

Měsíční kvantum informací

2. série, březen 2023



Elektronická verze

II.U1 Když hvězdy mizí

V jaké úhlové výšce nad obzorem je extinkce světla hvězd největší?

- a) 0° (obzor)
- b) 45°
- c) 90° (zenit)

Pokuste se svou odpověď odůvodnit.

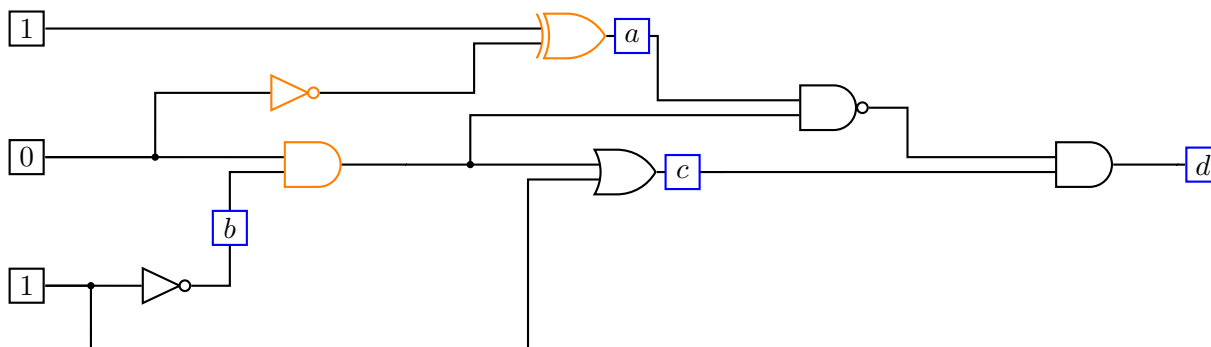
II.U2 Jedna konstanta vládne všem...

Kdo z uvedených fyziků jako první teoreticky předpověděl svými rovnicemi koncept neměnnosti rychlosti světla?

- a) Hendrik Lorentz
- b) Albert Einstein
- c) James Clerk Maxwell
- d) Henri Poincaré

II.U3 Logická hradla

Pojmenujte oranžově zvýrazněná logická hradla a určete pravdivostní hodnotu signálu v místech a , b , c a d .



II.A Polární záře

Záře viditelná v okolí zemských pólů pojmenovaná podle řecké bohyně úsvitu - *Aurora*. Snad každý o polární záři již někdy slyšel a někteří šťastlivci dokonce měli možnost tuto překrásnou podívanou vidět na vlastní oči, avšak málokdo ví jak doopravdy vzniká. V tomto seriálu se vám pokusíme objasnit fascinující pouť, která stojí za vznikem jednoho z nejkouzelnějších přírodních jevů na Zemi.

Náš příběh začíná u nám nejbližší hvězdy, tedy u Slunce. Ve vnější vrstvě sluneční atmosféry vznikají *koronální smyčky*. Obrovské „trubice“ proudící z jedné sluneční skvrny do druhé jsou tvořené nepředstavitelně horkým a hustým *plazmatem*, které je v tomto tvaru drženo magnetickým polem. Plazma, tedy ionizovaný plyn natahuje a deformuje toto magnetické pole směrem od Slunce a dvakrát až třikrát za den se plazmatu podaří oddělit část magnetického pole od Slunce. Při *výronu koronální hmoty (CME)* se od Slunce oddělí obrovský oblak ¹ plazmatu obklopený silným magnetickým polem složený převážně z protonů, elektronů a alfa částic (jader helia), neboli *plazmoid*. Ten se pak vydá meziplanetární cestu dlouhou stovky miliónů kilometrů.

Po zhruba 18hodinovém letu dorazí *sluneční vítr* k Zemi. Země má díky pohybu tekuté vrstvy vnějšího jádra složeného převážně z niklu a železa vlastní magnetické pole *dipólového charakteru*. To neznamená nic jiného, než že se magnetické pole Země chová podobně jako magnetické pole obyčejného tyčového magnetu, který si všichni nepochybně pamatujeme z hodin fyziky. Magnetické pole Země se ale od tyčového magnetu liší tím, že je deformované neustálým působením slunečního větru. Sluneční vítr splošťuje stranu magnetosféry přivrácenou ke Slunci na cca 5 zemských průměrů a naopak tvaruje odvrácenou stranu do tzv. *magnetického ohonu*, který sahá až do vzdálenosti cca 100 zemských průměrů.

Magnetické pole plazmoidu, jehož siločáry mají opačný směr než zemské magnetické pole, začne interagovat s magnetickým polem Země. Siločáry magnetického pole Země se spojí se siločarami plazmoidu a u zemských pólů vytvoří „trychtýře“, zvané *kaspy* ². Jelikož je plazma vázáno na magnetické pole, budou všechny nabitě částice „sledovat“ tyto spojené siločáry až k zemským pólům. Elektrony a protony slunečního větru budou v magnetosféře Země konat hned několik periodických pohybů. Jednak *gyraci*, tedy oběh okolo magnetických siločar po šroubovici, jednak tzv. *drift*, což je oběh okolo Země, nabitě částice tedy postupně střídají siločáry, okolo kterých gyrují a poslední pohyb, který částice konají je pohyb po siločáře mezi zemskými póly. Elektronu trvá pouhé 4 sekundy dostat se od jednoho pólu k druhému. Důsledkem tohoto pohybu je jakási propojenost polárních září Severního a Jižního pólu, tedy *aurory borealis* a *aurory australis*.

Jistě jste si již někdy všimli, že polární záře může mít mnoho různých barev od zelené až po červenou. Barva polární záře záleží na molekule, které nabitě částice slunečního větru na pólu předají svou energii. V nejvyšších výškách atmosféry je největší koncentrace atomárního kyslíku O, který nejvíce vyzařuje energii na vlnové délce 630 nm (červená). V nižších vrstvách atmosféry je vysoká koncentrace dusíku N₂ a dochází k nesčetně mnoho srážkám mezi molekulami dusíku a kyslíku. Pokud dusík absorbuje energii jako první a pak jí srážkou předá kyslíku část energie se ztratí a kyslík ji tedy vyzaří na vlnové délce 557,7 nm (zelená). Většina atomárního kyslíku se nachází v atmosféře 100 km nad povrchem Země a výše. Pod touto hladinou tedy převládá dusík N₂, který sám vyzařuje na vlnové délce 428 nm (modrá).

Úloha:

V sériálu jste se dozvěděli o polární záři na Zemi, nyní se zkuste zamyslet, jak je to s polární září na naší sousední planetě Venuši. Rozhodněte jestli lze v atmosféře Venuše pozorovat jev podobný polární záři na Zemi, pokud ano popište, jak vzniká.

¹Jak by řekl prof. Kulháněk - chrchel

²Ano, opravdu *kaspy*, nikoliv kapsy (jak je občas psáno), vychází z anglického *cusps*

II.K Není všechno teplé, co se třpytí!

V minulém díle jsme si představili základní principy kvantového světa. Vědní obor zabývající se popisem tohoto světa elementárních částic se nejčastěji nazývá *kvantová mechanika*. Nyní se však vydáme na cestu napříč časem i prostorem a podíváme se na historický vývoj tohoto odvětví fyziky. Vysvětlíme si, proč byl vznik kvantové teorie potřeba a na základě čeho dostala své jméno.

Naše putování můžeme začít v polovině 19. století, kdy světoznámý fyzik *James Clerk Maxwell* formuloval své čtyři základní rovnice elektromagnetismu. Tyto rovnice se dodnes používají k popisu všech možných jevů a modelů jako je elektromagnetická indukce, pole permanentního magnetu nebo třeba šíření světla. A právě o světle bude v tomto seriálu řeč.

Z řešení Maxwellových rovnic vyplývá, že světlo se chová jako nositel elektromagnetického pole s vlnovým charakterem. Pomocí Maxwellových rovnic se dokázalo to, co bylo téměř 200 let pozorováno. Světlo se šíří ve vlnách.

Vlnový popis světla se zdál být dostatečný, a proto se na jeho základu snažili fyzici na přelomu 19. a 20. století postavit kompletní teorii vyzařování těles. Lidé si v té době kladli otázky typu: proč hvězdy svítí? Jakým mechanismem mohou ztrácet energii? Jak může těleso předávat teplo i bez kontaktu? Načež se dopracovalo k tomu, že každé těleso, ať se nachází ve vakuu či atmosféře, musí odevzdávat teplo okolí. Tento proces zprostředkovává právě ono elektromagnetické záření. Každé těleso tedy dle teorie z konce 19. století jakýmsi způsobem „svítí“. Ale vzhledem k tomu, že ku příkladu lidi vidíme zářit maximálně tak v televizních výstupech, může se tato teorie zdát jako trochu přitažená za vlasy. Bylo proto potřeba spočítat, jak tomu doopravdy je.

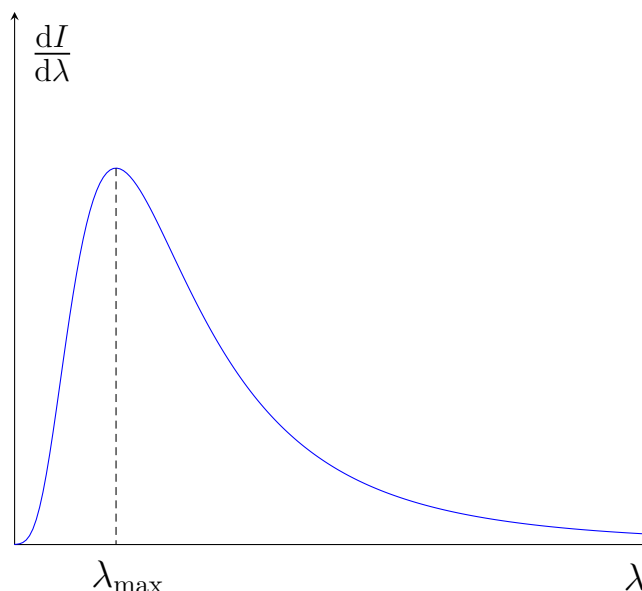
Způsob, jak dosáhnout zpracovatelných dat, je sestavit závislost tzv. *spektrální intenzity záření* (míra vyzařování) na vlnové délce (vzdálenost mezi dvěma vrcholy světelné vlny). Dle klasické fyziky bylo spočítáno, že spektrální intenzita by enormně rostla se zmenšující se vlnovou délkou. Rostla by pořád a do nekonečna, což by nám říkalo, že tělesa by na ultrafialovém spektru vydávala nekonečně mnoho energie, a to je samozřejmě nesmysl. Tento problém nese věhlasné jméno *ultrafialová katastrofa*.

Jak se s tímto problémem vypořádat? S touto otázkou zápasily koncem 19. století největší vědecké kapacity. Ovšem teprve roku 1900 byla tato hádanka vyřešena a samozřejmě tento průlom neměl na svědomí nikdo jiný než sám německý fyzik *Max Planck*. Formuloval prvně z části odhadnutý, *semiempirický* (z poloviny experimentálně zjištěný) vztah mezi spektrální intenzitou a vlnovou délkou. O pár měsíců později se mu podařilo tento zákon plně odvodit díky jistému matematickému obratu. Ten spočívá v předpokladu, že světlo jakožto forma energie nemůže být vyzařováno spojitě či kontinuálně, nýbrž po určitých částech, tzv. *kvantech*. Takové „balíčky“ světelné energie dostaly název *fotony*. U takového modelu světla se může zdát, že je v nesouladu s vlnovým charakterem, jenže pouze tímto trikem lze dosáhnout správných výsledků. Ukazuje nám to, že oba pohledy na povahu světla jsou správné, chová se jako částice a zároveň jako vlna. O tomto paradoxu kvantové mechaniky se budeme podrobněji bavit příště. Na závěr zmiňuji, že vyzařovací zákon formulovaný Planckem se dnes nazývá *Planckův vyzařovací zákon* a jeho hlavní poselství je, že každé těleso o libovolné teplotě vyzařuje na všech možných vlnových délkách, ovšem na některých více a na některých méně. Jak moc na jakých vlnových délkách je už otázka teploty. Takže v podstatě i my sami záříme podobně jako Slunce viditelným světlem, jenže tak nepatrně, že tento děj nelze postřehnout.

Jistě jste si všimli, že jsme během vysvětlování podstaty světla použili slovo *kvantum*. A právě výše zmíněné použití tohoto slova vedlo ke vzniku názvu *kvantová fyzika*. Hledání nejmenší možné

části jisté veličiny (nejen energie, ale i další) se stalo podstatným principem tohoto revolučního oboru, a fyzici proto pro něj vytvořili speciální název: *kvantování*. Jak následně ukázal všem známý Albert Einstein, kvantování není pouze matematický konstrukt, ale reálný jev přírody.

Planckův vyzařovací zákon



Úlohy:

Dle Planckova vyzařovacího zákona má závislost spektrální intenzity na vlnové délce jedno maximum. V praxi to znamená, že tělesa vyzařují na všech vlnových délkách, ovšem na některých vyzařují méně a na některých více. Existuje však jedna vlnová délka, na které dané těleso vyzařuje nejvíce, říkáme jí λ_{\max} . A právě tuto vlnovou délku λ_{\max} také nejlépe vidíme.

1. Jaký je vztah mezi λ_{\max} a teplotou příslušného tělesa?
 - a) λ_{\max} je přímo úměrná teplotě tělesa
 - b) λ_{\max} je nepřímo úměrná teplotě tělesa
2. Svou předchozí odpověď se pokuste zdůvodnit úvahou nebo prokázat na nějakém jevu v přírodě.

Nápověda: Zamyslete se například nad tím, co dává hvězdám jejich barvu.

3. Jak se nazývá zákon, který dává do vztahu λ_{\max} a teplotu vyzařujícího tělesa?
 - a) Stefan–Boltzmannův zákon
 - b) De Broglieho vlna
 - c) Einsteinova rovnice fotoefektu
 - d) Wienův posunovací zákon

II.B Zase ty světla!

Netrpělivý řidič se přibližuje k semaforu, na kterém z dálky vidí svítit červenou. Nechce zastavovat, a jelikož je fyzikálně vzdělaný, napadne ho zrychlit na takovou rychlost, že místo červené uvidí zelenou. Vypočítejte rychlost, jakou by se musel pohybovat. $\lambda_R = 700 \text{ nm}$ $\lambda_G = 550 \text{ nm}$.



Seznámení a
podrobné
informace



Jak sepisovat
řešení, pravidla



Budeme rádi, když
vyplníte dotazník

Jindřich Anderle, Vojtěch Kubrycht, Michal Stroff

kvantuminformaci@gmail.com