

## Purkyňův jev a astronomie

Jan Evangelista Purkyně patří zcela určitě mezi největší české přírodovědce všech dob. Svědčí o tom přinejmenším 13 Purkyňových eponym (jevů pojmenovaných po určité osobnosti) v přírodních vědách, v čemž se mu žádný český badatel dodnes ani vzdáleně nepřiblížil. Způsob, jímž v bádání postupoval, lze označit za příkladný. Vycházel většinou z téměř samozřejmých pozorování a na jejich základě položil zdánlivě triviální otázky. Při jejich zodpovídání dospíval k hlubokým a nezřídka nečekaným závěrům, které pak vešly do učebnic biologie a medicíny, takže širší veřejnosti je Purkyně znám nejspíše jako zakladatel fyziologie. Avšak už na počátku své vědecké dráhy věnoval hodně úsilí rozboru optiky i fyziologie lidského vidění.

Zrak je totiž pro přírodovědce primárním zdrojem poznatků o světě, i když už dnes mezi objektem a pozorovatelem stojí objektivní mezičlánek v podobě mikroskopu, dalekohledu nebo monitoru počítače. Vlastnosti lidského zraku Purkyně studoval na sobě samém; zkoumal různé zrakové iluze i optické vlastnosti lidského oka důmyslnými pomůckami a pokusy.

Tak si např. už jako student medicíny všiml, že když se prochází za jarního večera rozkvetlou přírodou, mění se po západu slunce barvy květů; červené květy tmavnou, žluté blednou a modré naopak vidíme jasněji. Začal tento úkaz studovat soustavně, a tak zjistil, že ke stejnému výsledku vede i pozorování jakýchkoli barevných objektů, které při silném vnějším osvětlení vidíme jako stejně jasné, ale při klesajícím osvětlení se modré plochy nebo body jeví světlejší než odpovídající plochy červené. Svému objevu věnoval

i dizertaci, kterou obhájil v r. 1818 a která pak zaujala J. W. Goetha.

Jak známo, právě Goethe ho posléze doporučil jako kandidáta profesury na univerzitě ve Vratislavi, kde Purkyně výzkum dokončil. V r. 1825 uveřejnil práci Neue Beiträge zur Kenntniss des Sehens in Subjectiver Hinsicht (Reimer: Berlín, str. 109 až 110), která mu vynesla eponym Purkyňův jev, popř. Purkyňův efekt (anglicky Purkinje effect nebo Purkinje shift).

Purkyně tak narazil na pozoruhodnou vlastnost lidského oka, které má v sítnici dva typy čidel, čípky a tyčinky. Při dostatečném vnějším osvětlení jsou hlavním zdrojem signálu pro mozkové centrum zraku čípky, jež umožňují fotopické (barevné) vidění, protože v sítnici se nacházejí vždy těsně vedle sebe čípky tří druhů – citlivé na modré, zelené a červené světlo. Čípků je na sítnici asi 7 milionů a nejvíce se koncentrují v tzv. žluté skvrně,

kde je vidění nejostřejší (skvrna je poněkud posunuta vůči optické ose oka). Na žlutou skvrnu dopadá světlo ze zorného úhlu jen  $\frac{3}{4}$  obloukového stupně, ale zorný úhel oka je mnohem větší, vodorovně dosahuje  $150^\circ$  a svisle  $120^\circ$ . Směrem k periferii sítnice totiž začínají převažovat mnohem početnější tyčinky, jichž je v oku asi 130 milionů. Tyčinky jsou na světelné podněty mnohem citlivější než čípky, ale nedokáží rozlišovat barvy a „zapínají se“ teprve tehdy, když intenzita vnějšího osvětlení výrazně klesá (např. ke konci soumraku), přičemž přechod na tzv. skotopické vidění zabere hodně času.

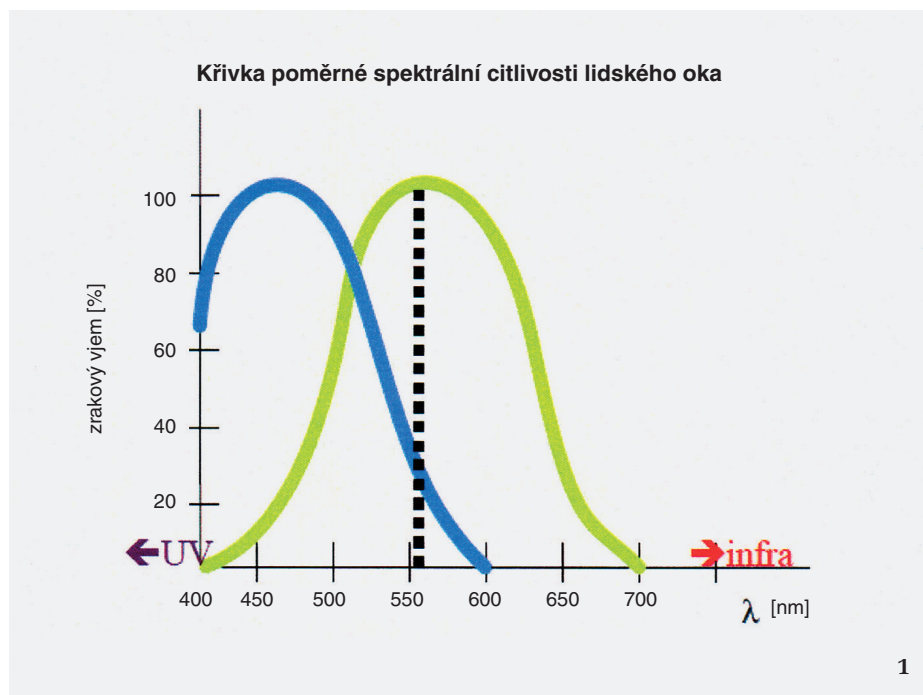
Akomodace na noční vidění trvá nejméně 10 minut, ale úplná akomodace nastává až během hodiny a stále ještě roste s časem stráveným bez přerušování ve tmě. Naproti tomu zpětná akomodace na denní světlo trvá jen desetiny sekundy. Jinými slovy, lidské oko dokáže zpracovat světelné podněty v rozmezí intenzit až 8 řádů, ale nikoli naráz, nýbrž vždy v menším rozsahu, podle toho, o jak vysoké intenzity osvětlení jde. Další řád rozsahu intenzit zpracovávaného signálu získává oko reflexní změnou průměru zřítelnice od 1 mm do 8 mm. V tomto smyslu a také díky vysoké kvantové účinnosti tyčinek se lidské oko buď vyrovná, nebo dokonce předčí většinu fyzikálních detektorů světla.

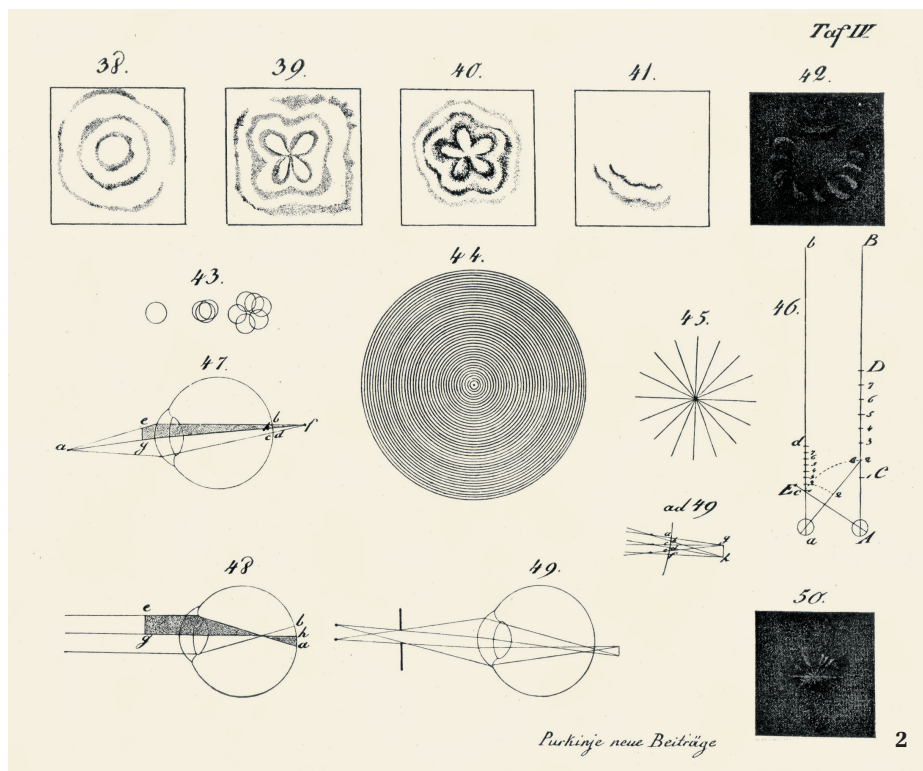
Přechody režimu vidění oka mezi fotopickým a skotopickým však vyvolávají také změny citlivosti oka v závislosti na barvě pozorovaného objektu. Čípky jsou totiž nejcitlivější na světlo o vlnové délce 555 nanometrů (žlutozelená oblast elektromagnetického spektra), kdežto tyčinky mají maximum citlivosti na vlnové délce 505 nm (modrozelená barva) a jejich citlivost sahá až do fialového pásma optického spektra. To je fyzikální podstata Purkyňova jevu (obr. 1).

### Purkyňův jev včera a dnes

V době Purkyňova objevu se veškerá astronomie odehrávala ve vizuálním oboru spektra, tj. tam, kde je lidské oko citlivé na světlo. Obloha se dala sledovat třeba jen pouhým okem adaptovaným na noční (skotopické) vidění. Pokud si astronom potřeboval posvítit na mapku nebo něco zakreslit, používal pro osvětlení výhradně červené světlo, aby neztratil příslušnou akomodaci na noční tmě. Pokud pozoroval dalekohledem, mohl přirozeně vidět podstatně slabší objekty než pouhým okem, ale podstata nočního vidění se tím

1 Při fotopickém – barevném vidění za plného světla (zelená křivka) mají čípky v lidském oku maximum citlivosti ve žlutozelené části elektromagnetického spektra; v dlouhovlnné oblasti vnímají s malou účinností ještě tmavě červené světlo, kdežto v krátkovlnné oblasti světlo modrozelené. Při skotopickém – nočním vidění (modrá křivka) mají tyčinky v oku maximum citlivosti v modrozelené oblasti spektra; nevnímají červené světlo, ale dokáží spatřit i fialovou oblast spektra. Křivka se posouvá ke kratším vlnovým délkám – Purkyňův jev. Upraveno podle: katedra elektronického obrazu FUD UJEP v Ústí nad Labem





2 Vyobrazení z pokračování pražské dizertace Příspěvky k poznání zraku ze subjektivního hlediska (Berlín 1825). Znázorňují mihavé obrazce a fosforeskující vlnění po požití náprstníku (38–42), koncentrické kruhy a paprsky ke zkouškám krátkozrakého oka (44–45), osy krátkozrakého a dalekozrakého oka pro vysvětlení šilhavosti (46) nebo vysvětlení převrácených pohybů předmětu (špendlík) před snímkem v blízkosti oka (47–49). I. díl Sebraných spisů J. E. Purkyně – Opera omnia, opus I. (1918)

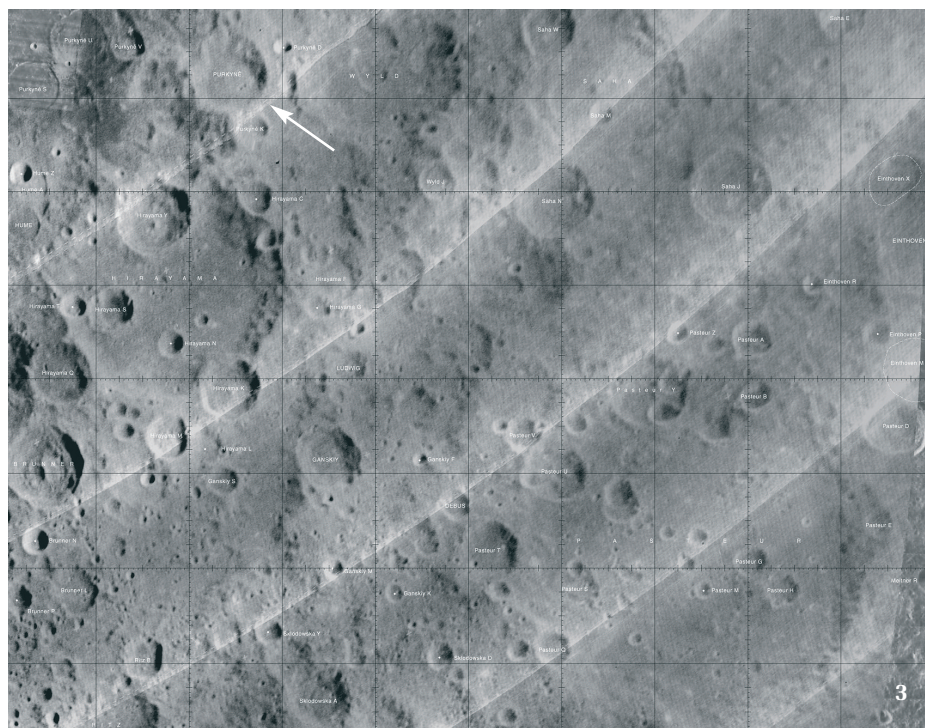
3 Na fotografii z Atlasu měsíce je kráter Purkyně označen v levém horním rohu (šipka). Kolem něho jsou krátery Purkyně D, K, S, U, V. Některé z nich byly nedávno přejmenovány takto: S – Milton, U – Tasso, V – Hugo. Podle Gazetteer of Planetary Nomenclature (IAU, NASA, USGS). Z archivu autora, pokud není uvedeno jinak

i tří řádů, tj. poměru až 1 000 : 1. Dalším problémem je propustnost světla vlnových délek zemskou atmosférou, což prakticky znamená, že tatáž hvězda pozorovaná v zenitu se jeví modřejší, než když ji pozorujeme blíže k obzoru. Purkyněův efekt se v astronomii uplatňuje i dnes, kdy bylo lidské oko jako světloměrný přístroj postupně nahrazeno fotografickou emulzí, katodou fotonásobiče nebo čipy CCD. Všechna tato čidla trpí stejným neduhem; tj. rozdílnou citlivostí pro světlo různých barev (přesněji vlnových délek). Proto nemalou část zpracování měření jasností hvězd, ale i galaxií, komet a dalších astronomických objektů dodnes zabírá barevná kalibrace každého pozorování, ať už se odehrává u dalekohledu na Zemi nebo v kosmickém prostoru včetně Hubbleova kosmického teleskopu.

Není proto divu, že astronomové nedají na Purkyněho dopustit.

Nástup kosmonautiky umožnil zmapovat i odvrácenou stranu Měsíce a tak se do nomenklatury měsíčních kráterů dostal i kráter Purkyně, jenž se nachází těsně za rozhraním přivrácené a odvrácené polokoule Měsíce necelě 2° na jih od měsíčního rovníku na 95° východní délky. Impaktní (vzniklý dopadem planetky) kráter Purkyně má průměr 48 km a v jeho okolí je označeno tímž jménem s písmeny D, K, S, U, V ještě pět dalších kráterů. Za příznivých okolností je kráter Purkyně viditelný i ze Země zásluhou kolébání (librace) Měsíce na jeho oběžné dráze kolem Země.

Konečně v r. 1985 objevil český astronom Antonín Mrkos na Kletí v jižních Čechách planetku s předběžným označením 1985 DW (<http://planetky.astro.cz>). Planetka obíhá po téměř kruhové dráze v průměrné vzdálenosti 420 milionů km od Slunce v periodě 4,7 roku. Po přidělení pořadového čísla 3701 od Mezinárodní astronomické unie dostala planetka v lednu 1996 na návrh objevitele jméno Purkyně s tímto zdůvodněním: Pojmenována na paměť J. E. Purkyně (1787–1869), profesora fyziologie ve Vratislavi a v Praze. Objevil fyziologický efekt, dobře známý pozorovatelům proměnných hvězd, jenž způsobuje, že srovnatelná změna jasnosti v červené barvě se jeví větší než v barvě modré.



neměnila, pouze jasnější objekty se v dalekohledu jeví barevné.

V Purkyněově době se však už vědělo, že některé hvězdy mění svou jasnost s časem; souhrnně se takové hvězdy nazývají proměnné a astronomové postupně objevili řadu typů proměnných hvězd, např. cefeidy, novy, zákrytové dvojhvězdy atd. Změna jasnosti těchto hvězd ovšem přinesla při vyhodnocování údajů významné potíže právě kvůli zmíněnému Purkyněovu jevu. Lidské oko je totiž velmi citlivým nástrojem pro vzájemné porovnávání jasnosti dvou objektů, které jsou úhlově blízko. Zejména přesně se dá pozorováním očima zjistit, že jsou dva objekty srovnatelně jasné. V takovém případě dosahují zkušený pozorovatelé relativní přesnosti

odhadů jasností hvězd hodnot kolem 3 %. Háček je však v tom, že pokud jsou hvězdy různě teplé, což téměř pravidelně platí, mají z fyzikálních důvodů různou barvu, i když je pozorovatel očima nebo v dalekohledu vidí jako bezbarvé (bílé). V tom případě jde o smíšené tzv. mezopické (soumrakové) vidění, kde se uplatňují jak čípky, tak i tyčinky, jenže nestejným dílem podle okamžité jasnosti proměnné hvězdy, ale také podle rozměru optiky příslušného přístroje a použitého zvětšení.

Astronomové proto velmi uvítali Purkyněův objev, protože jim pomohl odhalit systematické chyby v pozorování jasnosti mnoha proměnných hvězd, kde amplituda změn intenzity dopadajícího světla z hvězdy dosahuje během dnů až roků dvou