

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Tereza Mádlová

Byli Hertzsprung s Russellem skutečně první?

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 59 (2014), No. 3, 251--258

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/144030>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2014

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Byli Hertzsprung s Russellem skutečně první?

Tereza Mádlová, Vlašim

Ačkoliv název známého Hertzsprungova–Russellova diagramu připomíná jeho první dva autory, dánského astronoma Ejnara Hertzsprunga a amerického astronoma Henryho Norrisa Russella, kteří diagram sestrojili a publikovali nezávisle na sobě v letech 1911 a 1914, ukazuje se, že diagram tohoto rázu byl publikován již rok před článkem Hertzsprunga. V roce 1910 historicky první podobný diagram zveřejnil německý astronom Hans Rosenberg.

Letos tedy slavíme sté výročí od publikování diagramu Russellem, který byl, a ve většině případů doposud je, společně s Hertzsprungem považován za prvního autora diagramu dnes nazývaného Hertzsprungův–Russellův. Pojdme však nahlédnout do historie a zjistíme, kdo diagram sestrojil skutečně jako první.

1. Co je HRD

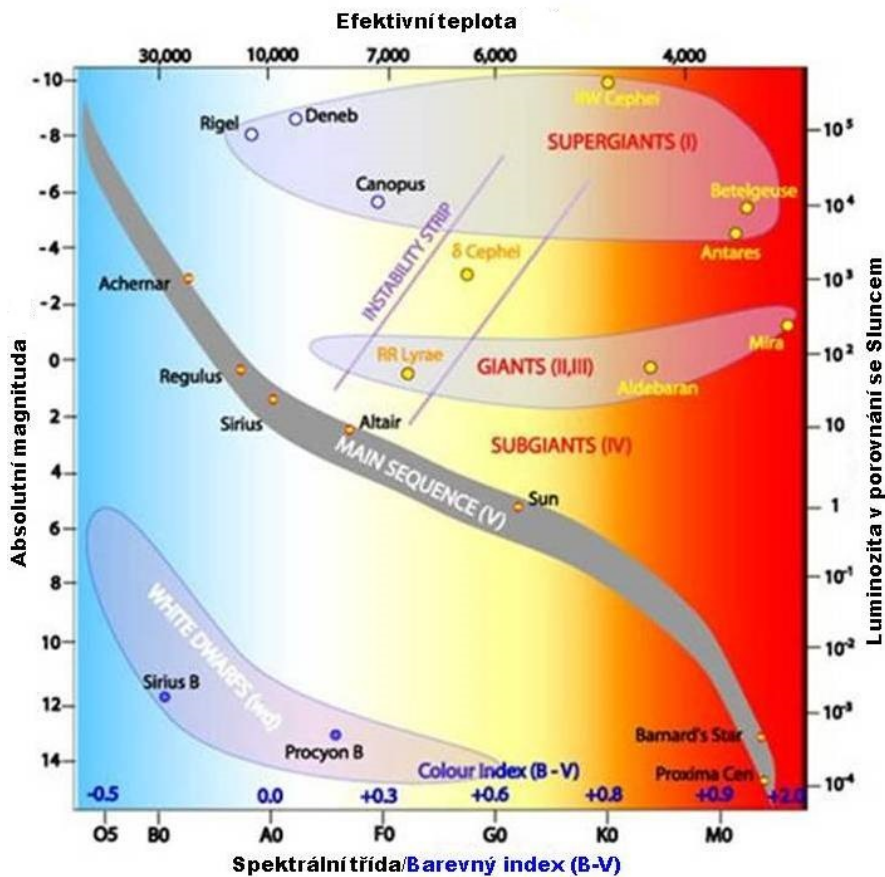
Než se pustíme do historie samotné, připomeneme, co znázorňuje Hertzsprungův–Russellův diagram (HRD).

Do HRD vynášíme závislost absolutní magnitudy či luminozity hvězd na efektivní teplotě¹, barevném indexu nebo spektrální třídě. Do diagramu se zpravidla vynáší skupina hvězd, jako je například hvězdokupa nebo část hvězd naší Galaxie. Na obrázku 1, ukazujícím ilustrativní příklad diagramu, vidíme, že se hvězdy kupí do určitých oblastí. Ty odpovídají, mimo jiné, fázi vývoje hvězdy. Pás uprostřed, v obrázku označen jako MAIN SEQUENCE, představuje hlavní posloupnost, kam patří většina hvězd (včetně našeho Slunce), jedná se o typické hvězdy, v jejichž jádrech probíhají termonukleární reakce. Ostatní oblasti označené GIANTS, SUPERGIANTS a WHITE DWARFS představují pozdní fáze hvězdného vývoje: obry, veleobry a bílé trpaslíky. Římské číslice I–V, kterými jsou oblasti označeny, představují tzv. luminozitní třídy, do kterých rozdělujeme hvězdy podle šířky jejich spektrálních čar. V diagramu také vidíme pás nestability označený jako INSTABILITY STRIP, v němž se nacházejí proměnné hvězdy, jakými jsou například cefeidy.

2. Hertzsprung, Russell a Rosenberg

Henry Norris Russell, astronom, jméno kterého také nese diagram, jehož sté výročí publikování tento rok slavíme, se narodil v roce 1877 ve státě New York jako syn presby-

¹Efektivní teplota na většině diagramů roste na vodorovné ose nestandardně zprava doleva (jak je vidět i na obrázku 1), čemuž odpovídá přechod barev zleva doprava od modré k červené. Stejně barevné uspořádání bylo používáno i v prvních diagramech, viz např. Russellův diagram na obrázku 3, a proto se takovéto znázornění používá dodnes.



Obr. 1. Ilustrativní znázornění HR diagramu s příklady nejznámějších hvězd. Efektivní teplota je vyjádřena v kelvinech [9].

teriánského kněze. O astronomii se zajímal již od svých pěti let, kdy s rodiči pozoroval přechod Venuše přes Slunce. Doktorát získal na Princetonské univerzitě v New Jersey, kde strávil téměř celý svůj pracovní život. Získal zde pozici profesora a v roce 1912 se stal ředitelem univerzitní observatoře. Kromě Princetonu působil Russell dva roky na observatoři v americké Cambridgi jako postdoktorand. Zde studoval a vyvinul měření paralaxy pomocí fotografických metod. Díky tomuto studiu a studiu trigonometrické paralaxy hvězd v Princetonu objevil korelaci mezi absolutní magnitudou a spektrální třídou hvězd, kterou vynesl do diagramu na konci roku 1913 a publikoval v roce 1914 pod názvem *Vztahy mezi spektry a ostatními charakteristikami hvězd* [7]. Mimo jiné se Russell zabýval také například dvojhvězdami či studiem vývoje hvězd pomocí nově objevené korelace. Zemřel v roce 1957 v Princetonu. V roce 1946 byl jako první oceněn čestnou přednáškou Henryho Norrise Russella, nejvyšší cenou Americké astronomické společnosti [8].

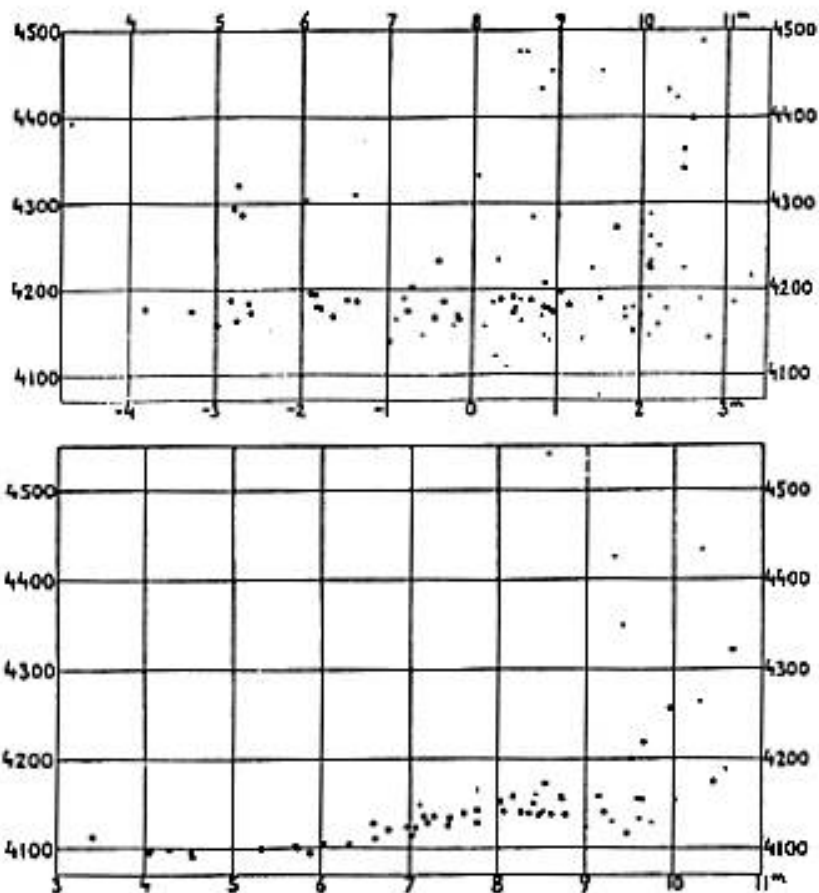
Druhý astronom, po kterém je diagram pojmenován, Ejnar Hertzsprung, se naro-

dil v roce 1873 v Kodani, kde jeho otec získal titul v astronomii, avšak působil jako ředitel pojišťovny. Sám Ejnar Hertzsprung na Kodaňské univerzitě vystudoval chemické inženýrství a v tomto oboru se také profesně pohyboval. Pracoval pro dánskou společnost v Petrohradě a později se vrátil na akademickou půdu a věnoval se fotochemii na Lipské univerzitě. Po smrti svého bratra v roce 1902 se vrátil do Kodaně, kde žil se svou matkou. Začal pracovat jako vědec na dvou kodaňských observatořích zároveň — na univerzitní hvězdárně a soukromé observatoři Urania —, kde v letech 1905 a 1907 vydal dva články týkající se barev hvězd a jejich vzdáleností odvozovaných z vlastních pohybů a rozdělil chladnější hvězdy podle jasnosti do dvou skupin, které pojmenoval jako obry a trpaslíky. V roce 1909 Hertzsprungovi Karl Schwarzschild, německý teoretický astrofyzik, který se dozvěděl o jeho práci, nabídl místo na observatoři v Göttingenu, kde Schwarzschild působil jako ředitel. Hertzsprung toto místo přijal, avšak ještě týž rok se oba přesunuli na postupimskou observatoř, kde Hertzsprung působil do roku 1919 a kde také prožil své vědecky nejplodnější období. Během něj objevil závislost absolutní magnitudy na barevném indexu, kterou vynesl do diagramu publikovaného po názvem *Pojednání o použití fotografické efektivní vlnové délky k určení odpovídající barvy* [1], a například v roce 1919 objevil proměnnost Polárky, která je cefeidou s malou amplitudou jasnosti. Od roku 1919 do roku 1944 pracoval jako profesor a později ředitel na observatoři v nizozemském Leidenu a po druhé světové válce se vrátil do Dánska, kde v roce 1967 zemřel. Hertzsprung byl ohodnocen několika cenami, mezi něž patřila například zlatá medaile Královské astronomické společnosti v Londýně.

Ačkoliv není příliš znám, Hans Rosenberg vynesl a publikoval tzv. Hertzsprungův–Russellův diagram jako první. Narodil se v Berlíně v roce 1879. Doktorát získal na Univerzitě ve Štrasburku, kde pracoval na proměnných hvězdách. V roce 1910 obhájil v německém Tübingenu habilitační práci s názvem *Vztah mezi jasností a spektrálním typem v Plejádách* [6], která obsahovala onen graf znázorňující závislost zdánlivé magnitudy na spektrální třídě. Do roku 1926, kdy se stal ředitelem univerzitní observatoře v Kielu, působil na observatoři v Tübingenu jako profesor a ředitel. V roce 1935 mu byla pozice ředitele v Kielu odňata, neboť byl židovského původu. Po tříletém přednášení na Yerkeské observatoři v Chicagu pracoval jako ředitel observatoře v Istanbulu, kde také v roce 1940 zemřel [2].

3. Vznik prvního HR diagramu

Hertzsprungův–Russellův diagram byl pojmenován na počest dvou významných astronomů, kteří nezávisle na sobě zhotovili diagram znázorňující závislost magnitudy hvězd na jejich spektrálním typu či barevném indexu a kteří byli a doposud jsou považováni za objevitele této závislosti. Ejnar Hertzsprung svůj diagram pro hvězdokupy Plejády a Hyády publikoval v roce 1911 v článku *Über die Verwendung photographischer effektiver Wellenlaengen zur Bestimmung von Farbaequivalenten (Pojednání o použití fotografické efektivní vlnové délky k určení odpovídající barvy)* [1]. O tři roky později, v roce 1914, svůj článek s názvem *Relations Between the Spectra and Other Characteristics of the Stars (Vztahy mezi spektry a ostatními charakteristikami hvězd)* [7] a diagramem pro některé hvězdy v Galaxii se známou paralaxou (a tedy i vzdáleností) publikoval Henry Norris Russell.

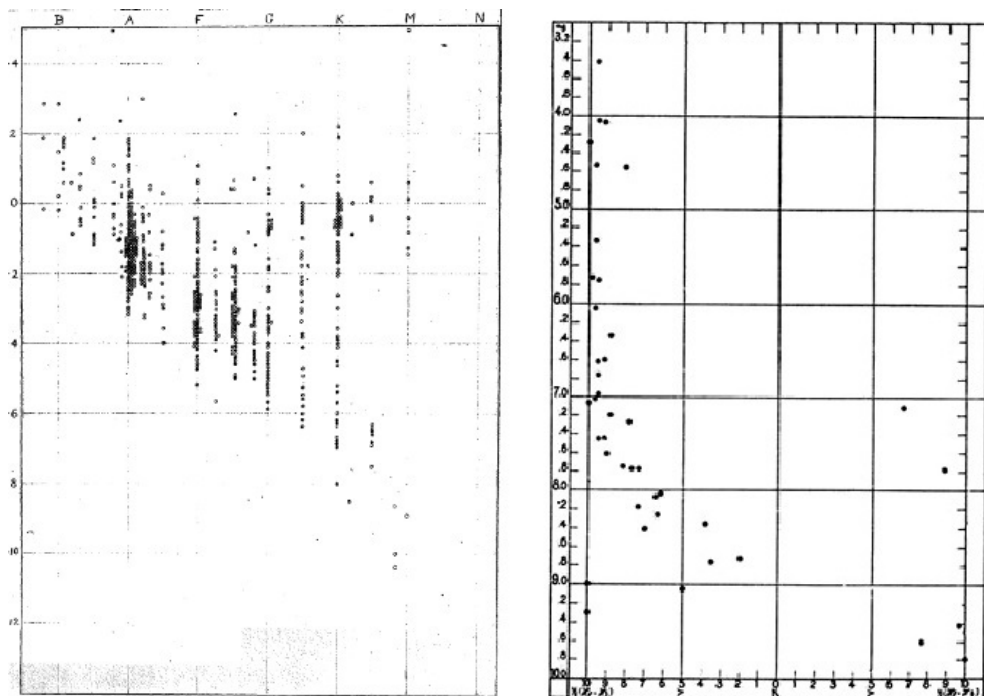


Obr. 2. Originální Hertzsprungovy diagramy znázorňující hvězdokupu Hyády (nahore) a Plejády (dole). Vodorovné osy představují absolutní magnitudu (osa začínající číslem -4) a magnitudu zdánlivou (osy začínající číslem 3, popř. 4), na svislých osách je vyjádřena barva odpovídající efektivní vlnové délce, která je zde vyjádřena v jednotkách \AA [1].

Avšak Rosenberg svůj diagram zveřejnil již v roce 1910 v rámci habilitační práce s názvem *Über den Zusammenhang von Helligkeit und Spektaltypus in den Plejaden (Pojednání o vztahu mezi jasností a spektrálním typem v Plejádách)* [6], kde diagram znázorňuje hvězdokupu Plejády.

Originální diagramy Hertzsprunga, Russella a Rosenberga jsou k porovnání na obrázcích 2 a 3.

Měli bychom tedy snad diagram přejmenovat na Rosenbergův? Skutečnost, která svědčí proti, je existence možnosti, že Hans Rosenberg byl inspirován prací Ejnara Hertzsprunga, o níž se mohl dozvědět od Karla Schwarzschilda. Ten se totiž, jak je



Obr. 3. **Vlevo:** Originální Russellův diagram znázorňující některé hvězdy v naší Galaxii, vodorovná osa znázorňuje spektrální typ (odpovídající barva je zleva doprava od modré k červené), svislá absolutní magnitudu (nejjasnější hvězdy jsou v horní části diagramu) [7]. **Vpravo:** Originální Rosenbergův diagram znázorňující hvězdotok Plejády, svislá osa představuje zdánlivou magnitudu, vodorovná osa spektrální typ, obě osy jsou orientovány stejně jako u obrázku vlevo [6].

uvedeno výše, pohyboval v blízkosti Hertzsprunga od roku 1909, kdy spolu začali pracovat v Göttingenu a později v Postupimi. Pokud již Hertzsprung pracoval na hledání závislosti mezi magnitudou a barvou hvězdy, s vysokou pravděpodobností o jeho práci věděl i Schwarzschild. Ten mohl nápad vyzradit Rosenbergovi, neboť on tuto práci vytvořil na doporučení právě Karla Schwarzschilda. Ve svém článku Rosenberg dokonce píše [6]: „Nabádán panem Schwarzschildem, nasnímal jsem dlouhé expozice Plejád. Cílem bylo co nejpřesněji určit jejich spektrální typ.“

Brněnský astronom Leoš Ondra zřejmě jako první z Čechů objevil tuto skutečnost (jako zdroj svého objevu uvádí článek Axela V. Nielsona [5]) a publikoval na internetu jako článek s názvem *The first Hertzsprung–Russell diagram (První Hertzsprungův–Russellův diagram)* [11] v roce 2000. Ondrův článek však fascinoval a inspiroval k dalšímu šíření nově objevené informace i zahraniční vědce. Jedním byl například novozélandský astronom John Hearnshaw, který zveřejnil na internetu článek s názvem *Who first published a Hertzsprung–Russell diagram? Hertzsprung or Russell? Answer: neither! (Kdo jako první publikoval Hertzsprungův–Russellův diagram? Hertzsprung nebo Russell? Odpověď: ani jeden!)* [12].

Ondra ve svém článku píše, že Hertzsprung předběžnou verzi diagramu přivezl s sebou do Göttingenu dokonce již v roce 1908, což se ale vylučuje s tím, že podle [2] přijel Hertzsprung do Göttingenu až v roce 1909.

Další překvapující informací je, že prvenství ve vynesení grafu závislosti jasností hvězd na jejich spektru nemusel mít ani Hans Rosenberg. Skutečností totiž je, že korelace mezi magnitudou a barevným indexem byla objevena již v roce 1889, tedy více než dvacet let před Rosenbergem, a to švédským astronomem Carlem Charlierem. Když Charlier studoval závislost fotometrického indexu² na fotografické magnitudě s použitím výsledků měření vizuální magnitudy německého astronoma působícího v Heidelbergu Maxe Wolfa, všiml si, že světlejší hvězdy mají větší fotometrický index. Bohužel si myslel, že se jedná o systematickou chybu ve Wolfových měřeních, a tak závislost nikdy nevynesl do grafu a tím se připravil o prvenství objevu zmíněné korelace. Svůj výzkum Charlier publikoval v roce 1889 pod názvem *Pojednání o použití fotografii hvězd k měření jejich jasu* [3], jak zmiňuje John Hearnshaw ve svém článku [12].

Přes to všechno však faktem zůstává, že prvenství patří Hansu Rosenbergovi, neboť, i když na radu Karla Schwarzschilda, který možná zneužil znalost výzkumu Ejnara Hertzsprunga, historicky první zveřejnil vynesenu závislost jasnosti hvězdy na jejím spektru či barvě, dnes známou jako Hertzsprungův–Russellův diagram.

4. K čemu se dnes HRD používá

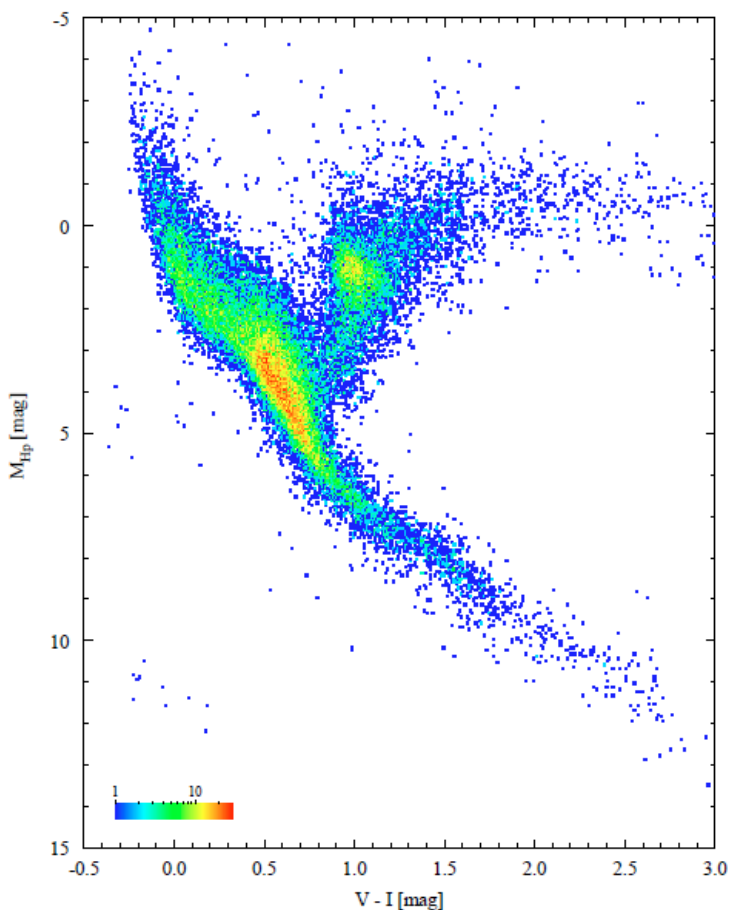
Postupem času bylo nacházeno několik nemálo důležitých uplatnění HR diagramu v astronomii. Již Russell jej použil ke znázornění vývoje hvězdy, což se používá, v současné době spíše již pouze v popularizaci astronomie, dodnes. Do diagramu se nezakresluje soubor hvězd, nýbrž hvězda jediná, avšak ve všech fázích svého vývoje, tedy od „zrození“ přes hlavní posloupnost a červeného (vele)obra až po bílého trpaslíka, případně supernovu. Vývoj hvězdy je pak v diagramu znázorněn křivkou.

Další možnost užití diagramu je k určování stáří hvězdokupy podle tvaru linie hlavní posloupnosti, která plynule přechází v linii červených obrů. Čím dříve přechází hlavní posloupnost v linii červených obrů, tedy čím více těchto obrů, neboli starších hvězd, hvězdokupa má, tím je starší. Porovnáním dvou diagramů různých hvězdokup pak lze určovat jejich relativní stáří.

Velice důležitou aplikací diagramu je jeho užití k určování vzdáleností hvězd v naší Galaxii. Lze použít například tzv. metodu spektrální paralaxy, kdy hvězdu pomocí dat získaných z jejího spektra (spektrální třída, luminozitní třída) dosadíme do HR diagramu, z něhož pak vyčteme absolutní magnitudu hvězdy. Pokud fotometricky změříme i její zdánlivou magnitudu, můžeme vzdálenost hvězdy vypočítat pomocí tzv. modulu vzdálenosti, který je dán rozdílem těchto dvou magnitud.

Podobnou metodu, užívající rovněž modul vzdálenosti, lze aplikovat na celé hvězdokupy. Jedná se o tzv. metodu proložení (fitování) hlavní posloupnosti, která spočívá v porovnání hlavních posloupností dvou hvězdokup, z nichž pouze u jedné známe její vzdálenost, tedy i absolutní magnitudu. U hledané hvězdokupy známe pouze zdánlivou

²Fotometrický index je rozdíl fotografické a vizuální magnitudy, je to tedy předchůdce barevného indexu, rozdílu mezi magnitudami měřenými ve dvou spektrálních oborech (barvách). Magnituda závisí na vlnové délce, a proto hodnota měřená ve vizuální oblasti bude jiná než hodnota měřená v oblasti nejvyšší citlivosti fotoaparátu.



Obr. 4. Současná nejúplnější verze HRD s daty pořízenými družicí HIPPARCOS. Vodorovná osa představuje barevný index, svislá pak absolutní magnitudu. Hustota hvězd v jednom pixelu je vyjádřena barvou [10].

magnitudu a ze vzájemného vertikálního posunutí dvou hlavních posloupností získáme modul vzdálenosti.

V současné době zřejmě nejzajímavější a také nejúplnější Hertzsprungův–Russellův diagram obdržíme vynesáním dat získaných družicí HIPPARCOS, která sbírala data v letech 1989–1993. Družice změřila paralaxy asi 100 000 hvězd, z nichž necelá polovina (41 453 hvězd) tvoří současnou nejúplnější verzi HR diagramu, která je na obrázku 4. V diagramu je vidět hlavní posloupnost i větev obrů, v levé dolní části pak méně zřetelně větev bílých trpaslíků, kterých družice pro jejich malou jasnost zachytila méně.

Na sklonku roku 2013 byla Evropskou kosmickou agenturou ESA vypuštěna další družice, Gaia, která by měla paralaxy i jiné parametry hvězd měřit s mnohem větší přesností, a tak zřejmě předčí svou předchůdkyni.

5. Závěr

Dalo by se říci, že Hertzsprungův–Russellův diagram položil základy klasické astrofyziky. Je to velice významný nástroj k popisu vývoje hvězd, který odhalil rozčlenění hvězd do skupin podle jejich vlastností, jako je barva, teplota, jasnost, ale i poloměr. Díky tomu můžeme v HR diagramu sledovat vývoj hvězd, lze ho však použít i k určení vzdáleností hvězd patřících do naší Galaxie či odhadování stáří mlhovin. V současné době slouží mezi veřejností zajímavější se o astronomii jako velice dobrý nástroj k popisu některých vlastností hvězd.

Díky těmto i dalším velice užitečným vlastnostem diagramu můžeme říci, že se jednalo o významný objev v rozvíjející se astrofyzice, a tak si jak Rosenberg, tak i Hertzsprung s Russellem zaslouží obdiv a vděk.

Poděkování. Článek vznikl na základě bakalářské práce *Metoda tzv. standardních svíček k určování vzdáleností ve vesmíru* [4] pod vedením doc. RNDr. Martina Šolce, CSc., kterému autorka tímto děkuje za velice cenné rady a pomoc při psaní článku. Dále autorka děkuje doc. RNDr. Attilovi Mészárosovi, DrSc., bez nějž by článek nevznikl, za nápad, abych ho napsala, a Mgr. Lukáši Ledvinovi, Mgr. Michaelae Famulíkové a Jakubu Dudovi za ochotu, obětavost a cenné připomínky.

L i t e r a t u r a

- [1] HERTZSPRUNG, E.: *Ueber die Verwendung photographischer effektiver Wellenlaengen zur Bestimmung von Farbaequivalenten*. Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam 22 (1911).
- [2] HOCKEY, T., a kol.: *Biographical encyclopedia of astronomers*. Springer, New York, 2007.
- [3] CHARLIER, C. V. L.: *Über die Anwendung der Sternphotographie zu Helligkeitsmessungen der Sterne*. Publikationen der Astronomischen Gesellschaft 19 (1889).
- [4] MÁDLOVÁ, T.: *Metoda tzv. standardních svíček k určování vzdáleností ve vesmíru*. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Fakulta matematicko-fyzikální, Praha, 2014.
- [5] NIELSEN, A. V.: *Contributions to the history of the Hertzsprung-Russell diagram*. Centaurus 9 (1964), 219–253.
- [6] ROSENBERG, H.: *Über den Zusammenhang von Helligkeit und Spektraltypus in den Plejaden*. Astronomische Nachrichten 186 (1910), 71–78.
- [7] RUSSELL, H. N.: *Relations between the spectra and other characteristics of the stars*. Popular Astronomy 22 (1914), 275–294, 331–351.
- [8] Internetové stránky AAS, <https://aas.org/about/grants-and-prizes/henry-norris-russell-lectureship>
- [9] Internetové stránky ATNF, <http://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/stellarevolution/hrintro.html>
- [10] Internetové stránky ESA, <http://www.rssd.esa.int/index.php?project=HIPPARCOS&page=HR.dia>
- [11] Internetové stránky Leoše Ondry, <http://www.leosondra.cz/en/first-hr-diagram/>
- [12] Internetový článek J. Hearnshawa. Dostupné z: <http://wayback.archive.org/web/20100616094848/>, http://cosmicdiary.org/blogs/john_earnshaw/?p=583