarizované a polarizované světlo od sebe rozlišit.



Příklady využití polarizace praxi:

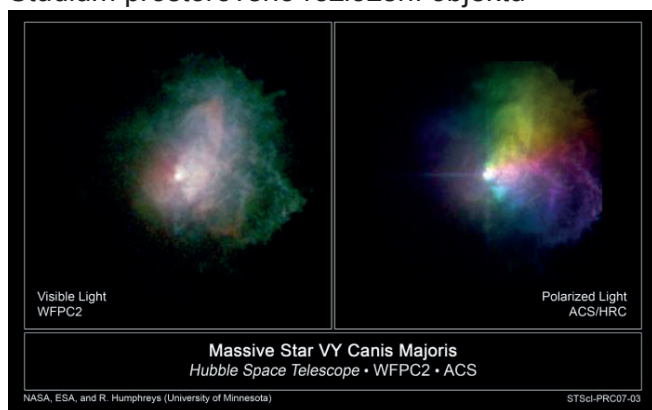
1. Využití polarizace v astronomii

Objevy planet u cizích hvězd

Motivační video (7:37 min): <http://www.eso.org/public/czechrepublic/videos/esocast60a/>

V současné době se nám daří objevovat planety u cizích hvězd (tzv. exoplanety). Obrovským problémem je však odlišení velmi slabého světla planety od intenzivního světla hvězdy, kolem níž planeta obíhá. Planeta sama nesvítí. Vidíme ji díky tomu, že se od ní odráží světlo mateřské hvězdy. Toto světlo je polarizované a v současné době se rozvíjejí nové metody, které využívají polarizace světla k detekci exoplanet.

Studium prostorového rozložení objektů



Snímky zachycují mohutné výtrysky hmoty z hvězdy VY Canis Majoris v souhvězdí Velkého psa. Vlevo je běžná fotografie ve viditelném spektru, zatímco při pořízení snímku vpravo bylo použito několik polarizačních filtrů.

Autor a zdroj: NASA/ESA and R. Humphreys (University of Minnesota)

2. Natáčení filmů

V minulosti se polarizace využívalo při natáčení filmů. Polarizační filtry regulovaly intenzitu světla, takže se používaly při vytváření efektů, jako jsou „roztmívačky“ a „stmívačky“ začátků a konců filmových bloků.

3. Současné 3D filmové technologie

Snímání scén pomocí 2 kamer a jejich následné promítání přes polarizační filtry a sledování polarizačními brýlemi vytváří efekt prostoru (trojrozměrný film).

4. Měření koncentrace látek

Některé látky mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla. Jedná se o tzv. opticky aktivní látky. Např. cukr vložený mezi polarizátor a analyzátor stáčí rovinu světelných kmitů vpravo (je pravotočivý). Jako polarizátor a analyzátor se zde používají krystaly islandského vápence, tzv. nikoly. Úhel stočení závisí na koncentraci opticky aktivní látky (v tomto případě cukru).

5. Polarizační filtry ve fotoaparátech

Natáčením polarizačních filtrů můžeme částečně odstranit světlo např. odražené od skla. Můžeme získat kvalitní fotografie např. zvířat v teráriích nebo předmětů ve výkladních skříních.

6. Polarizační brýle pro rybáře

Brýle mají filtry natočené tak, že jejich polarizační roviny jsou navzájem kolmé. Rybáři mohou lépe sledovat vodní hladinu díky tomu, že se částečně zbaví nežádoucího světla odraženého od vodní hladiny.

7. Fotoelasticimetrie

U některých výrobků potřebujeme odhalit vnitřní skryté vady, které představují riziko prasknutí při mechanickém namáhání výrobku. Stačí najít určitý zdroj záření, které prochází tímto



výrobkem (nemusí to být vždy jen světlo). Mezi polarizátor a analyzátor se umístí mechanicky namáhaný materiál a sledují se charakteristické obrazce, které vypovídají o vnitřním napětí materiálu.

8. Polarizační mikroskopy v mineralogii a petrografii

Polarizace se využívá také k identifikaci minerálů ve výbrusech. Výbrusem nazýváme velice tenký plátek horniny (0,03 až 0,04 mm) vlepený speciální pryskyřicí mezi podložní a krycí sklíčko preparátu. Různé horninotvorné minerály mají v polarizovaném světle různé optické optických vlastnosti. Při otáčení výbrusem se tak některé minerály či jejich části střídavě rozsvěcují a zhasí (tmavnou) v určitých úhlech.

Na základě znalostí optických vlastností minerálů a jejich chování v polarizovaném světle je možno jednotlivé složky studované horniny (horninového výbrusu) za pomoci polarizačního mikroskopu určit.

c) *Pomůcky*

I. Polarizace LCD displeje

Polarizační fólie, polarizační brýle, přístroje s LCD displejem běžně dostupné ve třídě, LCD monitor počítače, LCD displej mobilního telefonu atp.

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

Polarizační fólie, zdroj světla, horninový výbrus, dataprojektor, projekční plocha, prezentace.

d) *Pracovní postup*

I. Polarizace LCD displeje

1. Uchop do rukou polarizační fólii a pozoruj „rožnutý“ LCD displej počítače či mobilního telefonu před sebou. Opatrně fólii otáčeš a pozoruj změny.
2. Nasad' si polarizační brýle a pozoruj změny na LCD displeji mobilního telefonu. Opatrně mobilním telefonem otáčeš a pozoruj změny

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů

1. Nad zdrojem světla – baterkou –, na kterém je položena jedna polarizační fólie (polarizátor) opatrně ve vzdálenosti 0,5 cm otáčeš druhou polarizační fólií (analyzátozem) a pozoruj změny.
2. Na zdroj světla – baterku s polarizační fólií (polarizátorem) – polož horninový výbrus opatrně ve vzdálenosti 0,5 cm a nad výbrusem otáčeš druhou polarizační fólií (analyzátozem) a pozoruj změny.
3. Nastav polarizátor a analyzátor do polohy, kdy jsou polarizační roviny navzájem kolmé, opatrně otáčeš jen horninovým výbrusem a pozoruj změny.



e) Zpracování pokusu

I. Polarizace LCD displeje



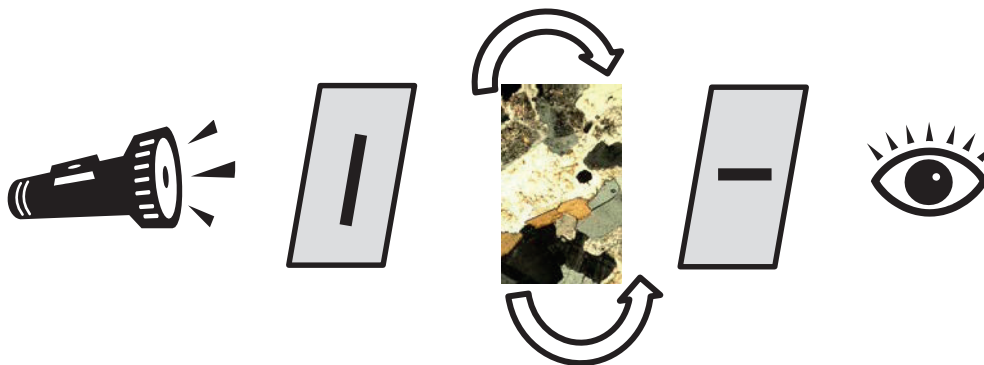
LCD displej



Polarizační brýle

Pozorování LCD monitoru polarizačními brýlemi

II. Polarizace světla jako vlastnost materiálů



Polarizátor

Výbrus

Analyzátor

Pozorování optických vlastností minerálů ve výbrusu pomocí polarizátoru a analyzátoru

f) Závěr

LCD displeje monitorů a telefonů vysílají **polarizované** světlo. Je možné se o tom přesvědčit pohledem na LCD displej přes polarizační fólii nebo polarizační brýle. Při změně úhlu polarizační fólie vůči LCD displeji dochází k postupnému **ztmavování** displeje v důsledku změny vzájemné polohy polarizátoru a analyzátoru. Polarizátorem jsou v tomto případě tekuté krystaly LCD monitoru, analyzátozem je polarizační filtr.

Polarizační fólie propouští pouze část světla kmitající v jedné rovině. Přiložení jedné polarizační fólie (polarizátoru) na zdroj světla – baterku – se projeví **slabým úbytkem světla**, otáčení fólie na intenzitu světla vliv **nemá**.

Při otáčení druhé polarizační fólie (analyzátoru) nad zdrojem světla s polarizátorem dochází k postupnému **ztmavování** v důsledku změny vzájemné polohy polarizátoru a analyzátoru. Při kolmých polarizačních rovinách je **minimální**, při rovnoběžných **maximální**.

Pokud nastavíme polarizátor a analyzátor do polohy, kdy jsou polarizační roviny navzájem kolmé, tak můžeme pozorovat změny na krystalech minerálů v horninovém výbrusu. Různé minerály ve výbrusu **ovlivňují** polarizované světlo. Při otáčení výbrusem umístěným mezi polarizátor a analyzátor pozorujeme na různých minerálech postupné **zhášení (ztmavování)**.

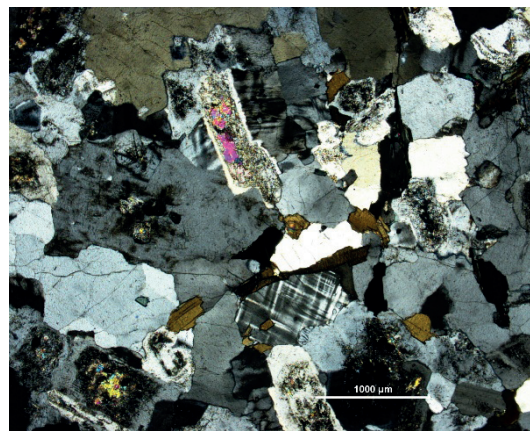
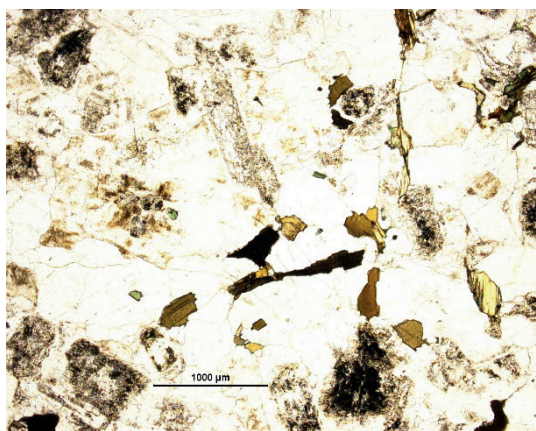


Opakování

Název: Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

Jméno:

- 1) Světlo můžeme definovat jako
- 2) Vektor intenzity elektromagnetického pole je na směr šíření elektromagnetického vlnění (světla), ale rovina, ve které kmitá, svůj směr.
- 3) Látka, která propouští vlny kmitající jen v jedné rovině, se nazývá
- 4) Polarizované světlo lze rozlišit:
 - a) polarizátorem.
 - b) analyzátozem.
 - c) pouhým okem.
- 5) Jaký jev je možné pozorovat při pohledu na LCD monitor (displej) přes polarizační fólii?
.....
.....
- 6) Označ křížkem, která fotografie horninového výbrusu byla pořízena při průchodu světla tzv. „zkříženými nikoly“ (roovina analyzátozem je kolmá k rovině polarizátorem).



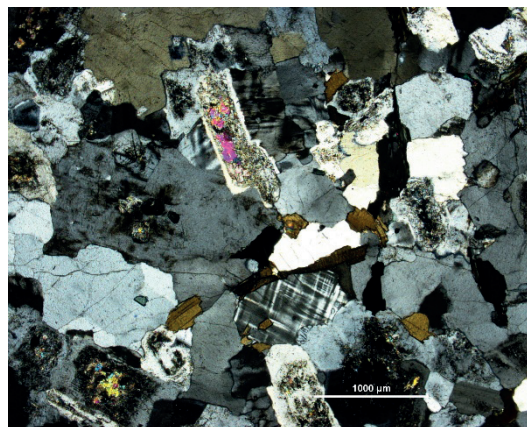
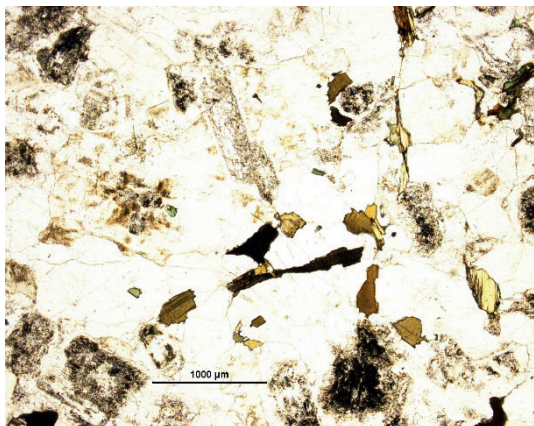


Opakování – řešení pro pedagoga

Název: Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

- 1) Světlo můžeme definovat jako **příčné elektromagnetické vlnění**.
- 2) Vektor intenzity elektromagnetického pole je **kolmý** na směr šíření elektromagnetického vlnění (světla), ale rovina, ve které kmitá, **mění nahodile** svůj směr.
- 3) Látka, která propouští vlny, kmitající jen v jedné rovině se nazývá **polarizátor**.
- 4) Polarizované světlo lze rozlišit:
 - d) polarizátorem
 - e) analyzátozem
 - f) pouhým okem
- 5) Jaký jev je možné pozorovat při pohledu na LCD monitor (displej) přes polarizační fólii?

...Při různém úhlu natočení polarizační fólie dochází k postupnému ztmavování LCD monitoru (displeje) – k tzv. zhášení...
- 6) Označ křížkem, která fotografie horninového výbrusu byla pořízena při průchodu světla tzv. „zkříženými nikoly“ (rovina analyzátoru je kolmá k rovině polarizátoru).

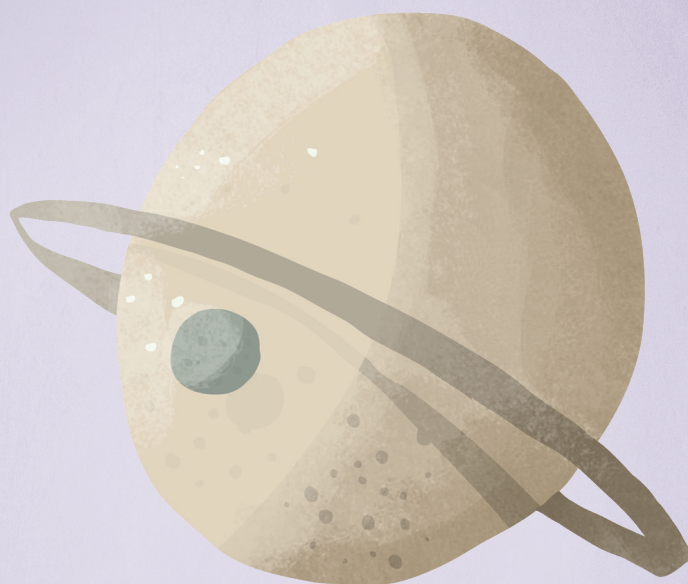






Polarizace světla – nástroj k identifikaci materiálů

Ing. Dr. Pavel Konečný, PaedDr. Ivana Marková, Ph.D.



www.otevrenaveda.cz



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ