

# Poznámky pro učitele

k modulu 06:

## Tvorba světla

*Vznik fotonu neznamena pouze fyzikální jev. Od chvíle, kdy v jeskyních zaplály první strážní ohně, byla tvorba světla pro člověka důležitým prvkem kvality života. Zejména dnes, kdy úspory energie znamenají mnohem více než jen pouhý ekonomický zájem, je důležité vědět, jak lze světlo vytvářet a používat inteligentním způsobem.*

*V tomto modulu se bude probírat záření černého tělesa a bude představen pojem fotonů jakožto diskrétních bloků energie. Hlavním tématem však budou praktické aspekty osvětlení, a také porozumění fyzice různých světelných zdrojů.*

**Shrnutí:** V rámci třídního projektu provedou žáci rozbor koncepce osvětlení své školy a budou srovnávat rozmanité zdroje světla. Ve druhé části se probírá účinnost zdrojů světla, tepelné vyzařování, záření černého tělesa a pojem fotonu.

Modul se skládá ze 2 kapitol:

- Rozbor koncepce a způsobu osvětlení školy
- Souvislost mezi tvorbou světla a teplem

**Určeno pro:** Vyšší třídy středních škol (přibližný věk žáků 16 až 18 let)

**Doba trvání:** Pro první kapitolu je zapotřebí jedna a půl vyučovací hodiny (20 + 40 minut), pro druhou kapitolu stačí jedna vyučovací hodina v délce 40 minut

**Předchozí znalosti žáků:**

- model atomu

**Co se žáci naučí:**

### Poznatky

- Fyzika rozdílných světelných zdrojů
- Tepelné vyzařování a záření černého tělesa
- Pojem fotonu

### Dovednosti

- Organizace výzkumného projektu
- Schopnost práce v týmu
- prezentace výsledků výzkumu prostřednictvím přesvědčivých argumentů

**Tento modul obsahuje:**

- 2 pracovní listy
- 1 studijní listy

## Kapitola 1 | Koncepce osvětlení vaší školy

### Doporučený program hodiny

V rámci třídního projektu žáci provedou rozbor koncepce a způsobu osvětlení vaší školy a představí návrhy, jak je zlepšit. Tím se seznámí s různými typy zdrojů světla, které jsou obvykle k dostání, porovnájí jejich výhody a nevýhody podle místa užití, a budou mít za úkol představit výsledky svého zkoumání prostřednictvím přesvědčivých argumentů.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
<b>První hodina (část)</b>		
<b>0 – 20</b>	Přehled projektu a rozdělení práce na průzkumu	WS06.1
<b>Domácí úkol</b>	Žáci budou vyhledávat informace pro projekt	WS06.1
<b>Druhá hodina</b>		
<b>0 – 10</b>	Zhodnocení výsledků průzkumu (domácího úkolu)	WS06.1
<b>10 – 25</b>	Přehled měřítek „dobrého“ světla	WS06.1
<b>25 – 40</b>	Příprava návrhů ke zlepšení koncepce a způsobu osvětlení školy	WS06.1

### Popis doporučené vyučovací hodiny

#### Přehled projektu a rozdělení úkolů

Ve druhé polovině vyučovací hodiny vysvětlíte žákům, že budou ve spolupráci s vámi řešit projekt osvětlení vaší školy. V tomto projektu budou muset pracovat jako tým. Rozdejte všem žákům pracovní list WS06.1 a dejte jim čas na přečtení úkolu. Poté s nimi prodiskutujte, jaký průzkum je třeba provést v rámci přípravy na další vyučovací hodinu. Vhodné je zpracovat úkoly z bodu 1) pracovního listu formou domácího úkolu. Bude-li třeba, pomozte žákům rozdělit úkoly při průzkumu. Zapište si, kdo bude za který úkol odpovídat.

Cílem tohoto projektu je motivovat žáky, aby zkoumali a porovnávali různé možnosti osvětlení pro řešení praktického úkolu. Žáci zjistí, že ke smysluplnému srovnání musejí použít fyzikální jednotky jako je např. *lumen* a že musejí porozumět základům funkce světelného zdroje, aby poznali, pro které účely se který zdroj hodí. (Např. nízkotlaká sodíková výbojka může být velmi úsporná, ale nehodí se k osvětlování tabule.)

#### Zhodnocení výsledků průzkumu

Na začátku další vyučovací hodiny projděte společně se žáky otázky v bodu 1) pracovního listu. Při shrnutí výsledků průzkumu je nechte vypracovat ke každé otázce krátkou odpověď, k níž uvedou zdroje svých informací.

#### Přehled měřítek „dobrého“ světla

Dejte žákům příležitost, aby přehled zpracovali sami. Asistujte jim pouze tam, kde to bude potřeba. Otázky průzkumu v bodu 1) a text v bodu 2) poskytují nápovědu ohledně možných kritérií. Pokud by tato kritéria byla příliš obecná, možná budete muset přijít s jejich úpravou.

### Příprava návrhů ke zlepšení koncepce a způsobu osvětlení školy

Účelem tabulky v bodu 3) pracovního listu je dát rámec a strukturu pro diskusi. V kontextu tohoto projektu může pojem „osvětlované místo“ znamenat jak fyzické místo (místnost, prostor), tak určitou situaci, např. osvětlení tabule nebo noční nasvětlení budovy.

Až třída zvolí nejdůležitější osvětlovaná místa, nechte je provést shrnutí nyní používaných světelných zdrojů a způsobu jejich řízení. Teprve poté by měla třída začít připravovat návrhy ke zlepšení koncepce a způsobu osvětlení. Ved'te žáky v co největší míře k tomu, aby pracovali s kvantitativními argumenty a používali reálné číselné údaje.

Ve stejném duchu by dopis řediteli v bodu 4) pracovního listu měl obsahovat konkrétní hodnoty a kvantitativní argumenty. I v případě, že žáci dojdou k závěru, že způsob osvětlení jejich školy by se měl zlepšit pouze z estetického hlediska, ved'te je k tomu, aby dokázali odhadnout náklady na realizaci navržených změn, a pak předložili námět řediteli školy.

## Kapitola 2 | Teplé světlo

### Doporučený program hodiny

V této vyučovací hodině budou žáci diskutovat o souvislosti mezi vznikem světla a teplem. Od úvodu na téma energetické účinnosti světelných zdrojů povede diskuse k tepelnému vyzařování, záření černého tělesa a pojmu fotonů.

Časy v minutách	Činnost	Materiál
0 – 5	Ohlédnutí za třídním projektem	
5 – 30	Práce ve skupinách na pracovním listu „Teplé světlo“ a ukázka tepelného vyzařování žhnoucího kovu	WS06.2 difrakční mřížky jednotky se světelnou diodou LED <i>Souprava pomůcek neobsahuje:</i> ani elektrickým proudem žhavený železný kov/ocelový drát ani Bunsenův kahan, kus kovu či pomůcky k držení žhavého kovu
30 – 40	Diskuse nad studijním listem	FS06.1

### Popis doporučené vyučovací hodiny

#### Příprava

Hlavním tématem této vyučovací hodiny je pozorování rozžhaveného kovu. Připravte experiment tak, aby změnu barvy kovu s teplotou mohli pozorovat všichni žáci. Pro spektrální analýzu vyzařovaného světla je nejvhodnější ocelový drát žhavený elektrickým proudem pozorovaný proti černému pozadí. Pokusy lze ale také provádět s kusem kovu ohříváním nad Bunsenovým kahanem.

#### Ohlédnutí za třídním projektem

Pokud jste s třídou dělali kapitolu 1 tohoto modulu, vyhradte pět minut na společnou úvahu se žáky nad tímto projektem. Líbil se jim tento způsob práce? Jsou spokojeni s tím, jak zorganizovali úkoly v rámci projektu? Co jim šlo dobře a co by příště dělali jinak?

#### Pracovní list „Teplé světlo“

Pracovní list „Teplé světlo“ (WS06.2) slouží jako přechod od úkolu v kapitole 1 k vyzařování černého tělesa a k uvedení pojmu fotonu. Na tomto pracovním listu se střídají úkoly pro jednotlivce, úkoly pro skupiny a části, o kterých se diskutuje v rámci celé třídy. Rozsah informací uvedený na pracovním listu je omezen na to, co žáci potřebují pro splnění jeho úkolů. Je na vás, zda podle vašich osnov přidáte další informace a zda váš výklad půjde do větší hloubky.

V bodě 1) pracovního listu budou žáci porovnávat energetickou účinnost různých zdrojů světla.

	<b>Teplota ve stupních Celsia</b>	<b>Měrný výkon - účinnost</b>
<b>Svíčka</b> (čajová svíčka)	600-1400	0,3 lm/W (viz „Všeobecné základy“)
<b>Světelná dioda (LED)</b> nejmodernější bílá dioda LED v r. 2010 <small>White light emitting diodes with super-high luminous efficacy; Yukio Narukawa a kol., 2010 J. Phys. D: Appl. Phys. 43 354002</small>	Výkonné diody LED se mohou zařívát, ale běžné diody LED teplot téměř nevyzařují.	135 lm/W při budičím proudu 1 A až 250 lm/W při proudu 20 mA
<b>Vláknová žárovka</b> (100 W s wolframovým vláknem )	Vlákn: 2500	17,5 lm/W
<b>Halogenová žárovka</b> (wolframové vlákno v pouzdře z křemenného skla)	Vlákn: cca 3000	24 lm/W
<b>Kompaktní zářivka</b>	60 — 80	60 lm/W
<b>Zářivka</b> (s elektronickým předřadníkem)	60 — 80 (konce trubice)	100 lm/W
<b>Světlušky</b>	Nevytváří téměř žádné teplo	
<b>Obrazovka plazmového televizoru</b> (údaje o řadě Panasonic NeoPDP, rok 2010)	33 — 45	2,3 lm/W
<b>Slunce</b> (zdroj: Faktografická tabulka o Slunci, NASA, 2010)	Fotosféra: 5505	80 lm/W za předpokladu vyzařování dokonalého černého tělesa

*Tabulka 1: Srovnání účinnosti různých světelných zdrojů*

Může to znít překvapivě, ale trubcové zářivky, většina tzv. úsporných žárovek (kompaktních zářivek) a plazmové televizní obrazovky využívají pro tvorbu světla téhož fyzikálního jevu: elektrický výboj v plynu s příměsí rtuti a s luminoforem na stěnách trubice nebo baňky, který převádí záření na viditelné světlo (viz studijní list FS06.1). Energetická účinnost se však v jednotlivých technických aplikacích liší.

### Tepelné vyzařování

Bod 2) pracovního listu představuje přechod k tématu záření černého tělesa. Od běžně používaných výrazů „teplé“ a „studené“ světlo, které odporují fyzikální realitě, se žáci dostanou k poznatku, že tepelné vyzařování při vyšších teplotách se vyznačuje kratšími vlnovými délkami (v blízkosti modrého konce spektra viditelného záření).

Opakujte pokus s rozžhaveným drátem nebo kouskem kovu několikrát a dejte žákům čas na diskusi ve skupinách o výsledcích jejich pozorování. Teprve poté proberte jejich odpovědi v rámci celé třídy.

Účelem informací v bodu 3) pracovního listu není nahradit učebnice. Mají pouze takový rozsah, aby pokryly znalosti potřebné pro splnění dalších úkolů. Vyhradte prosím čas na diskusi se žáky o záření černého tělesa a o pojmu fotonů jako diskretních kvant energie.

V bodu 4) budou žáci zkoumat změnu spektra záření kovu, který chladne z rozžhaveného stavu. Díky tomuto jednoduchému pokusu by měli žáci pochopit, že fotony s kratší vlnovou délkou mají vyšší energii.

Ze srovnání s ostatními zdroji světla, jako jsou světelné diody LED, ukazuje, že tepelné vyzařování je pouze jednou z možností, jak může světlo vznikat.

Téma se uzavře návratem k bodu 1) pracovního listu, neboť žáci pak budou porovnávat tepelné vyzařování se vznikem světla v diodě LED. To by mělo žáky přivést k závěru, že tepelné vyzařování není nejúčinnějším způsobem tvorby světla. Mělo by je to přivést k otázce, jak světlo vzniká ve světelných diodách LED a jiných zdrojích světla.

### Diskuse o studijním listu

Doufejme, že cesta od energeticky účinného osvětlení k fotonu a zpět roznítí u vašich žáků zvědavost a vedla k mnoha dotazům. Vyhradte asi 10 minut na to, abyste se žáky probrali informací ze studijního listu (FS06.1) a zodpověděli jejich dotazy.

(Následující modul „Laser“ bude obsahovat video s vizualizací vzniku světla ve vláknové žárovce, trubicové zářivce a v laseru. Pokud chcete tento modul použít v další vyučovací hodině, můžete nechat některé otázky zatím otevřené a věnovat se jim v této další hodině.)

## Všeobecné základy

### Čajová svíčka v číslech

Klasická čajová svíčka obsahuje asi 13 g parafínu (spalné teplo: 12,5 kWh/kg). Protože obvykle hoří po dobu asi 4 hodin, lze výkon čajové svíčky přibližně vypočítat jako  $(13 \text{ g} \times 12,5 \text{ kWh/kg}) / 4 \text{ h} \approx 40 \text{ W}$ .

Svítivost čajové svíčky má hodnotu o něco menší než 1 kandela (jednotka soustavy SI pro svítivost). Za předpokladu, že svíčka vyzařuje světlo v prostorovém úhlu  $4\pi$  steradiánů (ve všech směrech), je její světelný tok vnímaný lidským okem asi 12 lumenů.

Odhad účinnosti svíčky je tedy:  $12 \text{ lm} / 40 \text{ W} = 0,3 \text{ lm/W}$ .

### Světlušky

Světlušky a jiný hmyz vyzařují světlo díky chemické reakci. Jejich těla vytvářejí luciferin a enzym zvaný luciferáza. V jejich speciálních orgánech probíhá oxidace luciferinu s přispěním luciferázy, a vzniká molekula v nestabilním přechodovém stavu. Při další přeměně dekarboxylací na stabilnější produkty tato molekula často vyzáří foton s vlnovou délkou okolo 500 nm (zelená). Hmyz dokáže tuto reakci a vyzařování světla regulovat prostřednictvím množství kyslíku, který vpustí do svých orgánů, jež produkují světlo.

Přestože při této reakci vyzáří foton jen asi každá třetí molekula luciferinu, jde o velmi energeticky účinný způsob tvorby světla.

### Možné dotazy žáků

vzejdou při praktických pokusech