

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ**

DISERTAČNÍ PRÁCE

2014

PhDr. Ing. Ota KÉHAR



Katalogy astronomických objektů na webových stránkách Astronomia a jejich použití ve školách

PhDr. Ing. Ota Kéhar

**disertační práce
k získání akademického titulu doktor
v oboru Teorie vzdělávání ve fyzice**

Školitel: RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Plzeň 2014



Catalogs of Astronomical objects on the website Astronomia and their Application at schools

PhDr. Ing. Ota Kéhar

**doctoral thesis
submitted in partial fulfillment of the requirements
for a degree of Doctor of Philosophy
in Theory of Education in Physics**

Supervisor: RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

Department of Mathematics, Physics and Technical Education

Plzeň 2014

Poděkování

Nejprve bych rád poděkoval mému školiteli, RNDr. Miroslavu Randovi, Ph.D., za nápad zpracovat toto aktuální a zajímavé téma, za jeho vedení, konzultace, podporu i čas, který mi věnoval během mého studia.

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Václavu Vrbíkovi, CSc. z katedry výpočetní a didaktické techniky a Dr. Ing. Jiřímu Pátkovi ze střediska správy počítačové sítě za umožnění přístupu do učeben s výpočetní technikou. Stejně tak bych rád poděkoval Mgr. Jiřímu Kohoutovi za cenné rady z oblasti statistického zpracování dat.

Poděkování patří i všem žákům a studentům, kteří se zúčastnili řešení praktických úloh, bez nich by tato práce byla pouhým teoretickým základem bez cenného ověření materiálů v praxi.

Žádné poděkování není dostatečně velké, aby vyjádřilo vděk mé manželce Vendule a dcerám Báře a Kristýně za jejich trpělivost a pochopení, které se mnou po celou tu dobu měly.

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Prohlašuji, že elektronická (ve formátu PDF) umístěná v kořenové složce přiloženého CD a tištěná verze disertační práce jsou totožné.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Západočeská univerzita v Plzni má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Plzni, 2014

.....

Abstrakt

Název práce: *Katalogy astronomických objektů na webových stránkách Astronomia a jejich použití ve školách*

Autor: *PhDr. Ing. Ota Kéhar*

Katedra: *Katedra matematicky, fyziky a technické výchovy (KMT),
Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni (FPE ZČU)*

Abstrakt.

Informace, které známe o astronomických objektech, jsou již od starověku shromažďovány v různých katalozích a seznamech. Katalogů máme v současné době velké množství a lze v nich najít spoustu zajímavých údajů. V disertační práci se zabývám možnostmi, jak zkvalitnit výuku vybraných astronomických témat prostřednictvím úloh využívající katalogy astronomických objektů. V první fázi jsem vytvořil pravidelně aktualizované katalogy astronomických objektů na stránkách Astronomia. Pak jsem se zabýval vývojem interaktivních online aplikací, které využívají tyto katalogy. Kládl jsem důraz na zapojení žáků do praktických činností, takže dílčím výsledkem mé práce jsou pracovní listy, návody na práci v Excelu a slovní úlohy. Tematicky jsou zaměřeny na HR diagram, Keplerovy zákony, očíslované planety a noční oblohu. Pracovní listy obsahují rámcový postup při vypracování úlohy, přičemž jsou doplněny o dílčí otázky, které prohlubují znalosti žáků, a pro učitele představují významnou zpětnou vazbu. Pracovní listy jsem vyzkoušel na vzorku žáků gymnázia a studentů univerzity. Podařilo se mi dospět k některým závěrům: žáci hodnotí úlohy jako náročné, vesměs užitečné a hodina je pro ně většinou zajímavá. Chybí jim ovšem možnost řešit podobné typy úloh na školách a některé základní znalosti z informatiky, zejména používání tabulkového procesoru, a fyziky, neřeší reálnost výsledků při výpočtech.

Klíčová slova: *katalog, hvězdy, planety, HR diagram, Keplerovy zákony, pracovní listy, projekt, střední škola, astronomie*

Abstract

Title: *Catalogs of Astronomical objects on the website Astronomia and their Application at schools*
Author: *PhDr. Ing. Ota Kéhar*
Department: *Department of Mathematics, Physics and Technical Education Faculty of Education, University of West Bohemia*

Abstract:

Information about astronomical objects is collected from ancient in various catalogs and lists. First astronomical catalog reference dates from around 127 BC. At that time one of the greatest ancient astronomers lived, Hipparchus, who significantly increased the accuracy of astronomical position measurements of celestial objects and compiled the first great stars catalog containing the positions of more than one thousand stars. An interesting story from the past illustrates the development of scientific thinking and methods of star catalog use. Most star catalogs were used to verify or disprove the contemporary World view. Early astronomers from Hipparchus to Ptolemy wanted to know whether or not the positions of the stars changed, and found that to a first approximation they did not, except for precession.

Astronomers then became interested in the motions of planets and needed much greater precision in the measurement of the position of the fixed stars against which the position of the planets could be measured. These measurements led to the adoption of the Copernican system. Another reason to compile star catalogs in ancient times was the search for parallax; to find out the distance of stars. Astronomers were looking for small movements among the stars that would tell how far away they were. Along the way, it was discovered that stars move relative to each other, that they exhibit proper motion.

From that time, and especially during the last several decades, the amount of information about astronomical objects increases almost exponentially and there are a large number of lists, tables and other catalogs of astronomical objects. The internet provides a huge advantage, compared to traditional paper textbooks, and has contributed to the rapid development of astronomy in recent years such as exploration of the solar system planets by probes, asteroid astrometry, stars origin exploring, interstellar matter and many others. However the internet also has some disadvantages, especially assessing the credibility of the information. For these reasons it is not so easy to find official, clean and reliable sources of data for catalog building. Regarding copyright infringement, it is necessary to negotiate with the copyright owner the possibility and conditions of data usage for our purposes. Usage is welcomed by their owner, especially if intended for educational purposes only.

The aim of thesis is to improve the teaching of selected astronomical topics through exercises using various catalogs of astronomical objects. First step was to create catalogs of astronomical objects (stars, deep-sky, minor planets, exoplanets and others) available through the interactive and user-friendly interface on the Astronomia web pages (astronomia.zcu.cz). To avoid obsolescence of data in Astronomia catalogs, it is necessary to create automatic or semi-automatic updating of the catalog contents.

The main job was to deal with usage of these catalogs in the education process. I put emphasis on involving pupils in practical activities, so the results of my research are four worksheets (Hertzsprung-Russell diagram, Kepler's laws, minor planet, night sky), two instructions (Hertzsprung-Russell diagram, Kirkwood gaps) and one

exercise (minor planet in opposition). These ones can be used during lessons of physics, mathematics, geography, English and other subjects, and using computers in unconventional way. I created them based on general educational programs (or school curricula) with respect to use of multimedia equipment (computer, internet, etc) and development of key competencies of pupils.

All worksheets include basic procedure. Each part of worksheet is complemented by sub-questions that deepen knowledge of pupils and it represents welcomed feedback for teacher.

I tried worksheets on a significant sample of secondary school pupils and university students. As a result I discovered that pupils usually do not have possibility to solve this kind of exercise (using data from catalog of astronomical objects) at school. Pupils cannot handle basic transactions in the Excel spreadsheet, especially inserting formulas into cells, data sorting or constructing a simple chart.

Keywords: *catalogue, stars, minor planets, HR diagram, Kepler's Laws, worksheets, project, high school, astronomy*

Obsah

OBSAH	1
ÚVOD	3
1 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	5
1.1 ANALÝZA DOSTUPNÝCH KATALOGŮ DOMA I VE SVĚTĚ.....	6
1.2 ZMAPOVÁNÍ STAVU VYUŽITÍ KATALOGŮ VE VÝUCE.....	6
1.3 VYTVOŘENÍ KATALOGŮ NA ASTRONOMIA.....	6
1.4 REALIZACE GRAFICKÝCH VÝSTUPŮ Z KATALOGŮ.....	6
1.5 VYTVOŘENÍ PRAKTICKÝCH ÚLOH.....	7
1.6 OTESTOVÁNÍ ÚLOH.....	7
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉHO TÉMATU	8
2.1 ANALÝZA KATALOGŮ DOMA I VE SVĚTĚ.....	8
2.2 PRÁCE S KATALOGY VE ŠKOLÁCH DOMA I VE SVĚTĚ.....	10
3 STANOVENÍ HYPOTÉZ	16
3.1 DEFINICE HYPOTÉZ.....	16
4 METODY AKTIVNÍHO VYUČOVÁNÍ	18
4.1 PRAKTICKÉ ČINNOSTI VE VÝUCE.....	18
4.2 MEZIPŘEDMĚTOVÉ VZTAHY.....	19
4.3 KONSTRUKTIVISTICKÝ PŘÍSTUP K VÝUCE.....	20
4.4 KLÍČOVÉ KOMPETENCE.....	22
5 ASTRONOMICKÉ POZNATKY NA ŠKOLE	25
5.1 ASTRONOMIE NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE.....	25
5.2 ROZŠÍŘENÍ POZNATKŮ NA STŘEDNÍ ŠKOLE.....	26
5.3 MOTIVAČNÍ HODNOTA ASTRONOMIE.....	27
5.4 METODY VÝUKY ASTRONOMICKÝCH POZNATKŮ.....	27
6 KATALOGY ASTRONOMICKÝCH OBJEKTŮ	29
6.1 HISTORIE KATALOGŮ.....	29
6.1.1 <i>Katalogy hvězd bez použití dalekohledu</i>	29
6.1.2 <i>Katalogy hvězd a dalekohled</i>	31
6.1.3 <i>Fundamentální katalogy hvězd</i>	33
6.2 MODERNÍ ASTRONOMICKÉ KATALOGY HVĚZD.....	34
6.2.1 <i>Hipparcos</i>	34
6.2.2 <i>Tycho-2</i>	34
6.2.3 <i>UCAC</i>	34
6.2.4 <i>USNO</i>	35
6.2.5 <i>SIMBAD</i>	35
6.3 NEHVĚZDNÉ KATALOGY.....	35
6.3.1 <i>Messierův katalog</i>	35
6.3.2 <i>IC a NGC katalogy</i>	36
6.3.3 <i>Katalog planetek</i>	36
6.3.4 <i>Katalog exoplanet</i>	36
7 WEBOVÉ STRÁNKY ASTRONOMIA	38
7.1 POPIS OVLÁDACÍCH PRVKŮ.....	39
7.2 KATALOGY ASTRONOMICKÝCH OBJEKTŮ NA STRÁNKÁCH ASTRONOMIA.....	40
7.3 AKTUALIZACE DAT V KATALOZÍCH.....	41
8 INTERAKTIVNÍ PRVKY NA ASTRONOMIA	43
8.1 HR DIAGRAM.....	43
8.2 ANALÝZA PARAMETRŮ PLANETEK.....	45
8.2.1 <i>Aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě</i>	45

8.2.2	<i>Kirkwoodovy mezery</i>	47
8.2.3	<i>Historický vývoj</i>	48
8.3	KEPLEROVY ZÁKONY.....	49
8.4	NOČNÍ OBLOHA ANEB ZÁPADY, VÝCHODY SLUNCE A SOUMRAKY.....	51
8.5	ANGLICKÁ VERZE APLIKACÍ.....	55
9	PRACOVNÍ ÚLOHY	58
9.1	VYTVOŘENÍ PRACOVNÍCH LISTŮ.....	58
9.2	OTESTOVÁNÍ PRACOVNÍCH LISTŮ.....	59
9.3	ANALÝZA PRACOVNÍCH ÚLOH.....	62
9.4	PRACOVNÍ LIST: HR DIAGRAM.....	64
9.4.1	<i>Cíle</i>	64
9.4.2	<i>Zadání</i>	64
9.4.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	65
9.5	PRACOVNÍ LIST: KEPLEROVY ZÁKONY.....	73
9.5.1	<i>Cíle</i>	73
9.5.2	<i>Zadání</i>	74
9.5.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	76
9.6	PRACOVNÍ LIST: PLANETKY.....	92
9.6.1	<i>Cíle</i>	92
9.6.2	<i>Zadání</i>	92
9.6.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	94
9.7	PRACOVNÍ LIST: NOČNÍ OBLOHA.....	110
9.7.1	<i>Cíle</i>	110
9.7.2	<i>Zadání</i>	111
9.7.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	113
9.8	EXCEL: HR DIAGRAM.....	129
9.8.1	<i>Cíle</i>	129
9.8.2	<i>Zadání</i>	129
9.8.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	130
9.9	EXCEL: KIRKWOODOVY MEZERY.....	143
9.9.1	<i>Cíle</i>	143
9.9.2	<i>Zadání</i>	143
9.9.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	144
9.10	SLOVNÍ ÚLOHA: PLANETKA V OPOZICI.....	150
9.10.1	<i>Cíle</i>	150
9.10.2	<i>Zadání</i>	150
9.10.3	<i>Metodické informace k úloze</i>	150
10	OVĚŘENÍ PRACOVNÍCH ÚLOH	154
10.1	DOTAZNÍK.....	154
10.1.1	<i>Hodnocení pracovních úloh</i>	154
10.1.2	<i>Hodnocení účastníků</i>	165
10.1.3	<i>Rozvoj kompetencí</i>	168
10.2	HYPOTÉZY.....	170
10.2.1	<i>Metodika práce a metody zkoumání</i>	170
10.2.2	<i>Testování hypotéz a hodnocení výsledků</i>	170
	PUBLIKACE AUTORA	182
	PUBLIKACE VE VĚDECKÝCH A ODBORNÝCH ČASOPISECH A SBORNÍCÍCH.....	182
	PŘEDNÁŠKY NA KONFERENCÍCH.....	183
	ZÁVĚR	185
	SEZNAM LITERATURY	188
	SEZNAM OBRÁZKŮ	191
	SEZNAM TABULEK	193
	PŘÍLOHY	194

Úvod

„Nejhorší pedagogická chyba je dát studentovi odpověď dříve, než si sám utvoří otázku.“

Paul Tillich, americký teolog a filozof

Tématem disertační práce je využití katalogů astronomických objektů ve výuce, navazuji tím na rigorózní práci z roku 2011, která mi umožnila zahájit velmi zajímavé aktivity v této oblasti. Na základě výsledků rigorózní práce jsem přehodnotil původní myšlenky mého bádání. Ty spočívaly v přípravě surových dat, se kterými měli žáci a studenti dále pracovat. Ukázalo se, že touto cestou se z praktických úloh vytratí fyzika či astronomie. Neznalost informatiky tak byla hlavní brzdou v pochopení základních fyzikálních principů. Proto jsem se rozhodl pro jiný způsob použití katalogů. Za vhodný nástroj považuji interaktivní online webové aplikace, které využívají data z katalogů astronomických objektů. Tyto aplikace udělají spoustu rutinní a nezáživné práce a tím usnadní činnost žáků a studentů na počítači.

Astronomií jsem se v minulosti zabýval zejména ve svém volném čase. Nejinak je tomu i nyní, nicméně ze záliby se postupně stal pracovní úvazek na hvězdárně. Zároveň se více než čtrnáct let podílím na multimediálním učebním textu *Astronomia*, jehož součástí se postupně staly i různé katalogy astronomických objektů. Během studia na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni mne napadla myšlenka o smysluplném využití astronomických dat ve výuce. Za zdroj vhodných a zajímavých informací jsem považoval právě katalogy a další seznamy. Informace, které známe o astronomických objektech, jsou již od starověku shromažďovány v různých katalozích a seznamech. V současné době jich máme velké množství (dle Centra astronomických dat ve Štrasburku CDS známe v únoru 2014 okolo 12 tisíc katalogů) a lze v nich najít spoustu zajímavých údajů. Však také praktické úlohy na využití multimediálních prostředků a výpočetní techniky patří k moderním trendům prosazovaným ve výuce v dnešní době. Při dostatku financí není potíž vybavit školu moderní výpočetní technikou, úskalí může přinést její efektivní využití nebo samotná příprava didakticky hodnotných učebních materiálů.

Hlavním cílem disertační práce je zkvalitnění výuky vybraných astronomických témat prostřednictvím úloh využívajících různé katalogy astronomických objektů. Mezi vybraná astronomická témata zařadím např. Hertzsprungův-Russellův diagram, Keplerovy zákony nebo astronomické objekty na obloze, tedy témata s bezprostředním využitím ve výuce, i když rámcové vzdělávací programy obsahují z astronomie a astrofyziky velmi málo konkrétních oblastí.

Abych mohl dostat hlavnímu cíli disertační práce, stanovuji si následující dílčí kroky: zmapuji katalogy astronomických objektů a jejich nadstavbových aplikací doma i ve světě. Vytvořím nebo upravím katalogy na stránkách *Astronomia* včetně jejich pravidelného aktualizování. Realizuji grafický výstup z katalogů a připravím praktické úlohy ve formě pracovních listů pro žáky a metodické listy pro učitele, protože považuji za důležité zapojení žáků do praktických činností. Úlohy by měly být využitelné při výuce fyziky, zeměpisu, případně dalších předmětů, a netradičním způsobem by měly vést žáky k používání výpočetní techniky. Hlavní podmínkou, kterou jsem si kladu při vytvoření úloh, je využití dat z katalogů astronomických objektů s ohledem na využití multimediálních prostředků (počítač, internet apod.) a rozvoj klíčových kompetencí žáků. Pracovní listy zpracuji tak, aby obsahovaly

rámcový postup při vypracování úlohy, přičemž budou doplněny o dílčí otázky, které prohloubí znalosti žáků a pro učitele budou důležitou zpětnou vazbu.

Bez vyzkoušení úloh by se jednalo pouze o teoretickou záležitost bez praktického významu a možnosti odpovědět na základní otázku ohledně vhodnosti využití katalogů astronomických objektů ve výuce. Proto chci navržené úlohy vyzkoušet, následně podle získaných výsledků upravit jejich text a důkladně vyhodnotit výsledky testování. Na základě analýzy výsledků učiním úvahy o vhodnosti použití katalogů astronomických objektů na škole. Před samotným vytvořením úloh se musím zamyslet nad vhodností zahrnutí těchto témat při výuce astronomických poznatků na školách. U astronomie lze využít její motivační hodnotu a zvýšit zájem žáků o ostatní přírodovědné obory. S tím souvisí otázka vlivu mezipředmětových vztahů a možnosti využití astronomických poznatků k integraci učiva různých předmětů i rozvíjení klíčových kompetencí žáků. Jsem si vědom toho, že časová náročnost některých postupů může znamenat využití těchto úloh pouze v rámci nadstavbového semináře, zájmových kroužků nebo jako úloha v rámci astronomické či fyzikální olympiády.

1 Cíle disertační práce

„Astrofyziku je nutno začlenit do výuky tak, aby lépe vynikla logická struktura fyzikálního poznávání kosmického prostoru a vesmíru vůbec. Není účelem nového pojetí astrofyziky na gymnáziu informovat studenta o všech hlavních výsledcích, kterých dosáhla, ale na vybraných příkladech ukázat na fyzikální podstatu jevů ve vesmíru.“

Vladimír Vanýsek, významný český astronom

Disertační prací navazuji na svoji rigorózní práci (Kéhar, 2011), která se zabývá využitím katalogů astronomických objektů. V rigorózní práci jsem vytvořil dvě pracovní praktické úlohy, které využívaly katalogu hvězd Hipparcos pro sestavení HR diagramu a hledání nejjasnějších hvězd na noční obloze. Na základě testování těchto úloh na žácích¹ středních škol a studentech univerzity² jsem dospěl k závěru, že jsou tyto úlohy po matematické stránce a po stránce využití výpočetní techniky složité a do určité míry se z nich vytratila fyzika a astronomie. Jednalo se zejména o práci v tabulkovém procesoru Excel a zpracovávání velkého množství dat. Byla to pro mne významná zkušenost a nasměrovala mé bádání jiným směrem, kterým bylo vytvoření interaktivních online aplikací využívající data z katalogů astronomických objektů. Tím chci přenést těžiště práce studentů zpět od výpočetní techniky k astronomii. Úlohy vytvořené v rámci rigorózní práce nezavrhuji, ale jejich aplikace má význam pouze u těch studentů, kteří běžně zvládají základní práci s počítačem a tabulkovým procesorem.

Za základní cíl disertační práce si kladu zkvalitnění výuky vybraných astronomických témat prostřednictvím úloh využívajících různé katalogy astronomických objektů. Abych tohoto základního cíle dosáhl, musím si definovat strukturu a sekvenci postupných kroků, které dále v rámci této kapitoly podrobně popíšu a zdůvodním.

Zadání práce předpokládá, že cesta zapojení úloh do výuky vede ke zkvalitnění výuky astronomie, a to po stránce obsahové (ve vztahu k astronomii a fyzice, ale i dalším oborům ve formě mezipředmětových vztahů – výpočetní technika, matematika, přírodní vědy, dějepis), motivační (pozitivními vnějšími podněty ve formě řešení úloh založených na reálných datech použitím moderních technologií) a aktivizační (založeny na řešení problémových situací ve vyučování, problémových úloh a otázek působící na žáky stimulačně a podporující rozvoj tvořivého myšlení). Projeví se i hlubším chápáním procesů (západy, východy slunce, pohyb objektů ve sluneční soustavě), které jsou kolem nás.

V rámci disertační práce nelze dostatečně podrobně ověřit všechny výše uvedené oblasti. Proto se zaměřím jen některé: zda zapojení žáků do řešení praktických úloh zvýší motivaci žáků k astronomii, zda dojde k rozvíjení klíčových kompetencí při řešení pracovních listů, či jak budou žáci hodnotit připravené úlohy z hlediska jejich náročnosti a zajímavého podání.

¹ Dle zákona č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), ve znění pozdějších předpisů je žákem účastník vzdělávání na základní a střední škole, studentem pak účastník vzdělávání na vyšší odborné a vysoké škole.

² Západočeská univerzita v Plzni

Struktura a sekvence postupných kroků (dílčích cílů) disertační práce je následující:

- analyzovat dostupné katalogy doma i ve světě,
- zmapovat stav využití katalogů ve výuce,
- vytvořit katalogy astronomických objektů na stránkách Astronomia,
- realizovat grafické výstupy z dat v katalozích v podobě interaktivních aplikací,
- vytvořit úlohy ve formě pracovních listů, které budou využívat připravené aplikace,
- otestovat úlohy na statisticky významném vzorku žáků.

1.1 Analýza dostupných katalogů doma i ve světě

V rámci disertační práce se nebudu věnovat tvorbě samotných dat dostupných v katalozích astronomických objektů. To přenechám na profesionálních institucích, které se těmito záležitostmi dlouhodobě a efektivně zabývají. Data chci přebírat z důvěryhodných a pravidelně aktualizovaných zdrojů.

Provedu analýzu známých katalogů používaných doma i ve světě. Zaměřím se na komfort a praktičnost při používání těchto katalogů jak z hlediska odborného pracovníka vědeckých institucí, tak i s ohledem na využití ve výuce.

1.2 Zmapování stavu využití katalogů ve výuce

Součástí přípravy výzkumu využití katalogů ve výuce je rovněž ověření, zda se již podobným tématem někdo nezabýval. Pokusím se to zjistit analýzou databází některých zdrojů vědeckých publikací, článků ze sborníků a odborných časopisů. Vyhledám články týkající se pojmu katalogy astronomických objektů, případně v kombinaci s pojmem výuka. Po vhodném omezení rozsahu výsledků vyhledávání nalezené články jednotlivě prozkoumám, zda odpovídají tématu disertační práce.

1.3 Vytvoření katalogů na Astronomia

Tvorbou katalogů astronomických objektů dostupných v rámci multimediálního učebního textu Astronomia se zabývám dlouhodobě. Většina katalogů je pravidelně aktualizována automatickým či poloautomatickým způsobem. Různá vylepšení přicházejí ať již z důvodu zvýšení komfortu uživatelů, tak i změn v technické realizaci (aktualizace serveru, prohlížečů, standardů apod.). Data z katalogů jsou provázána s ostatními částmi stránek. V rámci disertační práce provedu technickou revizi jednotlivých katalogů s ohledem na tvorbu webových online aplikací a navrhnu potřebné úpravy.

1.4 Realizace grafických výstupů z katalogů

Během testování praktických úloh z rigorózní práce jsem dospěl k závěru, že mnohem výhodnější budou grafické výstupy z katalogů astronomických objektů. Nemí nutné, aby se žáci nebo studenti zabývali rutinním sestrojováním grafů. Nicméně i tyto úlohy mohou mít své uplatnění v hodinách informatiky a výpočetní techniky při seznamování se s tabulkovými procesory typu Excel. V hodinách fyziky či matematiky to není úplně nutné, a proto lze více času využít na samotné výstupy (ať

již v podobě grafu nebo obrázku). Pokud to situace a technické možnosti umožňují, požadují, aby byl zachován výstup dat i v textové podobě pro jejich další nebo alternativní zpracování. Je určitě mnohem efektivnější, pokud se pracuje s reálnými daty, protože i výsledné grafy mohou být žákům povědomé, a tím si upevní teoretické znalosti získané během výkladu z jiných hodin nebo jako ilustrační obrázky z učebnic. U grafických výstupů preferuji aplikace, které jsou k dispozici online, přímo ve webovém prohlížeči bez nutnosti instalace dalších podpůrných prostředků a složitého nastavování. U některých aplikací jsem se ale nastavování nevyhnul. Přítomnost tohoto nastavení je z důvodu snahy vyhovět různým požadavkům na grafický výstup a zároveň na univerzálnost použití.

V rámci disertační práce vytvořím řadu webových interaktivních aplikací využívajících data z astronomických katalogů. Jde o tato témata:

- HR diagram přímo z katalogů hvězd
- Analýza parametrů planetek
- Kirkwoodovy mezery
- Aktuální poloha skupin planetek ve sluneční soustavě
- Ověření Keplerových zákonů
- Průběh slunce pod obzorem a noční obloha

1.5 Vytvoření praktických úloh

Pouhou realizací grafických výstupů práce zdaleka neskončí. Vytvořené aplikace zakomponují do souboru několika praktických úloh. Z rigorózní práce (Kéhar, 2011) se mi osvědčila forma pracovních listů pro žáky a metodických listů pro učitele. Pro každou interaktivní aplikaci vytvořím minimálně jednu praktickou úlohu, která bude obsahovat zadání včetně postupu vypracování a doplňujících otázek ve formě zpětné vazby vhodné pro učitele.

1.6 Otestování úloh

Vytvoření úlohy otestuji minimálně na stejně početných skupinách žáků a studentů jako v rigorózní práci. (Kéhar, 2011) Bylo by jistě potřebné opakované víceleté testování vytvořených úloh se srovnatelnými respondenty, nejlépe homogenních skupin. Tento požadavek ovšem nelze prakticky v rámci několikaletého doktorského studia plně splnit. Pokusím se k tomu stavu alespoň přiblížit.

Praktické úlohy ověřím na vzorku žáků nebo studentů. Pro srovnání různých, nepřiliš homogenních skupin vytvořím srovnávací a vyhodnocovací dotazník. Úlohy budou koncipovány ve formě praktických hodin v učebně s počítači, aby se daly využít online aplikace pracující s reálnými daty z katalogů astronomických objektů. S ohledem na úskalí a omezení, které výpočetní technika přináší, připravím nebo navrhnu i alternativní možnosti, jak úlohy nebo aplikace využít při hodinách bez výpočetní techniky.

2 Současný stav řešeného tématu

„A co si silně přeji a důrazně žádám: knihy musí předkládat všechno srozumitelně a přístupně, tak, aby žákům jistě dávaly světlo, s jehož pomocí mohou sami porozumět všemu i bez učitele.“

Jan Amos Komenský, český pedagog, filozof a teolog

2.1 Analýza katalogů doma i ve světě

Katalogů astronomických objektů známe k lednu 2014 dle francouzského Centra pro astronomická data CDS³ sídlící ve Štrasburku téměř 12 000. Jejich počet se neustále zvyšuje, v březnu 2000 obsahoval na 2 500 nejružnějších katalogů, za necelé dva roky (od března 2012) narostl o další více jak pětinu. Vyhledávat můžeme podle jména katalogu nebo podle oblasti našeho zájmu: typ objektu – proměnné hvězdy, kvasary, magnetická pole, ...; spektrální obor – rádiový, vizuální, infračervený, ...; data z vybrané družice – COBE, Hipparcos, ROSAT,

Základní analýzu ovládnutí katalogů jsem již provedl před lety, ještě dříve, než jsem se pustil do tvorby katalogů astronomických objektů na stránkách Astronomia.

V případě katalogu hvězd je vhodné se zaměřit na astronomickou databázi SIMBAD dostupnou na adrese simbad.u-strasbg.fr/simbad/ (Obr. 2.1), která sice poskytuje množství různých nastavení, ovšem na úkor jejich přehlednosti a intuitivního ovládnutí. Je určena zejména odborníkům v oboru, pro využití ve škole příliš vhodná není – z důvodu jazykové bariéry u studentů, neinteraktivního způsobu ovládnutí, nepřehledného výstupu hledání. V minulosti byla dostupná pouze registrovaným uživatelům a zpoplatněná.

Obr. 2.1: Úvodní stránka astronomické databáze SIMBAD

Data pro katalog planetek čerpám z Minor Planet Center (MPC) dostupné na adrese www.minorplanetcenter.net (Obr. 2.2). Stránky nemají prakticky žádný grafický výstup dat, výstup existuje pouze v textové podobě (ve formě souboru o velikosti desítek MB). Pro přímé využití ve výuce se také nehodí.

³ Dostupné online z adresy <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

The MPC Orbit (MPCORB) Database

The MPC Orbit (MPCORB) database contains orbital elements of minor planets that have been published in the *Minor Planet Circulars*, the *Minor Planet Orbit Supplement* and the *Minor Planet Electronic Circulars*.

At present MPCORB is not available via anon-ftp on this site.

Information on the format of the elements is available via the [Documentation](#) page.

Available Files

MPCORB.DAT

MPCORB.DAT is available in either uncompressed or gzip-compressed form. The compressed file is about 30% the size of the uncompressed file.

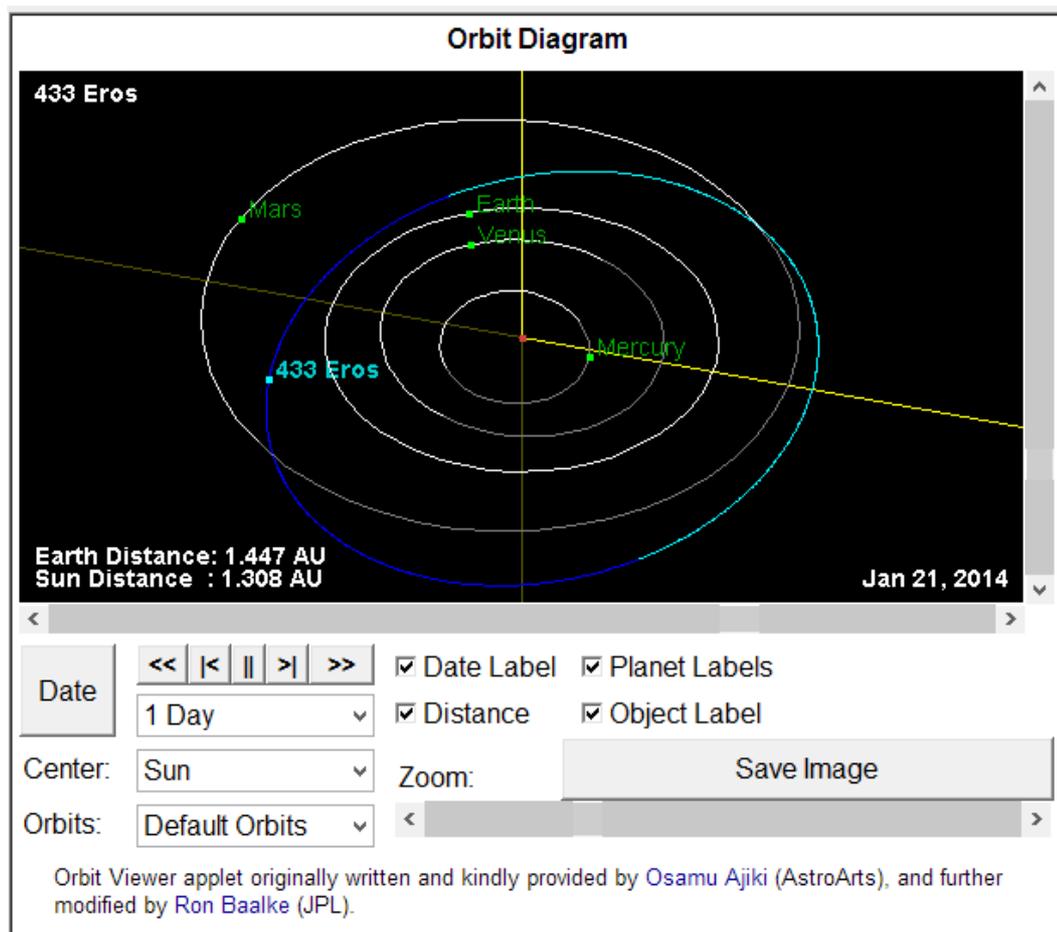
- [MPCORB.DAT \(uncompressed\)](#)
- [MPCORB.DAT.gz](#)
- [DAILY.DAT](#) : Orbits from the latest DOU MPEC

We currently do not support the generation of the CR version of this (or any other) file. This functionality may return in the future, but for the present you may try [this third-party gzip file](#).

Elements of special classes of objects

- [Comets](#)
- [NEAs](#)
- [PHAs](#)
- [TNOs, Centaurs and SDOs](#)
- [Other unusual objects](#)

Obr. 2.2: Stránka s veřejně dostupnými informacemi ze střediska MPC, <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPCORB.html>



Obr. 2.3: Stránka zobrazující polohu planety (433) Eros, <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=433&orb=1>

Další možností je využít data přímo od NASA na adrese neo.jpl.nasa.gov/orbits/ (Obr. 2.3). Zde je k dispozici i online aplikace, která zobrazuje aktuální polohu planety ve sluneční soustavě. Tato stránka mi byla inspirací a příkladem při konstrukci podobně zaměřené aplikace na stránkách Astronomia. Na rozdíl od mé aplikace ukazuje polohu planety v prostoru. I mým přáním je vytvořit model polohy planety v prostoru, nicméně v prvním přiblížení jsem se omezil pouze na rovinu ekliptiky. Aplikace od NASA je založena na Java appletu, který považuji za nevhodný zejména z toho důvodu, že může způsobovat výkonnostní potíže prohlížečů, představuje bezpečnostní rizika a většina uživatelů má Java applety nepovolené ve webovém prohlížeči, nebo jsou zakázané (či jinak omezené) antivirovými programy a dalšími nastaveními v počítači. Samotná aplikace neobsahuje další rozšiřující záležitosti – např. ověření Keplerových zákonů apod.

Na českém internetu jsem nenarazil na žádné stránky, které by se souhrnně věnovaly katalogům astronomických objektů nebo by řešily komplexním způsobem jejich vizualizaci.

2.2 Práce s katalogy ve školách doma i ve světě

Samotné využívání katalogů astronomických objektů není ve školách příliš rozšířené. Jak uvádím ve své rigorózní práci (Kéhar, 2011), pouze 5 % dotázaných uvedlo, že jejich učitelé používali ve výuce stránky Astronomia. Bylo by zajímavé uskutečnit tento průzkum znovu na větším vzorku dat, pokud možno v rámci celé České republiky. Můj pilotní výzkum se tenkrát týkal náhodného vzorku 60 účastníků ze západních Čech. Od té doby jsem hojně stránky Astronomia, ale i katalogy astronomických objektů, propagoval na různých setkáních učitelů a dalších odborníků v oboru. Existují dvě příčiny malého využití stránek Astronomia – jednak malé využití výpočetní techniky obecně, jednak kolik času učitelé věnují výuce astronomických poznatků na středních školách. Je možné, že jim na toto téma bohužel nezbyvá v hodinách fyziky čas, a pak je logické, že se ani nedostanou k informování žáků ohledně možností, kde čerpat další informace. Na druhou stranu, jak bude uvedeno dále, katalogy astronomických objektů lze využít i v jiných předmětech než jen ve fyzice.

Součástí výzkumu je rovněž ověření, zda se tímto tématem již někdo zabýval. Pokusím se to zjistit analýzou databází některých zdrojů vědeckých publikací, článků ze sborníků a odborných časopisů. Vyhledám články týkající se pojmu katalogy astronomických objektů, případně v kombinaci s pojmem výuka.

Stanovil jsem si následující jednoduchou metodiku: vyhledám články pomocí klíčových slov – katalog, astronomie, výuka, škola, HR diagram, Keplerovy zákony; anglicky catalog (nebo catalogue), astronomy, education, school, H-R diagram, Kepler's laws. Jestliže bude rozsah vyhledaných článků příliš velký, řádově desítky odkazů, zúžím výsledek specifikací prohledávaných základních témat nebo zaměření zdrojů článků. Pokud se tímto zúžením dostanu k jednotkám nebo desítkám relevantních výsledků, podrobím je podrobnému zkoumání, zda odpovídají požadavkům.

Mezi prohledávané celosvětové databáze odborných článků zařazuji tyto zdroje:

- Scopus (www.scopus.com) – citační databáze,
- ScienceDirect (www.sciencedirect.com) – plnotextové vědecké časopisy nakladatelství Elsevier,

- Web of Science (isiknowledge.com) – citační databáze,
- JStor (www.jstor.org) – digitální archiv amerických časopisů,
- AIP Scitation (scitation.aip.org) – neziskové sdružení společností zřízené za účelem podpory pokroku a šíření znalostí z fyziky.

Tento výběr jsem zvolil s ohledem na jejich dostupnost, například přes knihovnu Západočeské univerzity v Plzni, případně jsou zdroje volné a bezplatné. V dalším popíši postup a výsledek prohledávání jednotlivých zdrojů.

Scopus (www.scopus.com)

Hledaný řetězec	Upřesňující kritéria	Počet článků	Závěr
catalog(ue), astronomy, education	žádné	5	články podrobeny zkoumání – jeden zajímavý článek (1) uvedený pod tabulkou
catalog(ue), astronomy, teaching	žádné	2	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
H-R diagram, catalog	žádné	27	články podrobeny zkoumání – jeden zajímavý článek (2) uvedený pod tabulkou
Kepler law, catalog	žádné	4	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články

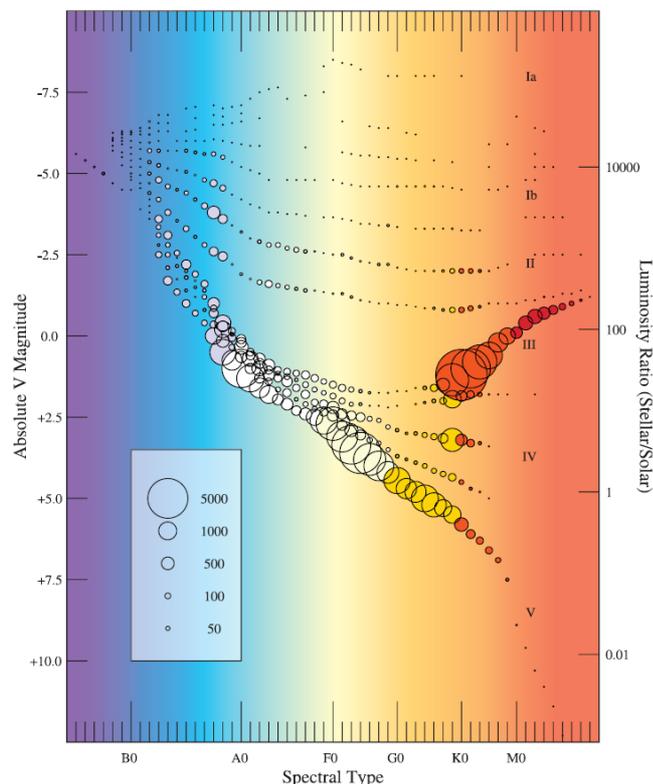
Tab. 2.1: Výsledek hledání v databázi Scopus

(1) O'FLAHERTY, K. S., BRUMFITT, A., & LAWTON, C. Hipparcos data supporting the IB school curriculum in *Proceedings of the International Astronomical Union*. 2007. Pages 533-534. Dostupné z adsabs.harvard.edu/abs/2008IAUS..248..533O, další materiály jsou k dispozici na stránkách Mezinárodní maturity www.ibo.org a Evropské kosmické agentury www.esa.int/Education/Teacher_Notes_-_science.

Článek se zabývá využitím dat z katalogů Hipparcos a Tycho jako podpůrný materiál pro učitele. Zmiňuje výhodnost dat s ohledem na jednoduchý a snadno použitelný formát, zároveň tyto katalogy poskytují reálná data obsahující základní astronomické pojmy. Materiály jsou připravované ve formě metodických poznámek pro učitele na podporu studijního programu pro studenty Mezinárodní maturity (International Baccalaureate – IB). Využití materiálů je i v jiných studijních programech. Zmínka o výše uvedených katalogích je v metodické příručce s názvem *Vzdálenosti hvězd*. V článku jsou zmíněny i časové dotace, na astronomická témata (úvod do vesmíru, záření a typy hvězd, vzdálenosti hvězd a kosmologie) je vyhrazeno 15 vyučovací hodiny. Studenti určují vzdálenost hvězd z paralaxy, řeší vztah mezi zářivým výkonem hvězdy, absolutní a pozorovanou hvězdnou velikostí a vzdáleností cefeid. Jako zdroj dat je použit katalog Hipparcos.

(2) SOWELL, J. R., TRIPPE, M., ABALLERO-NIEVES, S. M., HOUK, N. H–R diagrams based on the HD stars in the Michigan spectral catalogue and the Hipparcos catalog in *Astronomical Journal*. 2007. Pages 1089-1102. Dostupné z iopscience.iop.org/1538-3881/134/3/1089

V úvodu článku je uveden stručný popis astronomického hvězdného katalogu HD (Henry Draper), který obsahuje informace pozic hvězd a jejich spektrálních tříd. Na to navazuje Michiganský katalog spekter, který je založen na ruční klasifikaci hvězd, obsahuje řadu hvězd z HD katalogu, doplněných i o hvězdy z jiných katalogů. Je omezen hvězdnou velikostí hvězd a obsahuje hvězdy jen z poloviny oblohy. V další části článku je zmíněna tvorba HR diagramu ze znalosti absolutní hvězdné velikosti a spektrální třídy, přičemž plocha symbolu je přímo úměrná množství hvězd na daných souřadnicích (viz Obr. 2.4). Po vytvoření grafu následuje hodnocení částí HR diagramu s ohledem na různé anomálie (např. poklesy, nárůsty počtu hvězd). Zmíněn je i graf četnosti hvězd na spektrální třídě, ukazuje se, že nejvíce zastoupené jsou hvězdy spektrální třídy F. Závěrečná část článku se zabývá tvarem HR diagramu pro hvězdy v různých vzdálenostech (do 20 pc, 50 pc, 100 pc a 200 pc). Ve shrnutí je uvedeno, že HR diagram je sice mocný nástroj, důležitá je znalost spektrálních tříd a absolutní hvězdné velikosti hvězd. Spektrální třída je získána z Michiganského katalogu spekter, zatímco vzdálenost hvězd je vypočítána z paralaxy uvedené v katalogu Hipparcos.



Obr. 2.4: HR diagram, plocha kruhu odpovídá počtu hvězd dané spektrální třídy a zářivého výkonu. Nejmenší kruhy představují pět a méně hvězd. Celkem je zobrazeno 113 286 hvězd.

ScienceDirect (www.sciencedirect.com)

Hledaný řetězec	Upřesňující kritéria	Počet článků	Závěr
catalog(ue), astronomy, education	žádné	871	nutno upřesnit kritéria – viz další řádek
catalog, astronomy, education, school	žádné	537	nutno upřesnit kritéria – viz další řádek
catalog, astronomy, education, school	Physics and Astronomy	99	nutno upřesnit kritéria – viz další řádek
catalog, astronomy, education, school	Physics and Astronomy; od roku 2000	64	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
catalog(ue), astronomy, teaching	žádné	531	nutno upřesnit kritéria – viz další řádek
catalog(ue), astronomy, teaching	Physics and Astronomy; od roku 2000	25	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
H-R diagram, catalog	Physics and Astronomy; od roku 2000	35	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
Kepler law, catalog	Physics and Astronomy	5	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články

Tab. 2.2: Výsledek hledání v databázi ScienceDirect

Web of Science (isiknowledge.com)

Hledaný řetězec	Upřesňující kritéria	Počet článků	Závěr
catalog(ue), astronomy, education	žádné	4	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
catalog(ue), astronomy, teaching	žádné	1	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
H-R diagram, catalog	žádné	51	články podrobeny zkoumání – jeden článek již uveden výše
Kepler law, catalog	žádné	9	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články

Tab. 2.3: Výsledek hledání v databázi Web of Science

JSTOR (www.jstor.org)

Hledaný řetězec	Upřesňující kritéria	Počet článků	Závěr
catalog(ue), astronomy, education	žádné	730	nutno upřesnit kritéria – viz další řádek
catalog(ue), astronomy, education	od roku 2000, astronomy, education	20	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
H-R diagram, catalog	od roku 2000	64	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
Kepler law, catalog	žádné	1	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články

Tab. 2.4: Výsledek hledání v databázi JSTOR

AIP Scitation (www.jstor.org)

Hledaný řetězec	Upřesňující kritéria	Počet článků	Závěr
catalog(ue), astronomy, education	žádné	3	články podrobeny zkoumání – jeden zajímavý článek (3) uvedený pod tabulkou
catalog(ue), astronomy, teaching	žádné	2	články podrobeny zkoumání – jeden zajímavý článek (4) uvedený pod tabulkou
H-R diagram, catalog	žádné	2	články podrobeny zkoumání – žádné relevantní články
Kepler law, catalog	žádné	0	nebyly nalezeny žádné články

Tab. 2.5: Výsledek hledání v databázi AIP Scitation

(3) FRAKNOI, A. Images on the Web for Astronomy Teaching: Image Repositories in *Astronomy Education Review*. 2008. Dostupné z scitation.aip.org/content/aas/journal/aer/7/1/10.3847/AER2008012

Článek obsahuje seznam a u některých zdrojů i hodnocení několika desítek webových stránek obsahující katalogy astronomických snímků, které jsou vhodné pro formální i neformální vzdělávání. Některé z nich jsou obecné a obsahují snímky pokrývající mnoho témat, jiné jsou úzce zaměřené. V závěru článku je diskutována otázka použití těchto materiálů z hlediska autorských práv. Článek není přímo zaměřen na katalogy astronomických objektů, zmiňuje ovšem důležitou stránku pro zvýšení motivace žáků prostřednictvím poutavých a zajímavých obrázků.

(4) OOSTRA, B. Astronomy Teaching with Astronomical Catalogues in *The Physics Teacher*. 2006.

Článek je zaměřen na využití katalogů astronomických objektů na prestižní Andské univerzitě. Autor se zamýšlí nad svojí výukou, kde seznamuje studenty s astronomií. Jeho cílem bylo, aby se studenti učili již během samostatného experimentování. Autor napsal řadu návodů, jak využít reálné pozorování, ale vždy narážel na řadu omezení. Užitečným opatřením bylo využití online katalogů astronomických objektů. Poukazuje na skutečnost, že online katalogů je na internetu dostatek, ale většina z nich je určena pro profesionální použití a nehodí se přímo pro využití ve výuce. Případně nejsou rozpracovány úlohy, které by tyto data efektivně využívala. V článku zmiňuje některá témata (bez dalšího rozpracování): katalog jasných hvězd (počet hvězd dle hvězdných velikostí, barevný diagram pro viditelné hvězdy, vlastní pohyb hvězd a změna tvaru obrysu souhvězdí), katalog hvězd Hipparcos (průzkum našeho hvězdného okolí a sestavení HR diagramu, výběrový efekt při zjišťování rozložení hvězd, pohyb Slunce mezi hvězdami), katalog proměnných hvězd, katalog kulových hvězdokup (výpočet vzdálenosti a stáří z HR diagramu), seznam planetek (rozložení planetek, Trojané, Hilda, Kirkwoodovy mezery). V závěru se zamýšlí nad tím, že je potřeba se studenty po ukončení tohoto typu bádání diskutovat a donutit je okomentovat jejich výsledek, jeho reálnost, případně učinit nějaké závěry. V opačném případě hrozí jen rutinní vykonání pracovního listu bez dalšího efektu. Využívání reálných dat přináší další výhodu, žáci nebo studenti si vyzkouší, jak věda ve skutečnosti funguje a jaké nástrahy může přinášet analýza výsledků a zjištěných souvislostí. Přínos má tento typ úloh i pro netechnicky zaměřené studenty.

Výše uvedená analýza výskytu odborných článků popisujících a mapujících způsoby použití katalogů astronomických objektů ve školách dává dostatečný přehled o tom, že se tímto tématem téměř nikdo nezabývá. Nejbližší je k tomuto tématu posledně zmiňovaný článek, přesto neobsahuje žádné konkrétní informace a postupy, věnuje se pouze souhrnnému výčtu možných katalogů a jednotlivým oblastem.

3 Stanovení hypotéz

„Život je jako jízda na kole. Abyste udrželi rovnováhu, musíte se neustále pohybovat vpřed.“

Albert Einstein, německý matematik a fyzik

V rámci disertační práce ověřím několik hypotéz vycházejících ze základního cíle práce zjišťující zkvalitnění výuky astronomie. Data pro testování hypotéz získám dvojím způsobem – analýzou pracovních listů a dotazníkovou metodou. První variantu považuji za objektivní způsob získání informací, protože vyplnění pracovních listů nepovažují účastníci za vynucené. Naopak druhá varianta (dotazník) je subjektivní, nicméně představuje nejpoužívanější nástroj k získání informací. Jedná se o výzkumnou metodu, kdy zjišťujeme informace od respondentů písemnou formou pomocí předem připravených otázek různého typu.

3.1 Definice hypotéz

- 1 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu.
- 1 H_A : Existuje méně než polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu.
- 2 H_0 : Existuje alespoň třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností.
- 2 H_A : Existuje méně než třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností.
- 3 H_0 : Existuje statisticky významný rozdíl v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století.
- 3 H_A : Neexistuje statisticky významný rozdíl v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století.
- 4 H_0 : Neexistuje statisticky významný rozdíl v náročnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
- 4 H_A : Existuje statisticky významný rozdíl v náročnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
- 5 H_0 : Neexistuje statisticky významný rozdíl v užitečnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
- 5 H_A : Existuje statisticky významný rozdíl v užitečnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
- 6 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů užitečné.
- 6 H_A : Existuje méně než polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů užitečné.

- 7 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů zajímavé.
- 7 H_A : Existuje méně než polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů zajímavé.

Podrobně se analýzou výše uvedených hypotéz zabývám v kapitole 10.2.

4 Metody aktivního vyučování

„Je velmi jednoduché něco zkomplikovat, zato bývá značně komplikované něco zjednodušit.“

Murphyho zákon

Metodami aktivního učení jsem se zabýval již ve své rigorózní práci (Kéhar, 2011), tato kapitola z rigorózní práce vychází. Metody aktivního učení jsou mnohem efektivnější ve smyslu vstřebávání učiva než klasický výklad nebo jiné pasivní metody výuky. Tyto metody jsou založené na konstruktivismu a použití heuristiky – vedení studentů k tomu, aby sami objevovali určité fyzikální zákonitosti. Důležitý je prvek diskuze, vyjádření názoru a získávání zpětné vazby. Jedná se o metody, které pro učitele znamenají více času na přípravu a probrání méně látky, zato ji mají žáci hlouběji osvojenou. Učitel se stává zprostředkovatelem učení. Z odborníka na předmět se stává odborník na proces učení se.

4.1 Praktické činnosti ve výuce

Většina hodin astronomie, pokud na ni s ohledem na malou časovou dotaci a umístění v posledním ročníku fyziky vůbec přijde řeč, je výkladových, kdy mají učitelé za cíl seznámit studenty se základními pojmy z astronomie, případně s novými poznatky a aktuálním děním na obloze. Na náhodně vybraných školních vzdělávacích programech⁴ zjistíme, že některé střední školy nebo gymnázia astronomii nebo astrofyziku do učebních plánů fyziky nezařazují. Učitelé se snaží navštívit nejbližší hvězdárnu nebo planetárium a tím bohužel pokládají astronomii za probranou.

Podle průzkumu Pudivíttra (2004) se nejčastěji na středních školách učí sluneční soustava. Jde zejména o popisnou astronomii (vlastnosti planet a jejich dobývání, Slunce), hlavní úlohu má Země a její stavba. Většina hodin astronomie je výkladových, hlavní cíl výuky je pouhé seznámení žáků se základními pojmy astronomie, případně s novými poznatky a aktuálními událostmi. Žáci by neměli být přesycováni množstvím informací. Na druhou stranu běžně používané způsoby a metody výuky (např. pouhý výklad) nejsou pro astronomii příliš vhodné a nevyužívají plně její motivační potenciál. Od průzkumu sice uplynulo téměř deset let, nelze ale předpokládat, že se situace od té doby výrazně zlepšila.

Astronomické informace učitelé shánějí v učebnicích nebo využívají multimediální technologie. Moderní astronomická témata se většinou zmiňují ve výuce sporadicky.

Projevuje se i absence zajímavých úloh, takových, které zaujmou studenty, nebo úloh, které by využívaly skutečná data astronomů. Naopak se ukazuje, že výzkumy vesmíru posledních let obsahují velmi mnoho mezipředmětových vztahů, např. zkoumání geologie Marsu, chemické a biologické hledání života na dalších

⁴ Např. Gymnázium Kpt. Jaroše Brno (obsahuje pouze gravitační pole), Gymnázium Omská Praha (obsahuje pouze gravitační pole; astrofyzika jen v rámci volitelného semináře a cvičení z fyziky), Gymnázium Voděradská Praha (obsahuje gravitační pole i astrofyziku), Gymnázium J. K. Tyla Hradec Králové (gravitační pole), Gymnázium J. S. Baara Domažlice (gravitační pole), Gymnázium Vyškov (gravitační pole), Gymnázium Or Chadaš Praha (gravitační pole), Gymnázium Mimoň (gravitační pole, astronomie, astrofyzika).

objektech sluneční soustavy nebo výzkum lidské psychiky při mikrogravitaci či dlouhodobé izolaci na kosmické stanici, kosmické právo a další.

Určitě by se výuka astronomických poznatků neměla soustředit jen na fyzikální principy nebo odvození jevů, vždyť praktické aktivity v hodině by mohly studentům astronomické znalosti přiblížit, i když nemají na první pohled fyzikální náboj. V tomto případě také záleží na konkrétním učiteli a správném odhadu klimatu ve třídě, protože více teoretičtí studenti raději zpracovávají skutečná astronomická data, kdežto více humanitně založení studenti naopak přivítají praktické příklady ze života.

Nejlépe praktickým činnostem ve výuce odpovídá projektová výuka, kdy se jedná o řešení nějakého konkrétního úkolu, na který jsou studenti teoreticky připraveni a k jehož řešení je potřeba vyvinout nějaké úsilí. K řešení úkolu je vhodné sestavit tým, ve kterém si studenti rozdělí jednotlivé role. Projektem může být snadný úkol s velmi úzce vymezeným tématem, ale může se jednat i o náročný úkol obsahující velké množství mezipředmětových vztahů. Tomu by měla odpovídat hodinová dotace: od hodin, jeden týden až po projekty zasahující velkou část školního roku či pololetí. (Pudivítr, 2004)

Mnozí učitelé se mohou domnívat, že astronomie je převážně noční věda, kde nelze najít žádné praktické činnosti. Existuje spousta aktivit (určení zeměpisné délky a šířky, projekce Slunce, kresba Měsíce), které lze dělat ve dne, nicméně můžeme pro praktické činnosti využít výpočetní techniku, kdy nejsme ani limitováni vhodným počasím. Koneckonců počítačová gramotnost patří k základním požadavkům na vzdělání moderního člověka. (Maňák, Švec, 2003)

Použití počítače ve výuce je ovšem podmíněno tím, že mají studenti počítač přímo k dispozici, což může být někdy limitující, protože počítačových učeben bývá na školách omezený počet.

4.2 Mezipředmětové vztahy

Realizaci mezipředmětových vztahů rozpracoval již v polovině 50. let 20. století O. Chlup, když se pokusil vytvořit teoretickou koncepci nového obsahu vzdělání. Považoval za důležité, aby se pedagogické vědy zabývaly výběrem toho základního, v čem se má vzdělávat mládež na jednotlivých stupních škol. Tímto výběrem chtěl odstranit zbytečné přetěžování žáků nepodstatným učivem a překonat pouhé pamětní učení. O. Chlup formuloval koncepci základního učiva, vyznačil kritéria jeho výběru a zároveň inicioval experimentální vyučování, v němž se tato koncepce realizovala ve školní praxi. Pod pojmem základní učivo rozuměl „*prvky podstatné, nezbytné, formující mysl, ducha a tělo člověka, prvky tvořící důležité stránky v řetězu vědní soustavy, vyhovující cíli a účelnosti se zřetelem k potřebám individuálním, odstupňované podle věku a schopnosti dětí.*“ (Chlup, 1962, s. 114) Do tohoto výběru zařadil společenské a komplexní prvky vzdělání člověka, jeho vědeckou správnost, vzdělávací význam jednotlivých předmětů a jejich metod, věkové a individuální zvláštnosti žáků a snažil se překonávat příliš intelektuální koncepci vzdělání, která byla navíc odtržena od životní praxe.

Největší důraz kladl na překonávání poznatkové roztržičnosti a realizování tzv. mezipředmětových souvislostí, ať už v rámci jednoho předmětu, nebo různých předmětů. Všechny praktické činnosti žáků podmiňoval tvořivostí, aby se plně uplatňoval jejich poučný význam. Snažil se o polymetické⁵ vzdělávání, které

⁵ Odvozeno od řeckého slova „mētis“, které znamená rozum, myšlení, důmysl.

spočívalo v aktivním objevování, novém poznávání. Byl přesvědčen, že mechanicky pamětně osvojené učivo, bez hlubšího vhledu v jeho podstatu a souvislosti se skutečností, je zbaveno osobních vztahů a neprobouzí u mladého člověka zájem o další poznávání.

V současné době lze využít zájem studentů o práci na počítači a na používání a tvorbu vhodných učebních materiálů na síti, které umožňují oslovit větší počet žáků nebo zájemců o tento obor. Práci žáků na internetu je nutné promyšleně spojit s rozvíjením aktivních činností, např. využití katalogů astronomických objektů dostupných na internetu. Internet přináší oproti učebnicím obrovskou výhodu v podobě rychlé reakce na aktuální obrovský rozvoj astronomie v posledních letech (průzkum planet sluneční soustavy sondami, astronomie planetek, zkoumání vzniku hvězd, mezihvězdná hmota a další), kterému klasické učebnice nemohou konkurovat. Internet ovšem s sebou nese i stinné stránky, například při posuzování důvěryhodnosti daných informací.

V RVP se uvádí charakterizace vzdělávání oblasti Člověk a příroda: „*Gymnaziální přírodovědné vzdělávání musí proto též vytvářet prostředí pro svobodnou diskusi o problémech i pro ověřování objektivitu a pravdivosti získaných nebo předložených přírodovědných informací.*“ (RVP, 2007, s. 26)

Toho je možné dosáhnout kladením důrazu na upřesňování nových astronomických poznatků, odstraňování nevěrohodných informací, aby si žák osvojil pravidla veřejné rozpravy o způsobech získávání dat či ověřování hypotéz, rozvíjel si schopnost předložit svůj názor, poznatek či metodu k veřejnému kritickému zhodnocení. Důležité je i nevnímání oponenta jako názorového protivníka, ale jako partnera při společném hledání pravdy.

Většina žáků nepůjde studovat fyziku (astronomii), bude vycházet ze znalostí, které žáci získali v gymnaziální výuce, a proto je důležité klást důraz na klíčové kompetence dané RVP a všeobecný rozhled na úrovni středoškolsky vzdělaného člověka.

Je nutné mít neustále na paměti, že bychom měli žákům podat pouze základní informace tohoto oboru, protože není možné neustále navyšovat množství znalostí, které je nutné žákům předat. A pro humanitně založené žáky nemusí být tak důležitá obsahová stránka, ale důležitější je určení metod výuky, určení základních dovedností, které mají žáci získat, a určení metod hodnocení. Až po nich přichází na řadu obsahová stránka.

Pokud se podíváme na jednotlivé vyučované přírodovědné předměty, zjistíme, že astronomie je spojovací článek mezi všemi přírodovědnými předměty. Podle některých (Pokorný, 2001) by astronomie měla mít své místo ve školní výuce ve všech věkových kategoriích a vybrané celky astronomického učiva by měly být zakomponovány ve všech ročnících základních a středních škol.

Žáky lze vést ke vhodnému využívání prostředků moderních technologií v průběhu přírodovědné poznávací činnosti.

4.3 Konstruktivistický přístup k výuce

Pro účinné vzdělávání v přírodovědeckých oborech jsou důležité takové výukové metody, které jsou založeny na vlastním pozorování, měření, experimentování a hodnocení skutečných dějů, objektů či stavů, na modelování a vizualizaci, na aktivním vyhledávání a zpracování informací studentem. Ve školství se ovšem častěji

setkáváme s transmisivním přístupem k výuce, kdy učitel použitím slovních monologických metod předává žákům již hotové, logicky utříděné informace. Přírodovědná výuka je vhodná na použití řady různých metod, které respektují individuální charakteristiky jednotlivých žáků. Individualizaci výuky obsahují tzv. konstruktivistické metody řízení učební činnosti žáků, i když stále patří mezi alternativní metody výuky. Jednou z metod je učení jako aktivní konstrukce poznatků žákem, která předpokládá odlišné role učitele a žáka během edukačního procesu.

Pro tradiční pojetí výuky je charakteristická transmise (předávání), kdy se předpokládá se zrcadlovým otiskem předaných a utříděných informací do mysli žáků. Žák je tedy přijímá tak, jak mu byly předloženy.

Naopak konstruktivistický přístup k výuce je založen na tezi, že poznání je složitý konstrukční proces, ve kterém je volba a vysvětlení podnětů závislá na předchozí žákově zkušenosti. Tento proces je subjektivní a jedná se o vzájemné působení mezi dosavadními poznatky a novými podněty a právě tato interakce vytváří žákovo jedinečné, individuální pojetí učiva. Důvod je jednoduchý, zkušenosti žáka jsou součástí jeho kognitivních struktur a nejsou indiferentní vůči podnětům ze strany učitele.

Již v sedmdesátých letech minulého století se postavil proti předávání připravených poznatků žákům pražský pedagogický psycholog František Jiránek, který zkoumal utváření pojetí času a hodnot u dětí na prvním stupni. Dospěl k závěru, že děti nemyslí hůře než dospělí, jen se jich musíme umět správně zeptat. To lze učinit za předpokladu, že se zajímáme o zkušenosti dětí a jejich pojetí učiva. Ukazuje se, že jde o hledání a nalezení vzájemných vztahů mezi novým učivem a aktuálními kognitivními strukturami žáků. Jestliže učitel zná obsah aktuálních kognitivních struktur žáků, může navodit problémové situace, kdy žák při jejich řešení (na základě svých dosavadních zkušeností) pomocí činností dospěje (samostatně nebo s jistou dávkou pomoci) k novým poznatkům.

V tradiční škole je žák ten, kdo nic neví a do školy přichází z toho důvodu, aby se všemu naučil. Na druhou stranu, učitel je garantem pravdy a ví, ve škole je proto, aby naučil všemu toho, kdo neví. Žákovo poznání se formuje postupným kladením poznatků na sebe. Proces, kdy předáváme ucelené poznatky, které se přenesou do mysli žáků, nazýváme transmisí a výuka na nich postavená se jmenuje transmisivní výukou. Tento způsob můžeme přirovnat k cibuli, kde jednotlivé vrstvy představují jednotlivé předměty nebo poznání. Zde ovšem hrozí rozpadnutí vrstev a žák v tom případě zapomíná, protože se nedokázaly vytvořit pevné vazby.

V konstruktivistické škole žák ví a do školy přichází z toho důvodu, aby přemýšlel nad tím, co ví a rozvíjel své poznání. Učitel zde funguje jako garant metody, kdy zajišťuje, aby každý žák mohl dosáhnout maximální úrovně rozvoje. Žákovo poznání se vytváří jako jeho subjektivní struktury, které se v procesu učení mění a obohacují. Jako příměr můžeme použít bramboru, která představuje ucelenost, hutnost poznání z jednoho kusu.

Co spojuje případy, kdy student fyziky není schopen porozumět nebo vysvětlit běžné fyzikální procesy, jako je např. střídání fází Měsíce? Nebo když žák, kterému položíme stejnou otázku v biologii a v chemii, v jednom předmětu odpoví správně a ve druhém chybně. Odpovědí je oddělenost teorie od praxe a neschopnost přenosu a aplikace myšlenek. Od učitele totiž přichází nové poznání a předpokládá se, že čím více žák ví, tím lépe porozumí světu. Chceme totiž, aby se kvantita změnila na kvalitu, což je proces velmi složitý. (Filová, 2006)

Řešením je aktivní učení a samostatné myšlení žáků, kterému se musí přizpůsobit struktura výuky a procesy učení v ní – model EUR. Jde o souvislou posloupnost různých didaktických aktivit a činností, během nichž žák přijímá vlastní poznání, uvědomuje si vztahy v poznaném, hledá své řešení problému, zpracovává poznané a nalezené informace, pronáší svůj názor, porovnává a posuzuje dosaženou změnu. (Tomanová, 2003)

Jedná se o třífázový model učení.

První fáze: **evokace** (E) – žák v této fázi samostatně hledá, zjišťuje, vybavuje si, co o tématu zná, domnívá se, pociťuje a zároveň ho napadají otázky, začíná aktivně evidovat vlastní poznatky nebo je třídit do určité kognitivní struktury (brainstorming, prekoncepty, myšlenkové mapy)

Druhá fáze: **uvědomění si významu** (U) – žák nabývá nové informace nebo nově formulované myšlenky, setkává se s nimi jako s novými, ty se propojují s vlastními dosavadními kognitivními strukturami žáka. Dochází k rekonstrukci původní struktury vědění podle objevování a porozumění vztahů s novým učivem. Žák si uvědomuje, co potřebuje zjistit a doplnit na základě vzniklých pochyb a nesrovnalostí. To se projeví zrodem otázek, na které hledá odpovědi. Při řešení úlohy účelově pracuje s informacemi, při vytváření svého poznání pracuje individuálně nebo spolupracuje s ostatními žáky nebo s učitelem. Kooperace podporuje ke zpětné vazbě a k hodnocení vlastního poznání. Vytváří se aktivní spojení mezi novým a starým poznáním, kdy se udržuje zájem studenta o poznávanou oblast. Zvětšuje se připravenost a prostor pro akceptování dalších informací nebo pro jejich hledání.

Třetí fáze: **reflexe** (R) – je rozvahou zatím poznaného, osvojeného, změněného. Žák má šanci přezkoumat, co nového se naučil. Změny v jeho učení poznává tím, že nové poznatky třídí, klasifikuje, vyjadřuje vlastními pojmy, diskutuje s ostatními, srovnává své poznání. Má možnost poznat, že jím vytvořené myšlenkové schéma nemusí mít definitivní podobu, stále zůstává otevřené pro další vstupy. Sleduje i posuzuje, co se naučil a jakým způsobem se tomu naučil: jak uvažuje, jak zapadá jeho poznatek do dřívějších znalostí, jaký vliv mělo učení a myšlení na jeho původní názory, poznává sebe sama. Sebereflexe je důležitým pochodem v hledání a odkrývání zdrojů pro další vývoj žáka. Poskytne hledání příčin vlastního myšlení, uvažování, jednání a přemýšlení o svých rezervách.

Jednotlivé fáze představují základ vyučovacího procesu. Učitel na základě toho volí jednotlivé metody podle vzdělávacích cílů, charakteru tématu a dispozic žáků. Výuka podle metody EUR odráží strukturu vzdělávacích cílů – kognitivních, afektivních a výcvikových. V kognitivní oblasti umožňuje postup podle stupňů poznání od znalosti k hodnocení. V afektivní oblasti podněcuje zájem o práci s informacemi, přispívá v zapojení žáka v sebe rozvoji.

Mezi výhody konstruktivistického přístupu patří respektování přirozených procesů poznávání a učení (nic proti logice věci), tvoření učení na vnitřním zájmu žáka (čekáme, kdy a jak si žák položí otázku) a aktivizujeme žáky (čím méně dělá učitel, tím více se žáci naučí). (Tomanová, 2003)

4.4 Klíčové kompetence

Pod pojmem klíčové kompetence rozumíme souhrn dovedností, vědomostí, postojů, schopností a hodnot podstatných pro individuální rozvoj a uplatnění každého člena společnosti. V anglicky psaných materiálech Evropské unie je používáno slovo

„competence“. Jistě dosti nešťastný překlad je české „kompetence“, přičemž se očekává význam schopnost, zručnost, obratnost, šikovnost či kvalifikace. Slovo kompetence má ovšem v českém jazyce poměrně odlišný specifický význam – pravomoc, což se dosti vzdálilo obecnému anglickému významu slova. Antonymem je slovo nekompetentní, což se může jevit jako zdánlivě slušné slovo, ale vyjadřuje něco jiného, než že někdo k něčemu není kompetentní, bez jakýchkoli náznaků neschopnosti. Použitý překlad ovšem zní mnohem lépe, než kdyby se užilo obyčejného českého slova – schopnost.

Výběr a pojetí kompetencí vychází z obecně přijímaných hodnot a představ ve společnosti o jejich vlivu na vzdělávání jedince, jeho spokojenost s životem, úspěšnost a poslání lidské společnosti. Záměrem školního vzdělávání je opatřit žáky souborem klíčových kompetencí a přichystat je k dalšímu vzdělávání a prosazení se v životě. Skalková (2007) nazývá klíčové kompetence jako obecné schopnosti, které jsou založeny na zkušenostech, znalostech, hodnotách a dispozicích jednotlivce a poskytují mu příležitost k jednání a zdárnému začlenění do sociálních relací při zachování nezávislosti.

Dle Rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání (2013) a gymnázia (2007) úlohy ve formě pracovních listů rozvíjejí následující klíčové kompetence žáků:

- *Kompetence k učení*
 - *efektivně využívá různé strategie ke zpracování poznatků a informací;*
 - *kriticky přistupuje ke zdrojům informací, informace tvořivě zpracovává;*
 - *kriticky hodnotí pokrok při dosahování cílů své práce, přijímá ocenění, radu i kritiku ze strany druhých, z vlastních úspěchů i chyb čerpá poučení pro další práci;*
 - *používá základní pojmy z různých vzdělávacích oblastí;*
 - *chápe obecně používané termíny, znaky a symboly.*
- *Kompetence k řešení problémů*
 - *rozpozná problém, objasní jeho podstatu, rozčlení ho na části;*
 - *vytváří hypotézy, navrhuje postupné kroky, zvažuje využití různých postupů při řešení problému nebo ověřování hypotézy;*
 - *uplatňuje při řešení problémů vhodné metody a dříve získané vědomosti a dovednosti, kromě analytického a kritického myšlení využívá i myšlení tvořivé s použitím představivosti a intuice;*
 - *kriticky interpretuje získané poznatky a zjištění a ověřuje je, pro své tvrzení nachází argumenty a důkazy, formuluje a obhájí podložené závěry;*
 - *je otevřený k využití různých postupů při řešení problémů, nahlíží problém z různých stran;*
 - *zvažuje možné klady a zápory jednotlivých variant řešení, včetně posouzení jejich rizik a důsledků;*
 - *vnímá problémové situace, rozpozná problémy a hledá nejvhodnější způsob řešení;*
 - *nenechá se při řešení problému odradit nezdarem.*
- *Kompetence komunikativní*
 - *s ohledem na situaci a účastníky komunikace efektivně využívá dostupné prostředky komunikace, verbální i neverbální, včetně symbolických a grafických vyjádření informací různého typu;*

- používá s porozuměním odborný jazyk a symbolická a grafická vyjádření informací různého typu;
- efektivně využívá moderní informační technologie;
- vyjadřuje se v mluvených i psaných projevech jasně, srozumitelně a přiměřeně tomu, komu, co a jak chce sdělit, s jakým záměrem a v jaké situaci komunikuje;
- je citlivý k míře zkušeností a znalostí a k možným pocitům partnerů v komunikaci;
- prezentuje vhodným způsobem svou práci i sám sebe před známým i neznámým publikem;
- rozumí sdělením různého typu v různých komunikačních situacích, správně interpretuje přijímaná sdělení a věcně argumentuje; v nejasných nebo sporných komunikačních situacích pomáhá dosáhnout porozumění.
- *Kompetence sociální a personální*
 - odhaduje důsledky vlastního jednání a chování v nejrůznějších situacích, své jednání a chování podle toho koriguje;
 - přizpůsobuje se měnícím se pracovním podmínkám a podle svých schopností a možností je aktivně a tvořivě ovlivňuje;
 - přispívá k vytváření a udržování hodnotných mezilidských vztahů založených na vzájemné úctě, toleranci a empatii;
 - rozhoduje se na základě vlastního úsudku, odolává společenským i mediálními tlakům.
- *Kompetence pracovní*
 - zvládá základní pracovní dovednosti, operace a postupy, rozšiřuje své komunikační schopnosti při kolektivní práci;
 - pracuje podle daného pracovního postupu, návodu, náčrtu a orientuje se v jednoduché technické dokumentaci;
 - je schopen pracovní výdrže, koncentrace na pracovní výkon a jeho dokončení;
 - reálně posoudí výsledek své práce i práce ostatních.

5 Astronomické poznatky na škole

„Astronomie jako ryzí předmět na školy nepatří. Měla by být rozpuštěna v řadě jiných. Ne však ve formě hrůzně nezáživných teoretických kapitol, nýbrž v podobě toho, co známe na vlastní oči. Kdo se bude chtít potopit do tajů vesmíru, ten si patřičnou literaturu najde.“

Jiří Dušek, český astronom

Výuku astronomických poznatků lze na školách zařadit do různých předmětů – zeměpis, přírodopis, fyzika. Na prvním stupni se žáci v předmětu prvouka seznámí s kalendářem (nebo obecně s orientací v čase) a pochopí střídání ročních období. Později se v přírodovědě dozví o poloze Země ve sluneční soustavě, významu Slunce a o přítomnosti Měsíce a jeho vlivu na Zemi. Na druhém stupni se astronomie objevuje v zeměpisu (planeta Země), přírodopisu (Země a život, člověk, naše planeta) a později ve fyzice (vesmír, planety, hvězdy). Díky rámcovému vzdělávacímu programu je možno látku zařadit do libovolného ročníku a přizpůsobit tak látku potřebám žáků. Tímto tématem jsem se již zabýval ve své rigorózní práci (Kéhar, 2011), tato kapitola z rigorózní práce vychází.

Skutečnost je ale bohužel odlišná, jak se zmiňuje ve svých příspěvcích učitel fyziky na základní škole Miroslav Randa (Randa, 2010 a 2012). Astronomie se již tradičně zařazuje na konec posledního ročníku v předmětu fyzika, kde je jí věnována nedostatečná pozornost, nebo dojde ke zpoždění oproti plánu a na astronomii nezbude čas vůbec. Ani pozornost žáků není v tomto období vysoká. Častěji je žákům zadána jako samostudium nebo je vyřešena návštěvou hvězdárny či planetária.

Astronomii lze přitom považovat za zajímavý obor a je proto škoda, že učitelé většinou nevyužijí jejího motivačního potenciálu. Díky její oblíbenosti mezi žáky je to ideální součást předmětu fyzika (nebo obecně tematického celku člověk a příroda), může sloužit ke zvýšení zájmu žáků i široké veřejnosti nejen o astronomii, ale i o ostatní přírodovědné obory.

Výuka astronomie je velmi závislá na přístupu učitele, který v dané třídě vyučuje fyziku. Na jedné straně ji vyučují učitelé, kteří jsou zároveň amatérskými astronomy, na straně druhé lidé, kteří o astronomii slyšeli pouze při studiu na fakultě, nebo ani to ne.

5.1 Astronomie na základní škole

Astronomii lze nalézt v učivu na základní škole již od prvního ročníku, kdy se žáci v rámci prvouky orientují podle světových stran, seznamují se obecně s časem, ať v podobě kalendáře nebo režimu dne. Poznávají, jak a proč se čas měří, jak události postupují v čase a utvářejí historii věcí a dějů. Učí se poznávat, jak se život a věci vyvíjejí a jakým změnám podléhají v čase. S tím souvisí i problematika vzniku ročních období a jejich vliv na lidi. V tematickém celku „Rozmanitost přírody“ žáci poznávají Zemi (globus) jako planetu sluneční soustavy, kde vznikl a rozvíjí se život. Výstupem by měla být znalost elementárních poznatků o Zemi jako součásti vesmíru, rozdělení času a střídání ročních období. Tímto postupným způsobem se žáci seznámí i s dalšími tělesy sluneční soustavy, Měsícem a Sluncem. V pátém ročníku v přírodovědě se žáci v části „Jsme součástí přírody“ přenesou od neživé přírody

k vesmíru. Žáci se dozvědí o Slunci jako o nejbližší hvězdě planety Země. Slunce zároveň představuje důležitý zdroj tepla a světla nezbytný pro život na Zemi. V tématu „Výprava do vesmíru“ se žáci seznámí s pojmy souhvězdí, galaxie a sluneční soustava. Součástí sluneční soustavy jsou planety, zde dojde k porovnávání jednotlivých planet sluneční soustavy se Zemí. Orientačně se žáci seznámí s projevem gravitační síly.

Doporučený přístup k obsahu a organizaci výuky je neverbalistický. Žáky nelze přesycovat množstvím pojmů, spíše je kladen důraz na porozumění a ekologické myšlení ke vztahu k přírodě i k celému životnímu prostředí jako celku.

Na druhém stupni na tyto znalosti ve fyzice naváží gravitačním polem a gravitační silou a její přímé závislosti na hmotnosti těles. V druhém pololetí 7. třídy by se měli zabývat podrobněji sluneční soustavou, jejími hlavními složkami, vznikem měsíčních fází. Očekávanými výstupy astronomických poznatků na 2. stupni je objasnění (kvalitativní) pohybu planet kolem Slunce a měsíců planet kolem planet na základě poznatků o gravitačních silách. Žáci by měli odlišit hvězdu od planety na základě jejich fyzikálních vlastností.

Do astronomických znalostí lze i zařadit látku probíranou v rámci zeměpisu – tvar, velikost a pohyby Země, střídání dne a noci, světový čas, časová pásma a pásmový čas, datová hranice.

5.2 Rozšíření poznatků na střední škole

Zájem žáků o přírodní vědy obecně lze zvyšovat prostřednictvím exkurzí v různých vědeckých a technologických institucích i využívání nejrůznějších moderních technologií v procesu přírodovědného vzdělávání žáků. S astronomií se lze setkat v rámci vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“. Žákům by měla představit vědy jako neoddelitelnou a nezastupitelnou součást lidské kultury. Měla by tak zvyšovat zájem žáků o ně využíváním poznatků a metod přírodních věd pro inspiraci a rozvoj dalších oblastí lidské aktivity. Ideální je v tomto směru využití mezipředmětových vztahů.

Vzdělávací oblast „Člověk a příroda“ je členěna na vzdělávací obory fyzika, chemie, biologie, geografie a geologie. Astronomii lze nalézt v mnoha oblastech, přestože se jako samostatný obor neobjevuje.

Ve fyzice se v rámci probírání dynamiky pohybu prohloubí znalosti o pohybu těles v gravitačním poli, při té příležitosti se zmíní Keplerovy zákony. Zdroje energie ve hvězdách a vývoj hvězd se objeví v rámci termodynamiky a různých přenosů vnitřní energie v rozličných systémech. U hvězd zmíníme Hertzsprungův-Russellův diagram a pojmy zářivé výkony a povrchové teploty. S hvězdami úzce souvisejí i další hvězdné systémy, hvězdné asociace, hvězdokupy nebo galaxie. V konečné fázi se lze podívat na stavbu a vývoj vesmíru, vhodné při probírání mikročástic, atomů. Jako rozšiřující a doplňující učivo lze považovat černé díry, neutronové hvězdy, kvasary a další. Při vysvětlování optických systémů (odraz, lom, zorný úhel) je možné použít praktické pomůcky v podobě dalekohledů.

V geografii je jedním z témat Země jako vesmírné těleso, tvar a pohyby Země, důsledky pohybu Země pro život lidí a organismů, střídání dne a noci, střídání ročních období, časová pásma na Zemi a kalendář. Při probírání látky věnující se orientaci v mapách je možné zmínit existenci hvězdných map, základní orientaci na obloze a nápomoc při orientaci v terénu. S tím souvisí základní navigační systémy

využívající družic. Jiné družice slouží mimo jiné i k dálkovému průzkumu Země a ostatních těles sluneční soustavy.

5.3 *Motivační hodnota astronomie*

Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že nechávat astronomii jako poslední téma fyziky navíc ztrácí další důležitý aspekt: jedná se o předmět populární, atraktivní. Jednak pokládány otázkami a hlavně svými výsledky, ať již formou astronomických fotografií či získaných faktů. Motivační hodnota astronomie pro získání zájmu mladých o studium přírodních věd tak může zůstat nevyužita.

Při pohledu na hvězdnou oblohu se nám hvězdy jeví jako svítící body, které se od sebe liší barvou a jasností. Když si přečtete astronomický článek, může nás překvapit množství podrobností. Odkud to astronomové vědí? Jsou to pouze dohady, nebo je za tím množství měření a výpočtů?

Astronomie je jedna z nejstarších věd. Zabývá se vesmírnými tělesy a jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi, sleduje jejich vzájemné působení. Zkoumá vznik, vývoj a zánik vesmírných těles. I když lidé pozorují oblohu a vesmírná tělesa od počátku své existence, představy o vesmíru se neustále mění.

U každého tématu lze definovat základní pojmy, které si žák osvojí, požadované vstupní znalosti a výstupy. Krom toho lze navrhnout problémové úlohy, testy a další didaktický materiál. Jednotlivá témata je možné zpracovat formou dílčích modulů, které mohou být použité v různých předmětech (dle aktuální potřeby učitele), na různých stupních (základní či střední škola).

5.4 *Metody výuky astronomických poznatků*

Mezi konkrétní podmínky vyučování lze zařadit i metody výuky, které učitelé při výuce používají. Přestože mohou učitelé použít velké množství vyučovacích metod, podle průzkumu Tikalské (2008) používají pouze některé z nich (výklad, nácvik a procvičování). Stále častěji se lze setkat se situacemi, kdy je středem světa učitel a žáci pouze sedí a poslouchají, případně si píšou jeho moudrá slova. Tyto metody nejsou příliš vhodné pro pochopení a zapamatování si učiva. Smyslem výuky by mělo být podněcovat myšlení, tvořivé aktivity žáků nebo žákům dát příležitost k objevování. Žák získá tím více informací a schopností, čím aktivněji je zapojen do procesu výuky. Žáci mají nejraději pokusy, práci na počítači, skupinové práce, hry, soutěže. Jsou rádi aktivní.

Volba metod výuky astronomického učiva nám dovoluje dosáhnout vytyčených vzdělávacích cílů se stanoveným obsahem učiva. Ukazuje se, že pro výuku astronomických poznatků na střední škole jsou vhodné metody deduktivní, induktivní a srovnávací.

Deduktivní metoda postupuje od obecných principů směrem k individuálním jevům a vztahům. Žáci se pomocí této metody učí třídit jevy užší platnosti pod jevy širší platnosti. Tato metoda výrazně přispívá k formování hierarchie zákonitostí a pojmů. Řada astronomických jevů různých měřítek má společnou fyzikální podstatu, například kosmogonie⁶, hvězdy a Galaxie.

⁶ Kosmogonie – nauka o vzniku sluneční soustavy.

Induktivní metodu můžeme uplatnit při postupném výkladu vlastností planet, hvězd a galaxií. Obě metody (deduktivní, induktivní) není vhodné od sebe izolovat, ale lze je používat současně a vzájemně jimi výuku doplňovat.

K nejobtížnějším vzdělávacím cílům výuky astronomických poznatků patří bezesporu tvorba základních představ o velikostech kosmických těles různých typů (planeta, hvězda, sluneční soustava, galaxie, vesmír) a prostorových vzdálenostech mezi nimi. V tomto okamžiku je možné použít srovnávací metodu, kdy různá číselná, obrazová a modelová srovnání ulehčují žákům pochopení rozmanitosti rozměrů a hmotností kosmických těles (planety kamenné a plynné, trpasličí planety, planetky, komety atd.) ve sluneční soustavě, rozměrů hvězd v jednotlivých stádiích jejich vývoje (hvězdy hlavní posloupnosti, obři, závěrečná stádia – bílí trpaslík, neutronová hvězda, černá díra). K snadnému pochopení prostorových měřítek ve vesmíru jsou vhodná srovnání vzdáleností kosmických těles, např. Země–Měsíc, Země–Slunce, Slunce–nejbližší hvězdy apod. Hojně používané je srovnání poloměru a hmotnosti Země s ostatními planetami, poloměru a hmotnosti Slunce s různými typy hvězd, naší Galaxie s jinými galaxiemi.

U talentovaných žáků lze mezi metody zařadit i řešení úloh astronomické olympiády, která má napomáhat jejich vyhledávání, ale hlavně systematicky podporovat a rozvíjet jejich odborný růst. V České republice ji pořádá Česká astronomická společnost. Jde o předmětovou soutěž z oboru astronomie a příbuzných oborů, která je určena pro žáky základních a středních škol. Je členěna do jednotlivých kol a věkových kategorií. Více na olympiada.astro.cz.

6 Katalogy astronomických objektů

„Abychom do určité míry pochopili, co představuje vesmír, musíme především vědět, co jsou hvězdy a jak probíhá jejich vývoj.“

Josif Samuilovič Šklovskij, ruský astrofyzik

Katalogem astronomických objektů (nebo zkráceně astronomickým katalogem) rozumíme systematicky uspořádaný seznam kosmických objektů a jejich vlastností. Za kosmický objekt lze považovat: kosmický prach, hvězdy, dvojhvězdy a vícenásobné hvězdy, proměnné hvězdy, zbytky supernov, pulzary, kvazary, mlhoviny, planetární mlhoviny, hvězdokupy, galaxie, kupy galaxií, exoplanety, planetky, komety, erupce, skupiny slunečních skvrn, rádiové zdroje, rentgenové zdroje, infračervené zdroje, gama záblesky a další. Mezi vlastnosti, které obvykle u kosmických objektů sledujeme a katalogizujeme, patří: souřadnice, radiální rychlost, vlastní pohyb, paralaxa či spektrální třída a další.

Nejběžnějšími astronomickými katalogy jsou katalogy hvězd, které rozdělujeme podle jejich vzniku na absolutní, fundamentální a soupisy hvězd. Absolutní katalogy obsahují hvězdy, jejichž souřadnice byly stanoveny absolutními metodami – přímým měřením. Přesnost záleží na použitých metodách a dosahuje až 0,005 sekund v rektascenzi a 0,05 úhlových vteřin v deklinaci u rovníkových hvězd. Hvězdy, které se nacházejí v blízkosti pólů, mají přesnost údajů nižší. Kombinací absolutních katalogů se vytvářejí fundamentální katalogy. Jejich přesnost je závislá na použitých absolutních katalogích a určují přesnost astronomie v období jejich vzniku. Soustava katalogu je vymezena polohami a vlastními pohyby hvězd, které vytyčují pro výchozí epochu počátek rektascenzí a deklinací a jejich změny. Soupisy hvězd jsou katalogy hvězd, jejichž souřadnice jsou stanoveny fotografickou astrometrickou metodou s přesností přibližně 0,1 úhlové minuty.

6.1 Historie katalogů

6.1.1 Katalogy hvězd bez použití dalekohledu

Zmínky o prvním astronomickém katalogu lze nalézt okolo let 127–135 před naším letopočtem. Tehdy žil jeden z největších antických astronomů, Hipparchos, který zvýšil přesnost astronomických měření polohy nebeských objektů a sestavil velký katalog hvězd obsahující pozice více než 850 hvězd. Bohužel se nezachovala žádná kopie, a proto se v některých zdrojích dočteme o různém počtu hvězd (od 850 přes 1025 až po 1080). Hipparchos prováděl svá měření pomocí rovníkových armilárních sfér. Není zřejmé, jaký souřadnicový systém Hipparchos použil. Předpokládají se ekliptikální souřadnice. Kromě katalogu hvězd sestavil nebeský glóbus obsahující souhvězdí založená na jeho pozorování. Jeho zájem o hvězdy mohl být inspirován pozorováním supernovy nebo objevem precese. (Lopez, 2005; Thurmond, 2003)

Ještě dříve, ve čtvrtém století před naším letopočtem, popsal řecký matematik Eudoxos z Knidu hvězdy a souhvězdí ve dvou knihách *Phaenomena* a *Entropon*. Toto dílo je považováno za první mapu hvězdné oblohy. Eudoxos pojmenoval a očísloval jasné hvězdy a porovnal jejich jasnosti. Jeho práce se bohužel nezachovaly a naše znalosti jsou pouze z druhotných zdrojů.

V souvislosti s katalogy hvězd bychom měli zmínit i čínského astronoma Gan De, jenž žil také ve čtvrtém století před naším letopočtem. Společně s dalším čínským astronomem Shi Shen vytvořili první katalog hvězd obsahující polohy stovek hvězd. Je zajímavé, že Gan De pozoroval planetu Jupiter, popsal ji jako jasný a zářící objekt a již v roce 364 před naším letopočtem údajně viděl i jeden z měsíců Jupitera, Ganymeda nebo Callisto. Ty byly oficiálně objeveny až Galileem v roce 1610! (Zezong, 1982)

Tvorbou hvězdných katalogů se zabývali i jiní, například Aristoteles, Timocharis (jeho data použil Hipparchos a při srovnání svých a jeho dat objevil precesi), Menelaos a další. Mezi známější jistě patří spis slavného řeckého astronoma a geografa Ptolemaia s názvem *Almagest* (v překladu Velká kniha; obsahuje 13 knih), který shrnoval veškeré antické (představuje zhruba 800 let) vědění v oboru astronomie, včetně polohy 1022 hvězd (některé zdroje uvádějí 1028 hvězd), informace o souhvězdí apod. Ptolemaiov katalog hvězd vychází a doplňuje katalog hvězd vytvořený Hipparchem. Zde se vedou spory o tom, kolik poloh hvězd bylo Ptolemaiem skutečně přeměřeno a kolik je jich původních, od Hipparcha. Mnoho Ptolemaiových poloh je totiž uvedeno špatně a zdá se, že ve většině případů byla použita data Hipparchova a jejich přepočtení na epochu o tři století později, ovšem zde použil Ptolemaios chybnou (příliš malou) precesní konstantu. (Lopez, 2005; Thurmond, 2003)

Polohy hvězd z Ptolemaiova katalogu se později znovu proměřovaly a sestavovaly se nové, originální katalogy. Za zmínku stojí uzbecký matematik a astronom Ulugh Beg, který si okolo roku 1428 nechal postavit observatoř vybavenou obřím mramorovým sextantem o poloměru 40 m, který umožňoval odečítat výšku hvězd nad obzorem s chybou nepřesahující několik úhlových vteřin. Z této doby se zachovaly tabulky poloh (pro ekvinokcium 1437,5) okolo tisíce hvězd, které byly považovány za nejpřesnější až do doby Braheho. (Thurmond, 2003)

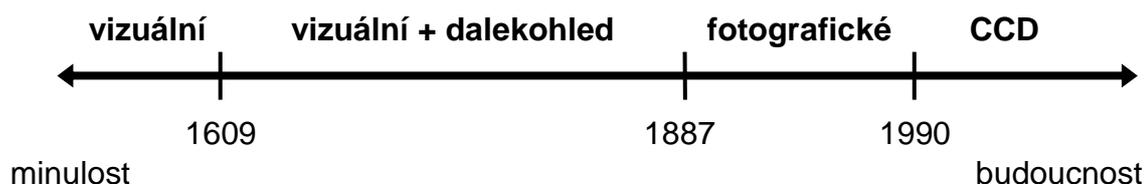
Zajímavý příběh přináší vývoj vědeckého myšlení a způsoby použití katalogů v minulosti. Většina katalogů hvězd byla použita k ověření nebo vyvrácení tehdejšího pohledu na svět. Astronomové časných dob (Hipparchos, Ptolemaios) chtěli vědět, zda se pozice hvězd mění a krom precese nepozorovali žádné další změny poloh hvězd. Astronomové později potřebovali větší přesnost měření polohy hvězd, aby mohli sledovat pohyb planet, který později vyústil v přijetí Koperníkova systému. Dalším důvodem pro vznik katalogů hvězd v těchto dobách bylo hledání paralaxy a tím vlastně vzdálenosti hvězd. Během těchto měření astronomové zjistili, že se hvězdy pohybují i vůči sobě, tím nepřímo potvrdili neprivilegovanou roli Země ve vesmíru.

Připomenout bychom mohli německého matematika a ve své době dobře známého astronoma Rothmanna, který ovšem v 17. století upadl v zapomnění. Pod záštitou prince Wilhelma IV. vytvořil Kasselský katalog hvězd čítající 1004 hvězd s ekvinokciem 1594. Byl přesvědčeným stoupencem Mikuláše Koperníka, který odůvodňoval heliocentrický pohled na svět.

Nejlepším a nejpřesnějším pozorovatelem hvězdné oblohy, jenž byl překonán až šedesát let po vynalezení dalekohledu, byl význačný dánský astronom Tycho Brahe. Roku 1592 vytvořil nový katalog 777 hvězd známých od dob Ptolemaia, jež byl ale vydaný až po jeho smrti. Během té doby ještě pozoroval a tak počet hvězd v jeho katalogu vzrostl na 1000, ačkoli mnoho dodatečných poloh hvězd bylo změřeno méně přesně než ty původní. (Thurmond, 2003)

Katalog poloh a hvězdných velikostí 1564 hvězd (s ekvinokciem 1661) polského astronoma Hevelia byl vydaný jeho ženou posmrtně v díle *Prodromus astronomiae*. Měření vykonával pomocí kvadrantu, přístrojem používaným již od antiky, nikoli použitím dalekohledu, a tím se dostal do sporu s Hookem, který jeho měřicí metody kritizoval. (Thurmand, 2003)

Polohy hvězd u výše uvedených katalogů byly zjišťovány bez použití dalekohledu. Jsou zde uvedeny zejména z historických důvodů, protože přesnost určení souřadnic hvězd nebyla příliš velká, např. u katalogu Tychona Brahe dosáhla přesnost jedné až dvou úhlových minut. (Kéhar, 2011)



Obr. 6.1: Detektory používané pro konstrukci astrometrických katalogů

6.1.2 Katalogy hvězd a dalekohled

Zásadní změnu přinesl rok 1609. Do rukou Galilea se dostává dalekohled. Během návštěvy Benátek se Galileo dozvěděl, že kdesi v Nizozemí sestrojili tamní skláři zařízení, které přibližuje a zvětšuje předměty. Zařízení to bylo jednoduché – jen dvě čočky. Mnoho lidí to považovalo za bezvýznamnou hračku, Galileo se ovšem snažil přijít na podstavu věci. Ve své dílně se snažil napodobit předmět z vyprávění a kombinace dvou čoček – spojky a rozptylky – skutečně násobila možnosti lidského oka. Lidé se radovali z toho, že vidí zvětšené osoby a předměty ve svém okolí. Galileo obrátil dalekohled k obloze a nestačil se divit. Do té doby (píše se rok 1609) byl přijímán názor, že vše, co je na obloze, vidí naše oko – slunce, měsíc, planety, hvězdy, občas komety a nějaké mlhavé obláčky. O optice oka se moc nevědělo, o jeho citlivosti také ne. Nikoho tenkrát nenapadlo, že nějakým optickým přístrojem lze na obloze vidět více, nebo dokonce něco jiného. Překvapení patrně nečekal ani Galileo, možná chtěl jen vědět, co přístroj udělá se vzdálenými objekty. Letmá přehlídka oblohy ukázala řadu zajímavostí. (Winkler, 1992)

Po vynalezení dalekohledu rychle narůstá počet astronomických katalogů. Zvyšuje se přesnost určování souřadnic, které je spjato s přesnějšími přístroji na měření času. Za zmínku jistě stojí katalog 3 110 dvojhvězd vytvořený v roce 1872 ruským astronomem německého původu Struvem, zakladatelem pulkovské hvězdárny, kde vznikaly další katalogy, které se vyznačovaly hlavně vysokou přesností.

Anglický astronom, zakladatel královské greenwichské observatoře a první královský astronom, John Flamsteed, byl jmenován králem Charlesem II. v reakci na potřebu najít způsob, jak přesně měřit zeměpisnou délku na moři. Flamsteed získal tuto práci s doporučením, aby řešení obsahovalo vytvoření lepších tabulek pohybu Měsíce a polohy hvězd. Jeho dílo *Historia coelestis Britannica*, které oficiálně vydal až roku 1725, čítalo 2 935 hvězd (to je třikrát více než obsahoval seznam od Tychona a strávil na něm přes 40 let), jednalo se o první významný hvězdný katalog sestavený s pomocí dalekohledu. Flamsteed nechtěl riskovat svou pověst uvolněním neověřených údajů, a tak neúplné záznamy držel pod trezorem na Greenwichi. Již v roce 1712 se k datům dostal Isaac Newton a Edmund Halley a publikovali pirátskou

kopii katalogu hvězd. Flamsteedovi se ovšem podařilo tři čtvrtiny nákladu shromáždit a veřejně spálit. Z této doby se nám zachovalo Flamsteedovo označení, kdy je hvězda označena arabským číslem a zkratkou (nebo genitivem) latinského názvu souhvězdí. V katalogích se občas objevují i chyby, například Flamsteed v roce 1690 pozoroval Uran, ale nepoznal, že se jedná o planetu, a zařadil ho do katalogu jako „34 Tauri“. (Thurmond, 2003)

Všechny dříve uvedené katalogy hvězd se věnovaly zejména severní obloze. Francouzský astronom Nicolas Lacaille vytvořil katalog téměř 10 000 hvězd jižní oblohy. Jeho katalog, který obsahoval i 42 mlhovin, byl vydán posmrtně v roce 1763 pod názvem *Coelum Australe Stelliferum*. (Thurmond, 2003)

Na pařížské observatoři publikoval roku 1801 francouzský astronom Jérôme Lalande v díle *Histoire Céleste Française* astrometrický katalog hvězd. Na svou dobu se jednalo o nejrozsáhlejší a nejkompletnější katalog hvězd čítající 47 390 hvězd do 9. hvězdné velikosti. Významné přepracování tohoto oblíbeného katalogu bylo publikováno v roce 1847. V katalogu používané označení hvězd se dochovalo až dodnes, např. u hvězdy Lalande 21185 (červený trpaslík ve Velké Medvědici). Moderní katalogy (např. SIMBAD) používají označení Lal NNNNN, kde NNNNN je referenční číslo z katalogu z roku 1847, od 1 do 47 390. (Baily, 1847)

Ve výčtu bychom neměli zapomenout na katalog italského astronoma Giuseppe Piazziho. Roku 1789 založil observatoř na Palermu a publikoval katalog hvězd (v roce 1803, revidovaný v roce 1814) ukazující polohu 7 646 hvězd. Během kontroly katalogizovaných hvězd objevil největší planetku (dnes trpasličí planetu) Ceres. Piazzii také zjistil, že hvězda 61 Cygni má velký vlastní pohyb. V roce 1838 Bessel změřil její vzdálenost od Země na 10,4 světelných let, což je hodnota velmi blízko současným 11,4 světelných letům. Jednalo se o první odhad vzdálenosti jiné hvězdy než Slunce a první hvězdu, která měla změřenou hvězdnou paralaxu. (Thurmond, 2003)

Od 19. století nabírá tvorba katalogů rychlý spád. V letech 1859 až 1862 vznikl (další aktualizace provedli Küstner v roce 1903, Becker 1951 a Schmidt 1968) astronomický katalog *Bonner Durchmusterung* (BD), který vznikl na základě vizuálního měření severní hvězdné oblohy, které prováděl F. W. A. Argelander na hvězdárně Bonnské univerzity. Katalog obsahuje pozice a zdánlivé hvězdné velikosti (zavedl desetiny) přibližně 325 000 hvězd do 9.–10. hvězdné velikosti pro ekvinoxium 1875,0 a deklinací -1° až $+89^\circ$. Pro jižní část oblohy (do -23° deklinace) jej doplnil německý astronom Schönfeld, používá se pro ni označení SD (*Südlliche Durchmusterung*). Katalog se stal základem pro vznik hvězdného atlasu a pro katalogy 20. století – AGK (*Astronomische Gesellschaft Katalog*) a SAO (*Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog*). Označení hvězd pomocí BD čísla se stále používá a umožňuje korelaci této průkopnické práce s moderními projekty. Označení hvězd obsahuje zkratku katalogu, zónu podle deklinace a pořadové číslo hvězdy podle rektascenze, např. Betelgeuze má označení BD $+7^\circ 1055$, tzn. 1 055. hvězda na 7. stupni severní šířky. (Thurmond, 2003)

V roce 1910 byl publikován soubor vlastních pohybů hvězd (včetně hvězdné velikosti, souřadnic, spektrální třídy, typu hvězdy) pod názvem *Preliminary General Catalogue of 6188 Stars for the Epoch 1900*, autorem byl americký astronom Lewis Boss. Tento katalog hvězd seřazených a očíslovaných podle rektascenze byl po jeho smrti rozšířen synem, Benjaminem Bossem. Nejvýznamnějším objevem bylo vypočítání konvergenčního bodu otevřené hvězdokupy Hyády. Je po něm označen

astronomický katalog (*Boss General Catalogue*, zkratka GC) čítající 33 342 hvězd, který byl publikován v USA v roce 1936 a základem byla práce jeho otce.

6.1.3 Fundamentální katalogy hvězd

Samostatnou oblast představují fundamentální katalogy. U katalogů hvězd se pozice velké většiny hvězd měří relativně k pozicím menšího počtu fundamentálních hvězd. Absolutní pozice fundamentálních hvězd jsou měřeny velmi pečlivě pomocí poledníkových kruhů v různých observatořích. Často se hvězdy proměřují několikrát ke snížení náhodných chyb, přičemž se měření porovnávají mezi observatořemi, aby se odstranily systematické chyby. (Gliese, 1987)

První zmínky o fundamentálních katalozích lze najít již v polovině 19. století, v té době ovšem neexistoval žádný fundamentální systém použitelný pro výběr referenčních hvězd na celé obloze akceptovatelný astronomickou komunitou. Referenční hvězdy se tedy vybíraly z dostupných katalogů, občas se jejich pozice přepočítala pomocí vlastních pohybů na epochu, ke které se systém zhotovoval.

V roce 1879 německý astronom Auwers zveřejnil první fundamentální katalog (*Fundamental-Catalog für Zonen-Beobachtungen am Nördlichen Himmel*, označení FC) čítající 539 hvězd severní oblohy (deklinace do -10°). Tím byl položen základ sérii fundamentálních katalogů, které jsou v současné chvíli ve své šesté edici, FK6. (Lenhardt, 2011)

V ročence *Berliner Astronomisches Jahrbuch* z roku 1907 byl publikován seznam 925 hvězd severní a jižní oblohy založený na Auwersově katalogu, označení NFK od Neuer FK.

Další verze fundamentálního katalogu (FK3) je z roku 1937. Zde bylo vynecháno 52 hvězd z Auwersova seznamu a ke zbývajícím 873 hvězdám bylo přidáno dalších 662 hvězd (označeno jako FK3sup, 1938). Celkem získáme seznam 1535 hvězd, jejichž pozice jsou spočítány pro ekvinokcia 1925 a 1950. Autorem byl německý astronom Kopff. Tento seznam byl v roce 1935 přijat Mezinárodní astronomickou unií jako mezinárodní seznam. Na základě tohoto rozhodnutí byly všechny národní almanachy od roku 1940 založeny na systému FK3.

Čtvrtý fundamentální katalog (FK4) změřili a publikovali v roce 1963 němečtí astronomové Fricke a Kopff. Taktéž obsahoval 1535 hvězd pro různá ekvinokcia od 1950,0 do 1975,0.

Dodatek čtvrtého fundamentálního katalogu (FK4S) je oprava FK4 a obsahuje dalších 1987 hvězd.

Pátý fundamentální katalog (FK5) je aktualizací FK4 z roku 1988 s novými pozicemi 1535 hvězd. Stal se ovšem zastaralým v okamžiku zavedení nového astrometrického souřadnicového systému založeným na poloze rádiových zdrojů – ICRF (International Celestial Reference Frame – Mezinárodní systém nebeských souřadnic).

V roce 1991 bylo publikováno rozšíření pátého fundamentálního katalogu obsahující 3 117 nových fundamentálních hvězd.

Šestý fundamentální katalog (FK6) je aktualizace FK5 z roku 2000 jako vhodná kombinace výsledků satelitu Hipparcos s pozemními daty měřenými po dobu dvou století. Sestává se ze dvou částí, FK6(I) a FK6(III) obsahujících 878, respektive 3 272 hvězd.

6.2 Moderní astronomické katalogy hvězd

Astronomické katalogy mají v současnou dobu neodmyslitelnou úlohu při zkoumání vesmíru. Při existenci internetu jsou dostupné v online podobě, což usnadňuje jejich procházení případně vyhledávání podle různých kritérií. Dnes nejvíce doporučovanými a zároveň nejvíce používanými katalogy jsou Hipparcos, Tycho-2, UCAC a USNO.

6.2.1 Hipparcos

Hipparcos je katalog hvězd, který byl zveřejněn v červnu 1997. Data byla získána kosmickým satelitem Evropské kosmické agentury HIPPARCOS v letech 1989.8 až 1993.2. Satelit proměřil paralaxy a jasnosti více než milionu hvězd. Nejdříve proměřil 118 000 hvězd do 12,5 mag s přesností 1 tisíce úhlové vteřiny. Poté změřil milion hvězd do 11,5 mag s rozlišením 25 tisíc úhlových vteřin. Katalog celkem obsahuje 118 218 hvězd, přičemž přesnost určení pozice je 1 až 3 tisíce úhlové vteřiny pro ekvinokcium 1991,25. Katalog Hipparcos je dle mezinárodních dohod standardem pro měření v optické astrometrii. Pro téměř všechny hvězdy jsou k dispozici vizuální fotometrické informace, u jasných hvězd je rozlišení jasnosti v řádu jedné milimagnitudy. Každá hvězda v katalogu nese označení HIP následované pořadovým číslem.

- cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?cat=I/F239 (ESA, 1997, 118 218 hvězd)
- cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?cat=I/F311 (van Leeuwen, 2007, 117 955 hvězd)
- astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/137-katalog-hipparcos-a-simbad

6.2.2 Tycho-2

Astrometrický referenční katalog obsahující pozice, vlastní pohyby a fotometrická data pro dvě spektrální čáry pro 2 539 913 jasných hvězd Mléčné dráhy, z nichž je okolo 5 000 viditelných pouhým okem. V katalogu jsou i jednotlivé složky dvojhvězd, pokud je dělí nejméně 0,8 úhlové vteřiny. Pro hvězdy do 11. mag je z 99 % kompletní, do 11,5. mag je to 90 %. Pozice a hvězdné velikosti jsou založeny na pozorováních shromážděných satelitem Evropské kosmické agentury HIPPARCOS. Jedná se o stejná data, jaká jsou použita u katalogu Tycho-1 (ESA, 1997), nicméně obsahuje mnohem větší počet hvězd a přesnější je z důvodu použití pokročilejších technik pro zpracování naměřených dat. U.S. Naval Observatory (USNO) nejdříve vytvořily referenční katalog ACT (Astrographic Katalog/Tycho) obsahující téměř milion hvězd kombinací astrografického katalogu (AC 2000) a katalogu Tycho-1; tím vznikl velký rozestup v epochách u obou katalogů, který o řád zlepšil přesnost určení vlastního pohybu. Katalog Tycho-2 nahradil katalog ACT.

- cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?cat=I/F259 (Hog a kolektiv, 2000, 2 539 913 hvězd)

6.2.3 UCAC

UCAC je astrometrický pozorovací program, který byl zahájen v únoru 1998 na astronomické observatoři CTIO v severním Chile (zde se jednalo o celou jižní oblohu a část severní). Prohlídka celé oblohy byla dokončena na americké námořní observatoři Flagstaff Station v květnu 2004 a redukce dat byla dokončena v červenci 2009. Finální katalog s označením UCAC3 byl vydán 10. srpna 2009 na setkání astrometrické komise č. 8 v rámci valného shromáždění Mezinárodní astronomické unie konané v Rio de Janero, Brazílie. Katalog obsahuje hvězdy mezi

8. a 16. mag vlnových délek na pomezí vizuálního a infračerveného spektra (579 nm až 642 nm). V katalogu se nachází přes 100 miliónů hvězd.

- cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?cat=I/F315
(Zacharias a kol, 2009, 100 765 502 hvězd)

6.2.4 USNO

USNO-B je katalog celé oblohy, který obsahuje pozice, vlastní pohyby, hvězdné velikosti v různých optických pásmech a odhad hvězda/galaxie pro 1 045 913 669 objektů odvozených od 3 648 832 040 rozdílných pozorování. Data byla získána prohlídkou 7 435 snímcích ze čtyř Schmidtových komor (Flagstaff, Palomar, ESO a UKST) pořízených během různých přehlídek oblohy za posledních 50 let. USNO-B1.0 poskytuje pokrytí celé oblohy do hvězdné velikosti 21. mag, astrometrické přesnosti 0,2" pro J2000, fotometrickou přesnost 0,3 mag v pěti pásmech a 85% přesnost při rozdělení hvězd od nehvězdných objektů.

USNO-B je další krok v sekvenci katalogů, které začaly s UJ1.0 (Monet a spol., 1994), USNO-A1.0 (Monet a spol., 1996) a USNO-A2.0 (Monet a spol., 1998). V jednoduchosti lze říct, že USNO-A byl dvoubarevný katalog pro jednu epochu, zatímco USNO-B je třibarevný katalog dvou epoch. Velikost katalogu dosahuje 80 GB.

- cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?cat=I/F284
(Monet a kol, 2003, 1 045 913 669 hvězd)
- www.usno.navy.mil/USNO/astrometry/optical-IR-prod/usno-b1.0
- archive.eso.org/skycat/servers/usnoa

6.2.5 SIMBAD

Za zmínku určitě stojí velmi rozsáhlá⁷ astronomická databáze objektů za hranicemi sluneční soustavy – SIMBAD (the Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data). Její chod zajišťuje Centre de Données astronomiques de Strasbourg (CDS) ve Francii. Databáze SIMBAD umožňuje vyhledávání nejrůznějších informací o astronomických objektech, mezi které patří typ objektu, poloha na obloze, množství vyzařované energie, vlastní pohyb, označení v různých katalozích apod. Součástí této databáze jsou odkazy na publikace týkající se daného objektu a možnost vykreslit mapku okolí objektu na obloze pomocí aplikace Aladin. Spolehlivá zdrojová data v textové podobě obsahuje část stránek pod označením Catalogs, kde lze najít přes 12 600 různých katalogů.

- simbad.u-strasbg.fr/simbad/
- astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/137-katalog-hipparcos-a-simbad

6.3 Nehvězdné katalogy

V historii se kromě katalogů hvězd tvořily i katalogy jiných nehvězdných objektů – mlhovin, hvězdokup, galaxií, planetek, exoplanet a dalších.

6.3.1 Messierův katalog

Jedná se o katalog mlhavých vesmírných objektů (hvězdokup, mlhovin a galaxií), který již v roce 1757 začal sestavovat francouzský astronom Charles Messier při

⁷ K 5. září 2013 obsahuje 7 325 534 objektů.

hledání komet. Prvotním účelem bylo upozornit na objekty, které si jinak zaměřoval s kometami. Objekty byly do katalogu přidávány postupně – první vydání je datováno na rok 1771 a obsahovalo 45 objektů. Třetí vydání je z roku 1781 a obsahuje již 103 objektů. Současnou podobu získal katalog až ve 20. století, kdy byl upřesněn a doplněn o poslední objekty. Katalog obsahuje 110 objektů označovaných M1 až M110.

- astronomia.zcu.cz/objekty/messier/2008-messieruv-katalog

6.3.2 IC a NGC katalogy

Nový obecný katalog mlhovin a hvězdokup je známější pod zkratkou NGC (The New General Catalogue of Nebulae and Cluster of Stars). Jde pravděpodobně o nejznámější katalog objektů hlubokého vesmíru mezi astronomy-amatéry. Obsahuje 7 840 objektů, které jsou známy pod označením NGC objekty. Autorem je dánsko-irský astronom John Dreyer, který jej vydal v roce 1888 na objednávku Královské astronomické společnosti. Kromě původního Dreyerova popisu jsou k většině objektů doplněny fotografie, údaje o hvězdné velikost, rudém posuvu, rychlosti vzdalování od Slunce, poloměru a souřadnic (rektascenze a deklinace).

V dalších letech svoji práci dovršuje vydáním dvou doplňků k NGC katalogu – v roce 1895 vydává katalog IC I (Index Catalogue) s 1 529 objekty a v roce 1908 katalog IC II (Second Index Catalogue). Celkem obsahuje 5 387 objektů a obecně se nazývá IC katalog. Jsou v něm zaznamenány galaxie, mlhoviny a hvězdokupy objevené mezi roky 1888 a 1905.

- www.ngcicproject.org
- astronomia.zcu.cz/objekty/ngc/2340-katalog-ngc
- astronomia.zcu.cz/objekty/ic/2356-katalog-ic

6.3.3 Katalog planetek

Jedná se o seznam, který obsahuje všechny planetky a trpasličí planety, kterým středisko Minor Planet Center (MPC) z pověření Mezinárodní astronomické unie (IAU) přidělilo definitivní katalogové číslo. Děje se tak na základě zjištění přesných elementů dráhy, kdy je možno s vysokou spolehlivostí stanovit efemeridy tohoto tělesa do budoucnosti tak, aby mohlo být při dalším přiblížení do dosahu pozemních dalekohledů znovu objeveno. Seznam kromě prostého výčtu těchto těles, jejich katalogových čísel, názvů a předběžných označení obsahuje také základní údaje o dráze (velkou poloosu, excentricitu, sklon k rovině ekliptiky), zařazení planetky do příslušné skupiny či rodiny a údaje o okolnostech jejího objevu.

- www.minorplanetcenter.net/iau/MPCORB.html
- www.minorplanetcenter.org/iau/lists/NumberedMPs.html
- astronomia.zcu.cz/planety/planetky/1815-seznam-planetek

6.3.4 Katalog exoplanet

První online katalog exoplanet vznikl v únoru 1995 po podezřelém objevu planety u hvězdy γ Cep (rok 1988) a potvrzené první planety u pulzaru (rok 1994). Studium exoplanet od té doby pokročilo a lze očekávat, že i v dalších letech se bude jednat o velmi rychle se rozvíjející obor. Setkáváme se s dvěma typy činností: odhalování nových planet a nová pozorování známých planet, na druhé straně jsou znalosti o fyzikálních a dynamických procesech jednotlivých planet, planetárních systémů

a interakce planety se svou mateřskou hvězdou. Tyto činnosti vyžadují přesnou znalost charakteristiky planet a jejich mateřských hvězd, nejlépe dobře zdokumentované v katalogu. Exoplanetologie je natolik rychle se rozvíjející se věda (a tento vývoj se bude v nadcházejících letech zrychlovat), že jakékoli statické katalogy jsou zastaralé na časové stupnici několika měsíců. Tyto požadavky nejlépe splňuje online katalog, což přináší výhodu v podobě trvalé aktualizace a neustálé dostupnosti dat.

- exoplanet.eu/catalog.php
- astronomia.zcu.cz/hvezdy/exoplanety/102-katalogy-exoplanet

7 Webové stránky Astronomia

„Čeho kdo nezná, po tom nedychtí.“

Jan Amos Komenský, český pedagog, filozof a teolog

Webové stránky Astronomia⁸ jsou multimediální učební text, který postupně vznikl díky projektům⁹ Fondu rozvoje vysokých škol (FRVŠ) na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni v letech 2000–2012.

Multimediální učební text je dostupný na adrese astronomia.zcu.cz¹⁰. Obsahuje informace o sluneční soustavě, hvězdách a souhvězdích, mlhovinách, hvězdokupách a galaxiích, digitální astronomické fotografie a část je věnována astronomům. Jedná se o doplněk výuky předmětů astronomie a astrofyziky, a to pro vysokoškolské studenty učitelství pro střední školy, pro základní školy i pro podporu výuky astronomických předmětů v rámci bakalářského studia astronomie. Z dlouhodobého hlediska je určitě mnohem významnější rozvíjení zájmu o astronomii a další přírodovědné předměty pro budoucí studenty fakult a vysokých škol v rámci celé České republiky. Nikoli nepodstatný přínos je i ve využití webových stránek jako doplňku výuky astronomických poznatků ve fyzice i v geografii na středních a základních školách, kdy webové stránky umožňují seznámení žáků s astronomickými poznatky zajímavou formou. Dle statistik¹¹ je zřejmé, že stránky jsou hojně využívány i při přípravě žáků na astronomickou olympiádu.

Členem týmu, který stránky v průběhu let postupně vytvářel, jsem od samého začátku. Tehdy jsem měl na starosti v projektu sluneční soustava tematické celky Mars a Jupiter. V roce 2002 byl představen nový projekt – Mlhoviny, hvězdokupy, galaxie, kde jsem autorem tematických celků: naše Galaxie, kulové a otevřené hvězdokupy a eliptické a diskové galaxie. Průlom v technologii přinesl rok 2005, kdy se od statických stránek přešlo k dynamicky generovaným. Zde jsem byl autorem první verze redakčního systému (poplatného době vzniku a našim potřebám), který byl nasazen u nového projektu Hvězdy. Zde jsem měl na starosti tematické celky HR diagram, exoplanety, charakteristiky hvězd, souhvězdí a první ucelený a plně funkční katalog hvězd Hipparcos. Další výrazná změna nastala v roce 2007, kdy všechny projekty dostaly jednotný vzhled a byly kompletně generovány dynamicky, což znamenalo přepsání a úpravu všech doposud vytvořených stránek. Velká změna nastala na konci roku 2009, kdy jsem vytvořil nový redakční systém, který odpovídá požadavkům moderního webu a přibyl projekt věnovaný astronomické digitální fotografii. Rozrostl se i počet katalogů astronomických objektů – více viz kapitola 7.2. V roce 2012 byly aktualizovány stránky věnované sluneční soustavě a přibyl zajímavé interaktivní aplikace postavené na datech z katalogů astronomických objektů. Tyto interaktivní aplikace vznikají průběžně, i mimo výše uvedené projekty.

⁸ Z latiny, znamená „věda o vesmíru a hvězdách“.

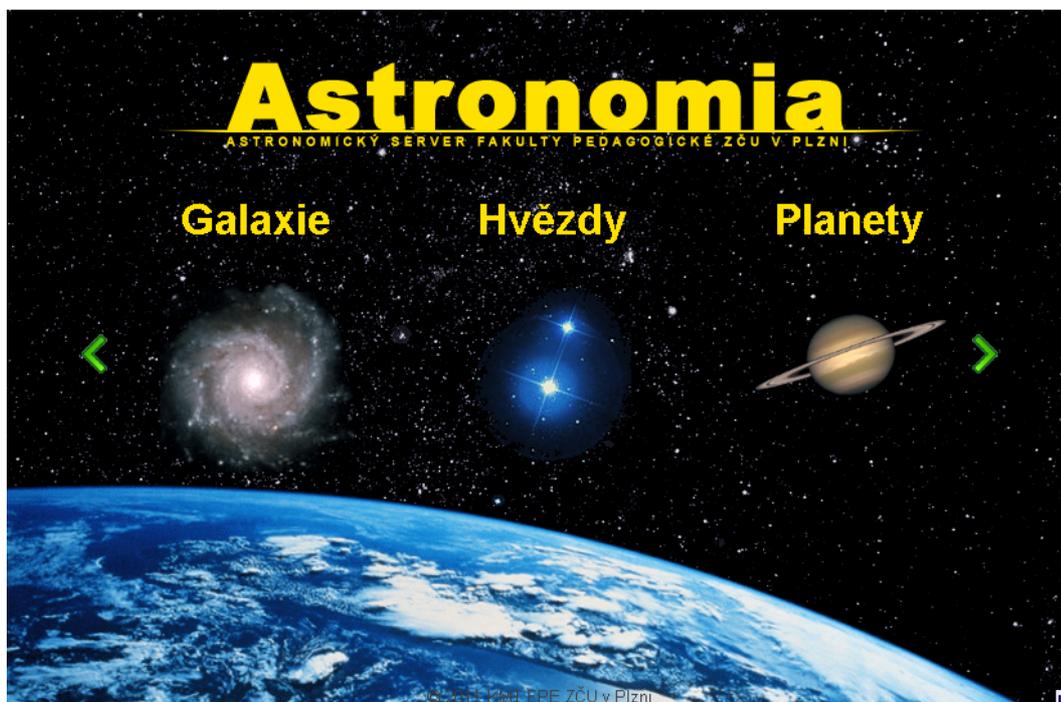
⁹ Projekty Fondu rozvoje vysokých škol: F 486/2000, B 953/2001, 1646/2002/F4, 1638/2002/G4, 2619/2005/F6d, 157/2007/F6d, 1589/2009/F6d a 2161/2012/F6d.

¹⁰ Stránky jsou zároveň zrcadleny Národní knihovnou České republiky (projekt WebArchiv dostupný na adrese www.webarchiv.cz) a Českou astronomickou společností (na adresách planety.astro.cz, hvězdy.astro.cz, resp. objekty.astro.cz)

¹¹ Používáme volně dostupné nástroje Navrcholu.cz a Toplist.cz.

7.1 Popis ovládacích prvků

Po zadání adresy astronomia.zcu.cz se zobrazí úvodní stránka, viz Obr. 7.1, která obsahuje ilustrační obrázky tří náhodně vybraných dílčích projektů. V současné chvíli je k dispozici šest projektů: planety sluneční soustavy, galaxie (sem spadají i mlhoviny a hvězdokupy), hvězdy, astronomická fotografie, astronomové a katalogy. Mezi jednotlivými projekty (ilustračními obrázky) lze posouvat pomocí zelených šipek na pravé a levé straně.



Obr. 7.1: Úvodní stránka Astronomie na adrese astronomia.zcu.cz

Na Obr. 7.2 je zobrazena ukázka typické stránky, kde lze sledovat rozložení základních prvků na stránce (logo stránek, název tématu, rozcestník na další projekty, seznam hlavních tematických celků vybraného projektu, vlevo se nachází seznam důležitých článků tematického celku a v pravé největší části je samotný článek).



Obr. 7.2: Typická stránka, zobrazení základního rozložení stránky

Podrobnější popis jednotlivých ovládacích prvků na webových stránkách Astronomie je uveden v rigorózní práci „Využití katalogů astronomických objektů ve výuce“ (Kéhar, 2011).

7.2 Katalogy astronomických objektů na stránkách Astronomia

Katalogy astronomických objektů se postupně staly nedílnou součástí stránek Astronomia. V době vzniku stránek v roce 2000 neobsahovaly stránky žádný katalog, pouze se ve formě tabulky objevily seznam komet a seznam meteoritů z Marsu.

Mezi první skutečné katalogy lze zařadit neúplný seznam NGC objektů a Messierův katalog v podobě statických stránek, které vznikly v roce 2002 při představení nového projektu Mlhoviny, hvězdokupy, galaxie. Dalšímu rozvoji katalogů bránil hlavně způsob rozložení stránek, praktická neexistence dynamicky generovaných stránek a způsob uložení dat (v té době byla veškerá data uložena v textových souborech). K dalšímu, výraznějšímu rozvoji katalogů došlo až v roce 2005, kdy byl realizován projekt Hvězdy, který byl již plně dynamicky generovaný, a veškeré texty článků byly uloženy v databázi. Vznikl redakční systém, který umožňoval vkládání skriptů do článků, což podpořilo vznik dalších katalogů. Na stránkách se objevují seznamy souhvězdí a vznikají plnohodnotné katalogy – exoplanety, hvězdy (Hipparcos) a mlhoviny, hvězdokupy a galaxie (NGC objekty). Projekt Hvězdy se stal vzorem i pro ostatní projekty (objekty a planety), které se podobného vzhledu jako Hvězdy dočkaly v roce 2007.

Při velké modernizaci a aktualizaci v roce 2009 dochází ke kompletní změně struktury stránek a redakčního systému (umožňuje online aktualizaci textů, přidávání testových otázek, změnu obtížnosti textu a další). Přibývají další katalogy – Glieseho, IC objektů a planetek. Jako zatím poslední katalog je v roce 2011 doplněna část astronomické databáze SIMBAD – hvězdy z katalogu Hipparcos.

K lednu 2014 obsahují stránky Astronomia následující katalogy nebo seznamy včetně informací o počtech objektů:

Projekt	Katalog	Počet objektů	Poznámka
Objekty	NGC	7 840	obrázky u každého objektu včetně textu a obrázků obrázky u každého objektu
	Messier	110	
	IC	5 386	
Hvězdy	Hipparcos (vč. jmen)	118 218 (3 568)	aktualizace během týdne
	SIMBAD	118 194	
	Gliese	3 803	
	Souhvězdí	88	
Planety	Exoplanety	~900	aktualizace denně ¹²
	Planetky	385 184	aktualizace měsíčně

Již podle počtu objektů u některých katalogů lze usuzovat, že při práci s katalogy se bude jednat o velké objemy dat, např. katalog Hipparcos (60 MB), seznam planetek (95 MB) nebo databáze SIMBAD (30 MB).

Pro vznik jednotlivých katalogů bylo klíčové a rozhodující nalezení aktuálních (a pravidelně aktualizovaných), spolehlivých a snadno dostupných dat. U klíčových katalogů máme i písemný souhlas autorů nebo provozovatelů daných dat – planety (IAU Minor Planet Center), exoplanety (Jean Schneider z exoplanet.eu) nebo databáze SIMBAD (CDS, Strasbourg).

¹² Katalog není v době psaní této práce (leden 2014) více jak rok aktualizován z důvodu změn na stránce exoplanet.eu.

Po získání balíku dat jej bylo nutné zpracovat a rozvrhnout strukturu databázové tabulky. Poté následovalo zkopírování dat do tabulky, což často naráželo na různá omezení, která přináší webové rozhraní. Řešením bylo postupné nahrání dat do tabulek.

Uživatelské rozhraní katalogů umožňuje vkládat různé typy dotazů a lze je rozdělit na dvě základní formy – základní (obsahují všechny katalogy) a rozšířené (Hipparcos, Glieseho). Stejně jako vyhledávání na stránkách Astronomia i katalogy mají svůj vlastní našeptávač, který se snaží ulehčit vyhledání požadovaného objektu. Po zadání dotazu dojde k prohledání konkrétních tabulek s daty a nalezení požadovaných informací. Pokud informace není k dispozici, objeví se upozornění s radou, jak postupovat dále.

7.3 Aktualizace dat v katalogích

Katalogy by bez pravidelné aktualizace dat velmi rychle ztrácely na svém významu a praktické použitelnosti, v některých oblastech (exoplanety, planetky) dokonce v řádu měsíců. Proto jsou některé katalogy astronomických objektů na stránkách Astronomia pravidelně aktualizovány, u řady z nich je zvolena plně automatická aktualizace, u jiných je nutný zásah správce stránek. Zvolena je i různá pravidelnost, některé katalogy jsou aktualizovány (resp. kontrolovány) denně (exoplanety), jiné na týdenní bázi (SIMBAD) a např. planetky jednou za měsíc. Příčinou mohou být technická omezení nebo to, že i zdrojová data nejsou častěji měněna.

Katalog	Adresa	Četnost	Komentář
SIMBAD	simbad.u-strasbg.fr/simbad/	týdenní	plně automatické
Planetky	www.minorplanetcenter.org/iau/mpc.html	měsíční	uživatelský zásah

Pravidelně aktualizovaným katalogem je astronomická databáze SIMBAD. Na stránkách Astronomia je pouze její nepatrná část – hvězdy, které jsou zároveň v katalogu Hipparcos. I tak se jedná o téměř 120 000 hvězd. U každé hvězdy je uloženo 27 položek¹³, přičemž průměrná délka řádku je 260 B. Z výše uvedených údajů je zřejmé, že se celkově jedná o desítky MB dat, které je nutné pravidelně kontrolovat. Proto jsem vyvinul způsob, jak to provádět bez zásahu správce. Každý den se zkontroluje pouze část hvězd, kdy se provede 200 dotazů na seznam 100 hvězd v katalogu na adrese simbad.u-strasbg.fr/simbad/. Celkem se každý den zkontroluje 20 000 hvězd, tato činnost zabere akceptovatelných 130 sekund. Při počtu 120 000 hvězd se kontrola celého katalogu průběžně uskuteční za méně než 7 dnů, proto je v tabulce výše uvedena týdenní aktualizace katalogu.

Seznam planetek je dalším aktualizovaným katalogem na stránkách Astronomia. Jedná se nejobemnější soubor dat dosahující v současnou chvíli (leden 2014) velikosti 95 MB, přičemž tento objem dat se bude postupně zvětšovat. Za posledních 12 let se totiž počet planetek zvýšil o řád (z 24 599 v dubnu 2001 na 369 956 v září 2013). Průměrný roční přírůstek za posledních 5 let činí necelých 30 000 planetek (za měsíc přibude okolo 2 400 planetek). To dělá zhruba 7,5 MB nových dat za rok. Tomuto trendu odpovídá způsob aktualizace dat, který jako jediný potřebuje zásah správce stránek (stále existují úvahy a pokusy, jak tento proces plně automatizovat, většinou se ovšem naráží na technická omezení webových serverů).

¹³ Označení HIP a označení v jiných katalogích, typ hvězdy, souřadnice v různých souřadných systémech – ICRS, FK5, FK4, vlastní pohyb, paralaxa, hvězdná velikost v různých spektrech a spektrální třída.

Procedura při aktualizaci dat je následující: Pomocí služby WatchThatPage.com¹⁴ je kontrolována webová stránka střediska Minor Planet Center obsahující statistiku objevů planetek www.minorplanetcenter.org/iau/lists/ArchiveStatistics.html. Pokud dojde ke změně (dochází k ní pravidelně jednou za měsíc, vždy pár dnů po měsíčním úplňku), pošle se informace správci stránek, který provede aktualizaci dat. Na stránce www.minorplanetcenter.org/iau/MPCORB.html je odkaz na soubor MPCORB.DAT.gz (~34 MB), který obsahuje textový soubor mpcorb.dat (~120 MB) se zveřejněnými orbitálními parametry pro všechny číslované i nečíslované planety. Tento soubor se na lokálním počítači porovná (pomocí uživatelsky vytvořené aplikace mpcorb.exe) se souborem z předchozího měsíce, jehož výsledkem je soubor, který obsahuje seznam všech očíslovaných planetek, u kterých došlo ke změně parametrů. Tento soubor má několik MB, pokud by měl být větší (zhruba jednou za rok totiž dojde ke změně elementů dráhy u všech planetek z důvodu změny epochy), je vytvořeno několik menších souborů (naposledy se tak stalo v září 2013, kdy vzniklo při porovnávání celkem 25 souborů, každý o velikosti 3 MB). Dalším krokem je zpracování souboru (NumberedMPs.txt), který obsahuje doplňující informace o objevitelích a datech objevu planetek, je volně dostupný na webové adrese www.minorplanetcenter.org/iau/lists/NumberedMPs.html. I tento soubor se porovná se souborem z minulého měsíce a vznikne další rozdílový soubor. Takto vzniklé rozdílové soubory jsou zkopírovány do příslušné složky na server a spuštěny PHP skripty, které provedou aktualizaci dat v databázi, přičemž každý řádek v souboru představuje jednu aktualizaci. Jestliže je více menších souborů, spustí se aktualizací skript vícekrát za sebou. Pokud příslušná planeta neexistuje, vytvoří se v databázi nový záznam.

¹⁴ WatchThatPage je služba, která umožňuje automaticky shromažďovat nové informace ze stránek na internetu. Uživatel si vybere stránky pro monitorování a služba najde stránky, které se změnily, a pošle informaci o změně. Lze zvolit četnost kontroly.

8 Interaktivní prvky na Astronomia

„Není možné člověka něco naučit, lze mu pouze pomoci objevit znalosti v něm samém.“

Galileo Galilei, toskánský astronom, filozof a fyzik

Byla by jistě škoda, aby data z katalogů astronomických objektů ležela na stránkách nebo v databázích jen tak bez užitku a povšimnutí. Proto je třeba prokoumat, jaké možnosti nám současná výpočetní technika z pohledu uživatele nabízí. Základní popis aplikací včetně jejich ovládání je k dispozici u každé představené aplikace v podobě podrobné nápovědy (po kliknutí na otazník). Veškeré aplikace jsem tvořil s důrazem na snadné používání, interaktivní ovládání využívající moderní a perspektivní technologie. Aplikace jsou k dispozici online přes webový prohlížeč a využívají aktuální data z katalogů hvězd Hipparcos a SIMBAD, seznamu očíslovaných planetek a NGC a Messierova katalogu.

Aplikace jsou tvořeny několika navzájem spolupracujícími technologiemi: HTML jazykem ve verzi „XHTML 1.0 Strict“ (kód celé stránky včetně samotné integrované aplikace), PHP verze 5 (dynamické generování obrázků a veškerých dat podle požadavků aplikace, uživatele, komunikace s databází), javascript (interaktivita, bezprostřední reakce na kroky uživatele, knihovna jQuery¹⁵ včetně různých rozšíření ulehčující zejména práci programátora při psaní skriptů), AJAX¹⁶ (interaktivita bez překreslení stránky, komunikace a získávání dat s PHP na pozadí), PNG (grafický formát generovaných obrázků), cookies (přenášení většího množství parametrů mezi PHP a prohlížečem u obrázků, využívané zejména u grafů, u kterých nelze dopředu stanovit pevné měřítko os, protože dochází k jeho změně podle volby uživatele) a MySQL (databáze s uloženými daty z katalogů).

8.1 HR diagram

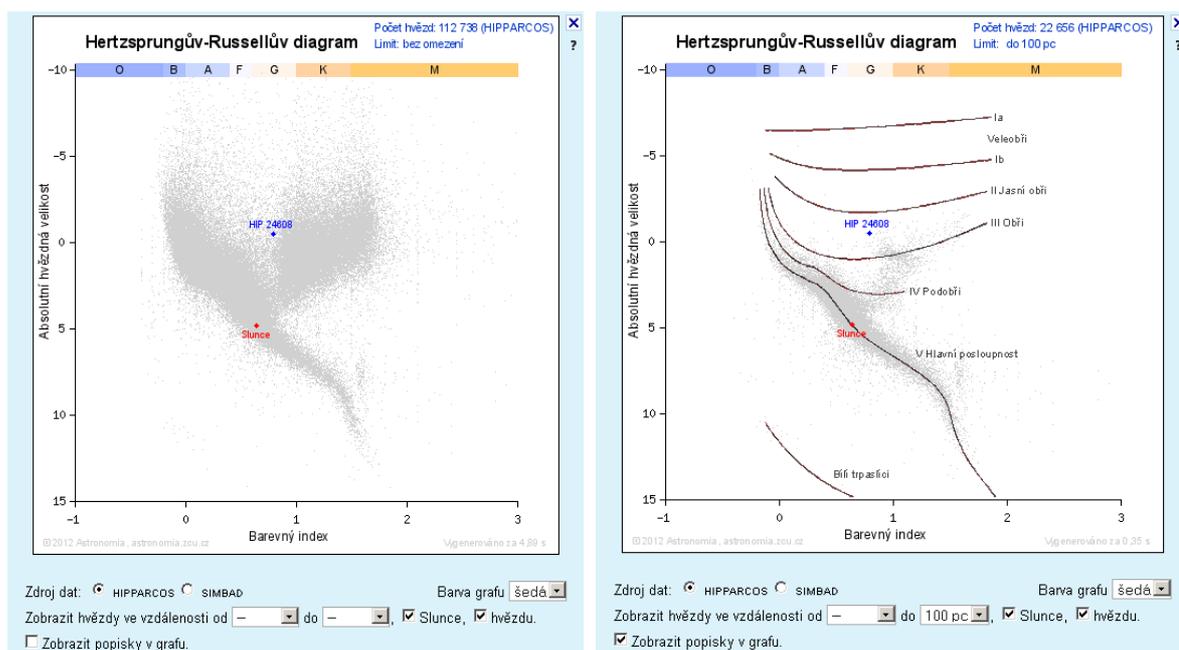
Hertzsprungův-Russellův (HR) diagram je online generován z katalogu hvězd Hipparcos nebo astronomické databáze SIMBAD uložených na serveru Astronomia. Jedná se o aplikaci, na kterou nevede přímý odkaz, protože je generována pro každou hvězdu zvlášť. Na stránce astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/137-katalog-hipparcos-a-simbad stačí zvolit libovolnou hvězdu ze 118 218, které jsou uloženy v katalogu hvězd Hipparcos. Pokud je hledaná hvězda v katalogu, zobrazí se stránka se dvěma tabulkami. Horní tabulka obsahuje neměnný obsah z katalogu Hipparcos, který byl publikován v červnu 1997. V dolní tabulce jsou údaje převzaté z astronomické databáze SIMBAD, která je jednou týdně zkontrolována kvůli aktualizaci dat. V pravé části tabulky je sloupec pojmenovaný HRD. Po kliknutí na

¹⁵ jQuery je javascriptová knihovna (sada funkcí), která usnadňuje práci s javascriptem. Klade důraz na jednoduchost, čitelnost a rychlost. Je dostupná zdarma. Stejně jako kaskádové styly oddělují zobrazovací charakteristiky od struktury HTML, jQuery odděluje chování od struktury HTML. Místo specifikace *onclick* události přímo v HTML kódu tlačítka, stránka řízená jQuery nejprve najde vhodný element tlačítka a potom změní jeho manipulátor události. jQuery nabízí výběr DOM elementů, funkce procházení a změnu DOM, události, manipulace s kaskádovými styly, efekty a animace, AJAX, rozšiřitelnost a další.

¹⁶ AJAX – Asynchronous JavaScript and XML – je obecné označení pro technologie vývoje interaktivních webových aplikací, které mění obsah stránek bez nutnosti jejich znovunačítání, což je považováno za uživatelsky přívětivější. Ve skutečnosti se nejedná o jednu konkrétní technologii, ale pojem označuje použití několika technologií dohromady s určitým cílem.

obrázek v tomto sloupci se po několika sekundách zobrazí HR diagram s vyznačenou polohou vybrané hvězdy a Slunce. Standardně je k sestavení HR diagramu použito dat z katalogu Hipparcos. Je možné využít i aktualizovaná data z databáze SIMBAD. K tomu slouží přepínač „Zdroj dat“.

Pro snazší orientaci v HR diagramu je k dispozici zobrazení popisek jednotlivých oblastí (dle Morganovy-Keenanovy spektrální klasifikace). Hvězdy použité pro vytvoření diagramu lze omezit podle jejich vzdálenosti. Je zajímavé porovnat diagramy blízkých a vzdálených hvězd. To lze udělat tak, že pro blízké hvězdy zadáme omezení u vzdálenosti například do 100 pc (326 světelných let) a u vzdálených hvězd interval například od 100 pc do 400 pc. Diagramy se automaticky překreslí.



Obr. 8.1: HR diagram (vlevo bez omezení, vpravo jen hvězdy do 100 pc s popisky)

Pokud uživatel změní cokoliv ve formuláři pod HR diagramem, skript na stránce si vyžádá na serveru aktualizovaný obrázek odpovídající zadaným podmínkám. Po jeho přijetí dojde k automatické obměně obrázku na stránce. Pohybem myši po obrázku se zobrazí kříž, kterým se vyznačují hodnoty na ose absolutní hvězdné velikosti a barevného indexu. Je možné vyzkoušet např. na Slunci, pro které je absolutní hvězdná velikost rovna 4,8 mag a barevný index 0,6.

Změna intervalu u vzdálenosti zobrazených hvězd vede k různému vzhledu HR diagramu. Nabízí se jednoduchá otázka: „Proč se diagramy liší?“ Na důvod by měli přijít samotní žáci nebo studenti. Vysvětlení hledáme ve výběrovém efektu, u HR diagramu vzdálených hvězd totiž chybí oblast slabých hvězd. Ve větších vzdálenostech nejsme schopni detekovat málo jasné hvězdy, naopak objevíme větší množství hvězdných obrů a velmi jasných hvězd. U hvězdné velikosti platí, že čím jasnější objekt, tím menší hodnota; můžeme si všimnout opačného měřítka u svislé osy. Absolutní hvězdná velikost je veličina určující hvězdnou velikost (jasnost hvězdy na obloze) vztaženou na standardní pozorovací podmínky (hvězda ve vzdálenosti 10 pc). Barevný index (B–V) je rozdíl hvězdných velikostí ve vybraných spektrálních intervalech, obvykle pro filtry B a V. Hvězda spektrální třídy A0 má B–V rovno 0. Hvězdy s vyšší efektivní teplotou mají barevný index záporný, hvězdy s nižší efektivní teplotou kladný.

8.2 Analýza parametrů planetek

U seznamu očíslovaných planetek je k dispozici interaktivní analýza několika vybraných parametrů planetek – katalogové číslo, rok objevu, velká poloosa, výstřednost dráhy, sklon dráhy k ekliptice a absolutní hvězdná velikost, ze které lze při znalosti (nebo odhadnutí) albeda planetky vypočítat její rozměry. Vybraným posuvníkem omezíme množinu planetek. Ostatní posuvníky se automaticky nastaví tak, aby odpovídaly vybrané množině planetek. Je možné vybírat i z předvoleného seznamu planetek (blízkozemní, potenciálně nebezpečné, Trojané a další).

Automatická změna posuvníků umožňuje zjistit spoustu informací o dané skupině (množině) planetek: označení a rok objevu první planetky této skupiny, interval velké poloosy, výstřednost drah nebo sklon drah k ekliptice. Pomocí absolutní hvězdné velikosti odhadneme i rozměry planetek. Získaný seznam planetek můžeme uložit do textového souboru a dále zpracovávat. Hodnoty u posuvníku, kterým bylo záměrně pohnuto, se obarví červeně. V jednom okamžiku je možné takto posunout pouze jedním posuvníkem.

Více na astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-planetek.

Obr. 8.2: Ukázka analýzy parametrů planetek pro zvolen typy (vlevo trojáni, vpravo skupina Hilda)

Po zobrazení (nebo obnovení pomocí F5) stránky se všechny posuvníky nastaví na minimální a maximální hodnotu danou daty v katalogu očíslovaných planetek, mohou se průběžně měnit vlivem pravidelné aktualizace seznamu planetek. Ve spodní části je zobrazen počet planetek odpovídající navoleným parametrům. Více o využití této aplikace je uvedeno v metodickém návodu pracovního listu Planety (viz kapitola 9.6.3).

8.2.1 Aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě

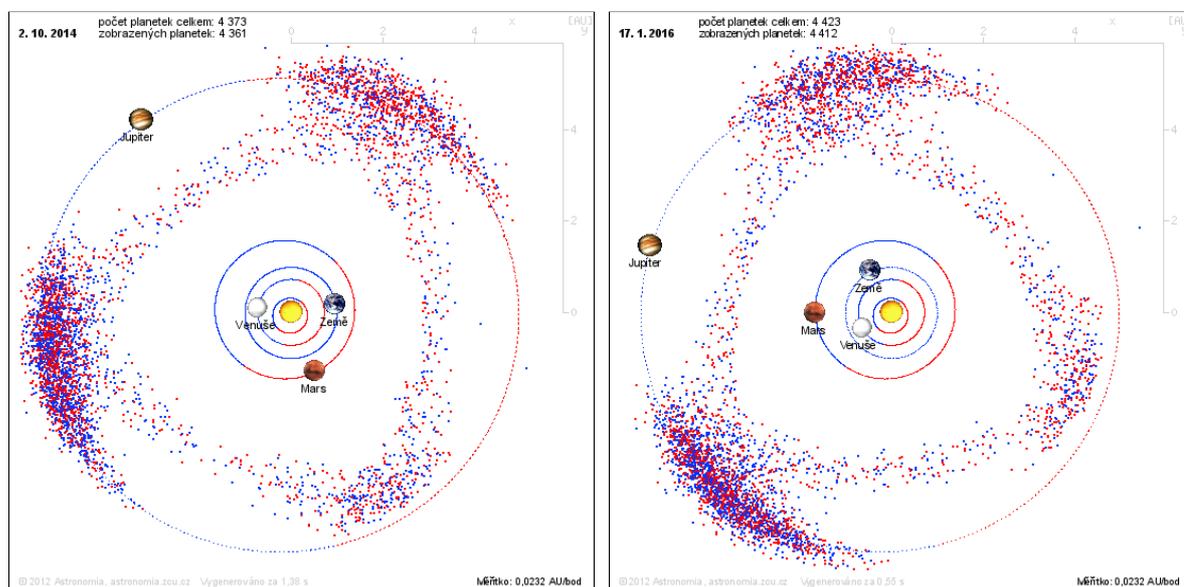
U analýzy parametrů planetek lze u některých speciálních případů zvolit kromě textového i grafický výstup (ve formátu PNG). Na Obr. 8.3 je ukázka aktuální polohy vybraných skupin planetek v rovině ekliptiky. Každý čtvereček představuje jednu planetku, přičemž barvou je znázorněna poloha planetky nad (modře) či pod (červeně) ekliptikou. Stejně barevné provedení je použité u trajektorie planet. Aktuální poloha planety je znázorněna obrázkem planety a popiskem. Trajektorie

planet jsou v měřítku, obrázek planety již nikoli. Měřítko celého obrázku je zvoleno automaticky podle velikosti velké poloosy nejvzdálenější planety.

Zajímavé zobrazení představují planety skupin Trojané a Hilda. Jedná se o planety, jejichž trajektorie je ovlivněna gravitačními účinky planety Jupiter.

V libračních bodech soustavy Slunce–Jupiter L_4 (předchází Jupiter o 60°) a L_5 (následuje o 60°) se nachází skupina planetek Troja né¹⁷, které obíhají po stejné trajektorii (velká poloosa je přibližně 5,2 AU¹⁸) jako planeta Jupiter, dráhová rezonance je 1:1. V libračním bodu L_4 bylo doposud nalezeno více těles než v L_5 , což odpovídá jednomu modelu, který předpovídá, že librační bod L_4 je stabilnější; jde o výběrový efekt daný pozorováním případně může hrát roli hmotnost planetek. Jejich počet se mění, protože mezi planetkami dochází k častým srážkám.

Hildina skupina je označení pro několik stovek planetek obíhající Slunce ve vzdálenosti odpovídající dráhové rezonanci 2:3 s Jupiterem. Velká poloosa je v intervalu 3,7 AU až 4,2 AU, sklon dráhy k ekliptice do 20° a výstřednost do 0,3. Vedle Trojanů se jedná o jediný případ, kdy dráhová rezonance vede k vytvoření stabilní skupiny planetek. Naproti tomu v místech Kirkwoodových mezer jsou trajektorie planetek nestabilní. Jde o velmi heterogenní skupinu planetek s různým mineralogickým složením, která se vytvořila rezonančním působením gravitačních sil Jupiteru. Dlouhodobé rozdělení planetek této skupiny v prostoru tvoří přibližně tvar rovnostranného trojúhelníka. Vrcholy trojúhelníka leží na trajektorii Jupiteru v libračních bodech L_3 , L_4 a L_5 . Toto prostorové uspořádání souvisí s tím, že odsluní těchto planetek leží ve vzdálenosti Jupiteru. Každá planetka této skupiny prolétne odsluním během tří po sobě následujících oběhů kolem Slunce postupně v blízkosti libračních bodů.



Obr. 8.3: Aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě pro Trojaný a skupinu Hilda

¹⁷ Trojan je označení příslušníka skupiny planetek obíhající po stejné trajektorii jako Jupiter. Planety soustředěné v blízkosti bodu L_4 jsou pojmenovávány podle obléhajících Řeků (výjimkou je planetka (624) Hektor, pojmenovaná ještě před přijetím tohoto pravidla), zatímco planety kolem bodu L_5 jsou pojmenovány podle obránců města Trója (výjimkou je planetka (617) Patroclus).

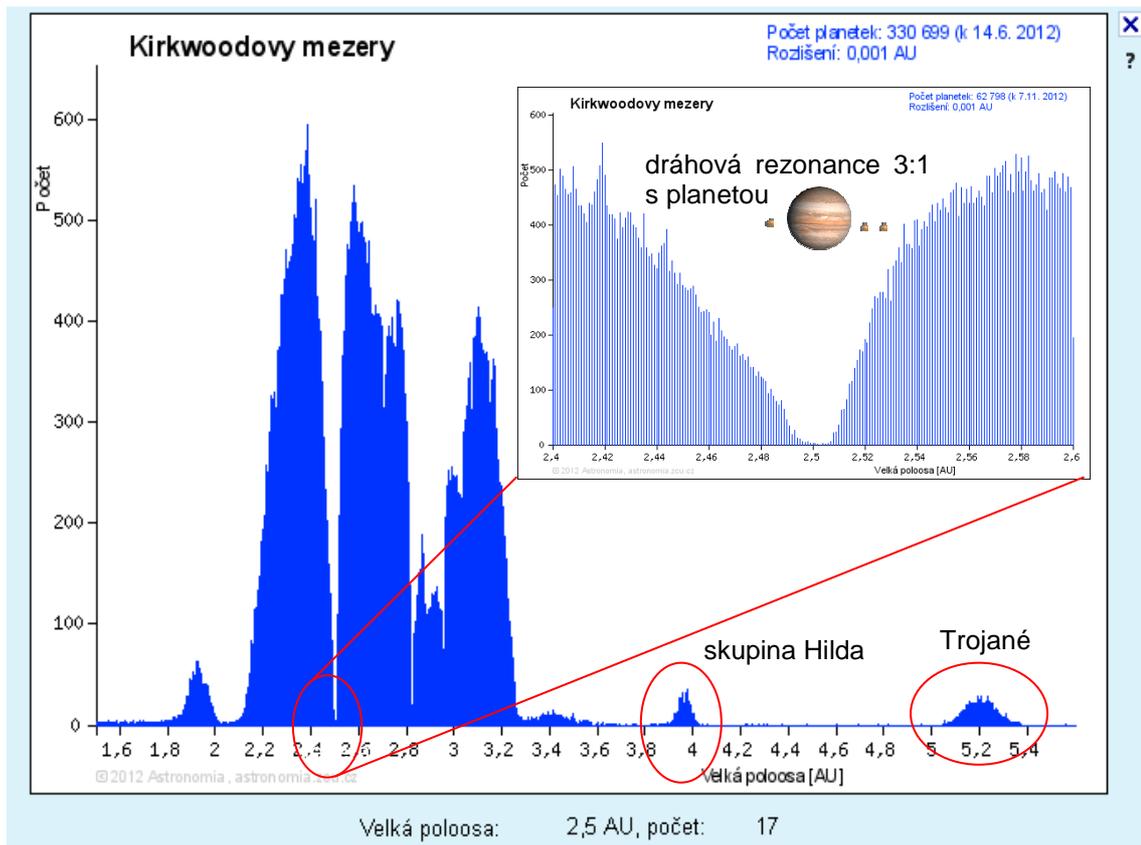
¹⁸ XXVIII. valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie konané v roce 2012 v Pekingu přijalo rezoluci B2 (předefinování délky astronomické jednotky), kde se v bodě 5 píše: unikátním symbolem pro astronomickou jednotku je „au“. Já se ve své disertační práci budu držet původního označení „AU“, přičemž budu postupně opravovat popisky v aplikacích, aby odpovídaly novému značení.

Pokud je vybráno méně než 20 000 planetek (vykreslení grafu trvá odhadem méně než 5 sekund), je umožněna animace, posun v čase o pevně nastavený interval. Tento interval je vypočítán z měřítka grafu, kdy se vezme oběžná doba příslušná maximální hodnotě velké poloosy a rozdělí se na 100 dílů. Animace lze spustit dopředu či dozadu. Pokud se klikne na prostřední tlačítko Stop, dojde k zastavení animace. Pokud se klikne na Stop ještě jednou, dojde k návratu k aktuálnímu datu.

Dráhové elementy kosmických těles ve sluneční soustavě se vlivem Jupiteru a Saturnu neustále mění. Pro Slunce (potažmo Zemi) a planety jsou platné pro delší časové období. Nicméně pro planetky je jejich platnost omezena a je obtížné jejich určení, neboť je závislé na mnoha faktorech – zejména na přesnosti, jakou požadujeme. Planetka se může pohybovat po zhruba stále stejné trajektorii po několik oběhů, nicméně při průletu poblíž Jupiteru se může její trajektorie radikálně změnit. Je složité toto obecně určit. Chyba narůstá s časem.

8.2.2 Kirkwoodovy mezery

Speciálním grafickým (ale i textovým) výstupem analýzy parametrů planetek jsou Kirkwoodovy mezery. Jsou to mezery nebo přesněji poklesy četnosti planetek hlavního pásu na velké poloose (nebo oběžné době). Poloha mezer souvisí s dráhovou rezonancí s planetou Jupiter, což jsou polohy v prostoru, pro které jsou doby oběhu dvou těles (v tomto případě planetky a Jupitera) v poměru malých celých čísel. Mezi tělesy nastává gravitační vazba (rezonance) ovlivňující stabilitu tohoto uspořádání. Periodické poruchy Jupitera způsobí, že dráha se stává nestabilní (případ Kirkwoodových mezer, ze kterých Jupiter planetky vypudil) nebo stabilní (Trojané, Hildina skupina planetek).



Obr. 8.4: Kirkwoodovy mezery aneb závislost četnosti planetek na velké poloose

Poprvé si tohoto uspořádání planetek všiml americký astronom Daniel Kirkwood (1814–1895) již v roce 1857, kdy bylo známo asi 50 planetek. V časopise *Astronomical Journal* publikoval v červenci 1860 dvě krátké poznámky ohledně planetkových rezonancí, přičemž na seznamu planetek odhaloval zřejmý nedostatek planetek v jednoduché rezonanci s Jupiterem, zatímco planety v rezonanci s Marsem byly samozřejmostí. První oficiální zveřejnění objevu bylo až v roce 1866 (na setkání Americké společnosti pro pokrok vědy); na konci tohoto roku bylo známo 91 planetek (uvádí se ovšem 87 planetek, toho bylo dosaženo v květnu 1866). Kirkwood upozorňuje na mezery v četnosti planetek ve vzdálenostech korespondujících s rezonancí 1:3, 2:5 a 2:7 s Jupiterem. Později zmínil mezery na rezonancích 1:2, 3:5, 4:7, 5:8, 3:7, 5:9, 7:11 a 4:9 s Jupiterem. Od té doby byly objeveny ještě další mezery. Kirkwood také v roce 1866 zdůraznil, že Cassiniho dělení mezi prstenci A a B planety Saturn vykazuje stejný jev, jako kdyby se částičky prstence nacházely v dráhové rezonanci 1:3 s měsícem Enceladus.

Nerovnoměrnosti v rozdělení oběžných drah planetek zaregistroval i brněnský rodák (pozdější profesor astronomie v Praze a ředitel hvězdárny v Klementinu) Karel Hornstein (1824–1882), který v roce 1858 předpověděl v rozsáhlé přednášce o systému planetek (*Neueste Fortschr. d. Astronomie*, Wien 1858) možnost existence mezer ve vzdálenostech těchto těles. Nezávislý objev Kirkwoodových mezer Hornsteinovi připisuje například jeho žák Gustav Gruss.

Pokud se těleso dostane např. do rezonance 3:1 s Jupiterem, působením Jupitera dojde ke zvětšení výstřednosti (nedojde přitom ke změně velké poloosy a dle třetího Keplerova zákona se tedy nezmění ani oběžná doba, těleso stále zůstává v rezonanci). Je zajímavé, že 97 % těles končí srážkou se Sluncem, tzn. jejich excentricita musí být větší než 0,998, zbytek se rozptýlí nebo srazí s planetami. Do skupiny planetek s vysokou výstředností a velkou poloosou spadající do Kirkwoodovy mezery patří skupiny Alinda ($a = 2,5$ AU, $e = 0,4$ až $0,65$, rezonance 3:1) a Griqua ($a = 3,1$ AU až $3,27$ AU, e větší než $0,35$, rezonance 2:1).

Pro zobrazení Kirkwoodových mezer je vhodné nastavit interval velké poloosy na hodnoty 2 AU až 3,5 AU, kde se zobrazí zajímavé rozložení četnosti planetek hlavního pásu. Pokud zobrazíme interval od 1,4 AU do 5,4 AU, lze si všimnout několika typických lokálních maxim: 1,93 AU se nachází skupina Hungaria (souvisí s rezonancí 2:9 s Jupiterem), 3,9 AU vytváří zajímavý obrazec v prostoru Hildina skupina, která souvisí s rezonancí 2:3 s Jupiterem a konečně 5,2 AU najdeme samotnou planetu Jupiter a v libračních bodech L_4 a L_5 se nacházejí Trojané.

Rezonance hraje významnou roli i ve větších vzdálenostech od Slunce, daleko za trajektorií Jupitera, jak napoví graf závislosti počtu známých objektů v těchto končinách (tip: zobrazte si graf pro velkou poloosu 20 až 50 AU při rozlišení 0,1 AU). Výrazně se projevuje rezonance 3:2 s Neptunem, která způsobuje stabilní dráhy těles zvaných plutina (včetně Pluta). Ostatní transneptunická tělesa se nazývají kubewana podle jejich typického představitele – planety Cubewano (1992 QB1).

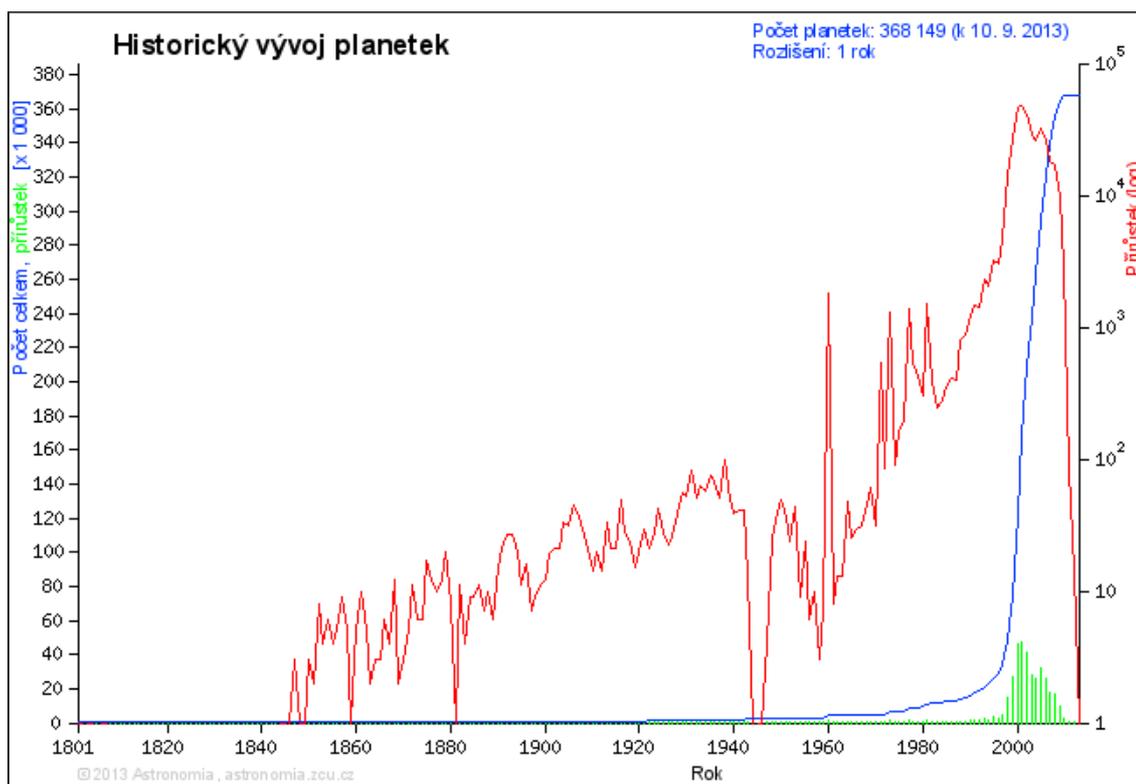
8.2.3 Historický vývoj

Další speciální grafický (ale i textový) výstup analýzy parametrů planetek je obrázek (Obr. 8.5), který zobrazuje závislost počtu objevených planetek na roku objevu. Celkem jsou zobrazeny tři různé grafy – modře souhrnný počet planetek (platí osa vlevo), zeleně roční (nebo měsíční) přírůstek (platí také osa vlevo) a červeně roční (nebo měsíční) přírůstek v logaritmickém měřítku (platí osa vpravo).

Při zobrazení grafu v celém období si lze všimnout několika zajímavých úseků. Mezi lety 1807 a 1845 nedošlo k objevu žádné planety, po 9 letech neúspěšného pátrání Olbers roku 1816 usuzuje, že Ceres, Pallas, Juno a Vesta jsou jedinými novými planetkami (v té době se nicméně mluvílo o planetách) mezi Marsem a Jupiterem. Roku 1830 začíná německý astronom Hencke vizuálně pátrat po nových planetkách zakreslováním hvězdného pole s hodinovým odstupem. Po dlouhých 15 letech slaví úspěch v podobě objevu planetek Astraea (1845) a Hebe (1847).

Od roku 1891 se používá na hledání planetek fotografická metoda, která spočívá ve fotografování okolí ekliptiky v opozici se Sluncem. Tuto metodu zavedl německý astronom Wolf (1863–1932), který za necelých 40 let objevil 228 planetek. Zachycená planetka se vlivem svého vlastního pohybu projeví na desce mezi hvězdami jako čárka. Od osmdesátých let dvacátého století nastává éra křemíková – fotografické desky jsou vytlačeny maticemi CCD.

Druhý skutečně nulový výpadek v počtu objevu planetek nastal v roce 1945, což souvisí s koncem globálního vojenského konfliktu. Naopak v šedesátých až osmdesátých letech minulého století přichází několik celooblohových prohlídek zaměřených na hledání planetek hlavního pásu (1960 – Palomar-Leiden Survey) nebo skupiny Trojané (1971, 1973, 1977 – Palomar-Leiden Trojan Survey), na grafu jsou znázorněny jako lokální maxima. Nejvíce planetek bylo objeveno na přelomu století (tisíciletí) díky několika automatickým projektům na hledání blízkozemních objektů – LINEAR nebo Catalina a další.



Obr. 8.5: Historický vývoj planetek

8.3 Keplerovy zákony

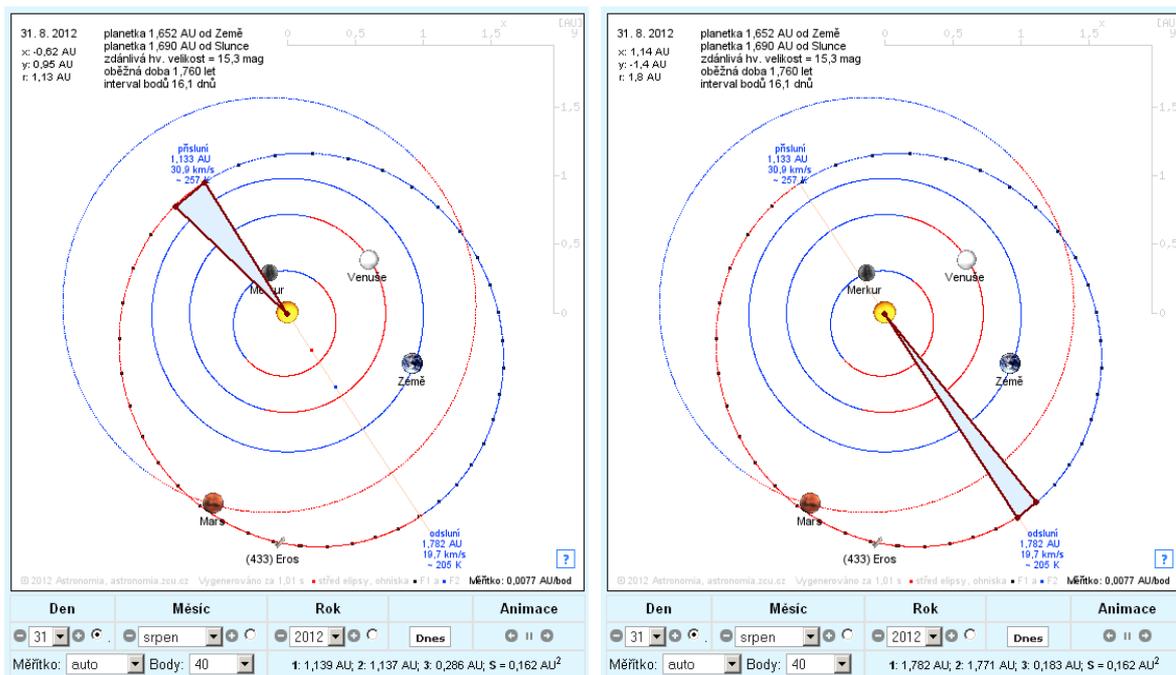
Na Obr. 8.6 je v základním nastavení znázorněna aktuální poloha planety ve sluneční soustavě v rovině ekliptiky. V této ukázce se jedná o blízkozemní planetku (433) Eros, lze ale vybrat libovolnou očíslovanou planetku z téměř 370 tisíc, které

mají různé trajektorie ovlivněné dráhovými elementy, zejména výstředností, sklonem dráhy k ekliptice a velkou poloosou. Měřítka je zvoleno automaticky podle vzdálenosti planety v odsluní (aféliu) tak, aby se celá trajektorie planety vykreslila a optimálně vyplnila plochu obrázku. Dle měřítka, které lze změnit z vybraných hodnot, je vykreslena i poloha (včetně trajektorií) některých planet sluneční soustavy. Barva čáry trajektorie naznačuje, zda se planeta nachází nad rovinou ekliptiky (modře) nebo pod ní (červeně).

Polohu těles ve sluneční soustavě lze vykreslit i pro jiné datum (nebo "dnes"), které se zadává pomocí formuláře pod obrázkem. Lze zadat datum ± 50 let od dnešního dne. Obrázek se po zadání hodnot průběžně aktualizuje. Po spuštění animace (zpětně, dopředu) se poloha těles pravidelně mění v intervalu den, měsíc nebo rok (dle volby uživatele). Rychlost animace je závislá na době potřebné pro vygenerování a poslání obrázku (řádově 0,5–0,8 s).

Dráhové elementy kosmických těles ve sluneční soustavě se vlivem gravitace Jupitera a Saturna neustále mění. Pro Slunce (potažmo Zemi) a planety jsou platné pro delší časové období. Nicméně pro planety je obtížné jejich určení, neboť je závislé na mnoha faktorech – zejména na přesnosti, jakou požadujeme. Planeta se může pohybovat po zhruba stále stejné trajektorii po několik oběhů, nicméně při průletu poblíž Jupiteru se může její trajektorie radikálně změnit. Je složité toto obecně určit. Chyba narůstá s časem.

U přísluní a odsluní se zobrazuje vzdálenost objektu od Slunce, rychlost a odhad efektivní teploty rovnovážného záření planety, přičemž je uvažováno Bondovo albedo $A = 0,09$. Pro výpočet efektivní teploty je použit Stefanův–Boltzmannův zákon a planetku modelujeme jako kouli v termodynamické rovnováze. Absorpce záření od Slunce planetkou je plochou průřezu, kdežto emise povrchem koule.



Obr. 8.6: Aktuální poloha planety ve sluneční soustavě a demonstrace Keplerových zákonů

K výpočtu pozorované hvězdné velikosti planety je použit tzv. HG-systém, kde H označuje absolutní hvězdnou velikost planety, což je pozorovaná hvězdná velikost planety ve vzdálenosti 1 AU od pozorovatele a 1 AU od Slunce při nulovém fázovém úhlu α , a G je fázový parametr, který souvisí s efektem zjasnění v pozici,

kdy se jasnost planety zvýší zhruba o 0,3 mag. Hodnota G není známa pro mnoho planetek, pro ostatní se používá hodnota 0,15. Fázový úhel α je definován jako úhel mezi směrem k pozorovateli a směrem ke Slunci, měřený od středu planety. Je nulový, pokud se planeta nachází v opozici.

Aplikace nám dále umožňuje demonstrovat a ověřovat platnost všech tří Keplerových zákonů. Postupně si ve stručnosti představíme, jak na Obr. 8.6 upozornit na zajímavé vlastnosti jednotlivých Keplerových zákonů. Další popis je uveden v nápovědě, která je dostupná po kliknutí na znak otazníku nacházející se v pravém dolním rohu obrázku s trajektoriemi ve sluneční soustavě.

Pro první Keplerův zákon jsou důležité trajektorie planety, poloha Slunce ve společném ohnisku, případně vyznačení středu elipsy. Vyznačena je poloha přísluní a odsluní.

Druhý Keplerův zákon se někdy označuje jako zákon ploch. Průvodič za stejnou dobu opíše plochu se stejným obsahem. Trajektorie je rozdělena na 40 poloh¹⁹, kterými planeta prochází po stejně dlouhých časových intervalech. Kliknutím se vybere příslušný bod. Zobrazí se úsečka spojující ohnisko a vybraný bod společně s informací o délce úsečky v prostoru v AU. Výběrem dalšího bodu se dokreslí trojúhelník a vypočítá jeho plocha. Na Obr. 8.6 vlevo je znázorněna situace v přísluní, vpravo v odsluní. Porovnáním zjistíme, že vypočítaná plocha je stejná. Výpočet plochy nezohledňuje zakřivení trajektorie planety mezi sousedními polohami; pokud je časový interval příliš velký, může dojít k nepřesnosti velikosti vypočítané plochy, která ovšem dosahuje maximálně 10 promile.

Pro třetí Keplerův zákon v upřesněném tvaru $\frac{a_{AU}^3}{T_{rok}^2} = M_{Slunce}$ zjistíme hodnotu velké

poloosy a jako polovinu součtu vzdáleností planety v přísluní a odsluní. Pak můžeme vypočítat oběžnou dobu T planety a porovnat ji s údaji, které jsou uvedeny v levém horním rohu na obrázku. Oběžnou dobu T lze určit ze středního denního pohybu n , a tím procvičit převody mezi stupni a radiány.

Více na astronomia.zcu.cz/planety/planetka-433.

8.4 Noční obloha aneb západy, východy slunce a soumraky

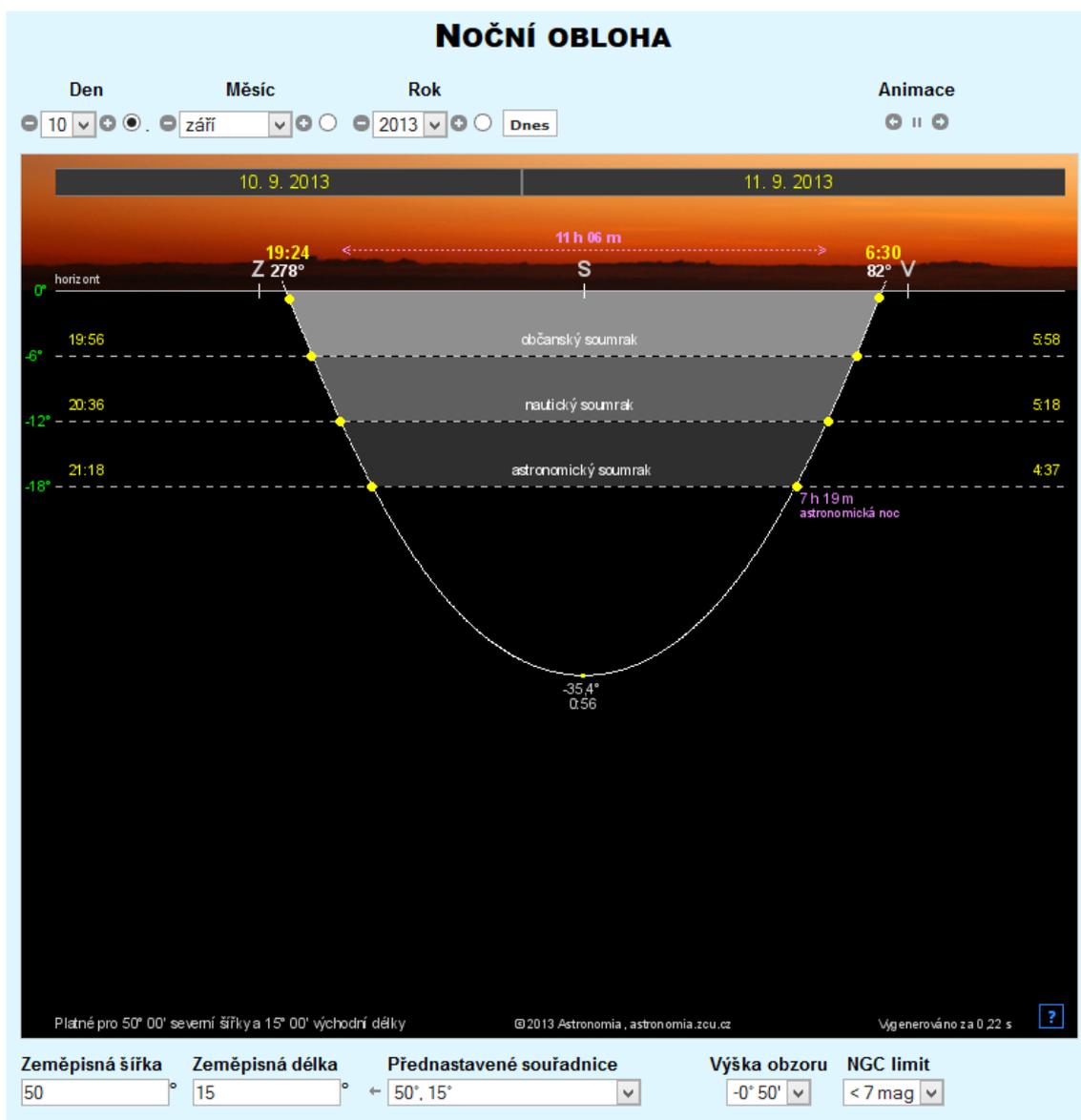
Na Obr. 8.7 je bílou nepřerušovanou čarou zobrazen průběh polohy slunce (azimut a výška) na zvoleném místě od západu slunce v daný den po východ slunce následujícího dne. Vypočítány jsou časové údaje – západ, východ slunce, okamžiky soumraků. Pro konkrétní okamžik lze najít seznam nejjasnějších hvězd, viditelnost souhvězdí nad obzorem či informace o viditelnosti Messierových a NGC objektů.

Při pohybu myši poblíž průběhu slunce se v levém dolním rohu obrázku ukazují informace pro konkrétní okamžik daný červeným kolečkem na grafu. Zobrazí se datum, čas, hvězdný čas, azimut a výška slunce pod obzorem. Lze zvolit libovolné datum ± 50 let od současného dne. Dalším volitelným parametrem je výška obzoru, kde lze vybírat z předvolených hodnot od 0° do 15° po 5° .

Na čáře horizontu jsou vyznačeny světové strany – západ (azimut 270°), sever (azimut 0°) a východ (azimut 90°). Azimut je úhel měřený ve vodorovném směru od meridiánu (vertikála orientovaná směrem sever–jih). Pro naše účely měříme azimut

¹⁹ Počet poloh je možné měnit. Na výběr jsou následující hodnoty: 10, 20, 25, 40 a 60.

od severu (pozn. v astronomii se někdy za nulový azimut uvažuje směr k jihu, což má své opodstatnění, protože v tu chvíli je i hodinový úhel nulový. To ovšem předpokládá horní kulminaci hvězdy na jihu, což je splněno jen pro objekty pozorované ze severní polokoule.) Hodnoty přibývají po směru hodinových ručiček, tj. od severu k východu. Výška (objektu nad obzorem) je úhel měřený ve svislém směru od horizontu. Nulou se začíná na horizontu, kladné hodnoty přibývají nahoru směrem k zenitu.

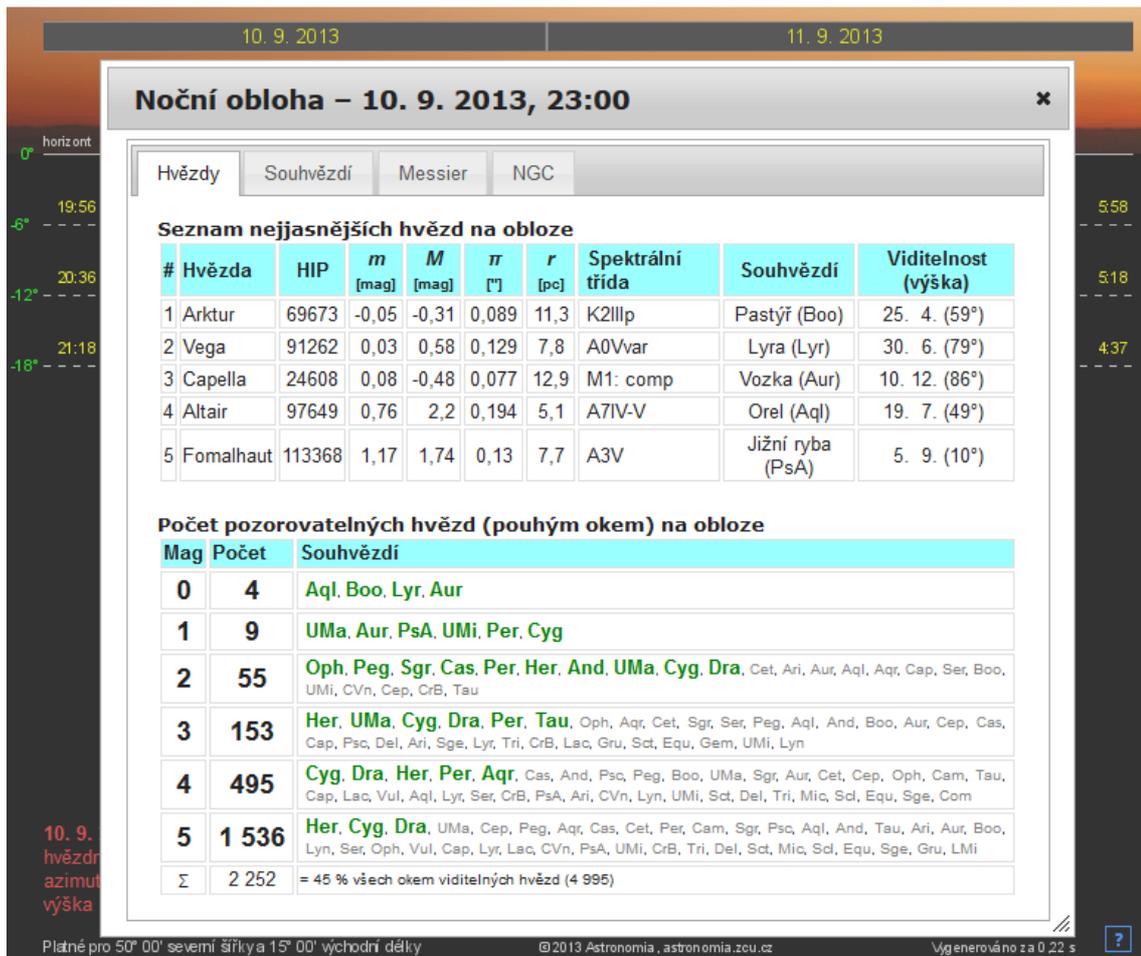


Obr. 8.7: Aplikace Noční obloha a průběh slunce pod obzorem

Pro zvolený den a následující den se vypočítají okamžiky západu, potažmo východu slunce pro dané místo. Východ a západ slunce jsou okamžiky, kdy se horní okraj slunečního kotouče nachází přesně na ideálním horizontu (za průměrných atmosférických podmínek pro pozorovatele při hladině moře). Vlivem atmosférické refrakce je skutečná poloha horního okraje slunečního disku v těchto okamžicích $0^{\circ}34'$ pod horizontem. Zdálnivý poloměr slunce na obloze činí $0^{\circ}16'$. Střed slunečního disku je v okamžiku východu slunce (tj. na konci ranního občanského soumraku) nebo západu slunce (tj. na začátku večerního občanského soumraku) $0^{\circ}50'$ pod horizontem, což nám např. během rovnodenností prodlužuje den, resp. zkracuje noc. Mělo by platit, že den i noc trvá v těchto dnech 12 hodin, ve

skutečnosti má noc jen 11 h 45 m. Demonstrovat lze i význam jednotlivých soumraků a zavedení pojmu astronomická noc a její výskyt v našich zeměpisných šířkách.

Pro vytvoření seznamu pěti nejjasnějších hvězd (Obr. 8.8) jsou použita data z katalogu Hipparcos. Obzorníkové souřadnice dané volitelnou výškou nad obzorem a azimutem po 10° jsou postupně převáděny na rovníkové souřadnice, přičemž pro každou vzniklou kruhovou výseč jsou nalezeny nejjasnější hvězdy. Takto vzniklý seznam se seřadí vzestupně podle pozorované hvězdné velikosti. U každé hvězdy ze seznamu se vypočítá z paralaxy π vzdálenost r a přes modul vzdálenosti i absolutní hvězdná velikost M .



Obr. 8.8: Seznam nejjasnějších hvězd a počet pozorovatelných hvězd na obloze

Využití této aplikace najdeme i v oblasti kulminace objektu a vypočítání jeho dobré viditelnosti (viz sloupec viditelnost v tabulce nejjasnějších hvězd na Obr. 8.8). K tomu je potřebná znalost hvězdného a slunečního času. Hvězdný čas je roven rektascenzi objektu, který právě prochází místním poledníkem. Pokud tato situace nastane o půlnoci, zjistíme snadno den dobré viditelnosti objektu. Pomocí aplikace lze zjistit, jaký je hvězdný čas o půlnoci 1. 1. Nastavíme Nový rok a měníme letopočet. Zjistíme, že každý rok je okolo 6 h 40 m (= 6,7 h). Hvězdný den je o 4 minuty (= 0,065 556 h) kratší než slunečný den. I to lze zjistit z aplikace změnou data o několik dnů. Platí tedy jednoduchá rovnice

$$\Theta = 6,7 + n \cdot 0,065\,556, \quad (8.1)$$

kde Θ je hvězdný čas, roven při kulminaci rektascenzi objektu a n je počet dnů od 1. ledna.

Př.: hvězda Rigel má rektascenzi 5 h 15 m. Počet dnů n po dosažení do rovnice (8.1) vyjde -22 . Po převodu na reálné datum vychází 9. prosinec. V tento den prochází hvězda Rigel ze souhvězdí Orionu o půlnoci místním poledníkem. Jedná se tedy o zimní souhvězdí.

Analýzou dat z katalogu Hipparcos plyne, že pouhým okem (do 6. mag) lze na hvězdné obloze pozorovat necelých 5 000 hvězd v našich středoevropských podmínkách (Obr. 8.8). Zhruba polovina hvězd je však nepozorovatelných, brání nám horizont (resp. celá Země). Tabulka nazvaná „Počet pozorovatelných hvězd na obloze“ obsahuje seznam hvězd, které jsou v danou chvíli nad obzorem, seřazené do skupin podle hvězdné velikosti. Ke každé celočíselné hvězdné velikosti se zobrazí seznam souhvězdí seřazených podle četnosti výskytu jednotlivých hvězd. Tučně a větším písmem jsou zobrazena souhvězdí, která obsahují více než 5 % hvězd v dané skupině. U každého souhvězdí (vyznačeného latinskou zkratkou) se zobrazí český a latinský název včetně informace o počtu hvězd.



Obr. 8.9: Seznam viditelných souhvězdí

Souhvězdí je oblast na obloze s přesně vymezenými hranicemi. Na obloze bylo Mezinárodní astronomickou unií v roce 1925 definováno 88 souhvězdí. Seznam na Obr. 8.9 obsahuje soupis souhvězdí, která jsou v danou chvíli viditelná (alespoň z části) nad obzorem. Tučným písmem jsou zvýrazněna souhvězdí, u nichž alespoň část nikdy nezapadá. Modře jsou označena souhvězdí cirkumpolární, kde platí, že žádná jeho část z dané zeměpisné šířky nezapadá. V záložce Souhvězdí lze například zjistit, že souhvězdí Velké Medvědice nepatří v našich zeměpisných šířkách mezi cirkumpolární souhvězdí. Nezapadá totiž jen 88 % tohoto souhvězdí.

Záložka Messier (Obr. 8.10) obsahuje seznam všech Messierových objektů, které jsou v daném okamžiku nad obzorem. Jsou rozděleny do skupin podle typu objektu (galaxie, hvězdokupy, mlhoviny). U každé skupiny je zobrazen celkový počet objektů včetně jejich seznamu seřazeného podle Messierova čísla. Při najetí myši na název objektu se zobrazí malé okénko s dalšími informacemi – NGC označení, pozorovaná hvězdná velikost, zdánlivé rozměry, souhvězdí, azimut a výška nad obzorem. Pokud se na název klikne, dojde k načtení obrázků daného objektu, přičemž pod obrázky se zobrazí informace o objektu.

Záložka NGC obsahuje seznam NGC objektů, které jsou v daném okamžiku nad obzorem. Výsledný počet objektů lze ovlivnit nastavením pozorované hvězdné velikosti – NGC limit. Pozorování pouhým okem odpovídá hvězdné velikosti 5–6 mag

v závislosti na světelných podmínkách noční oblohy. Z města a jeho blízkého okolí se pravděpodobně nepodaří najít žádný NGC objekt. Při najetí myši na název objektu se zobrazí v malém okénku stejné informace jako u Messierových objektů. Kliknutím na název se přesunete na stránku s detailními informacemi o objektu.

Noční obloha – 10. 9. 2013, 23:00 ✕

Hvězdy
Souhvězdí
Messier
NGC

Skupina hvězd	1 M73
Galaxie	16 M31 M32, M33, M51, M63, M74, M77, M81, M82, M94, M101, M102, M106, M108, M109, M110
Kulová hvězdokupa	17 M2, M3, M9, M10, M12, M13, M14, M15, M22, M28, M30, M55, M56, M71, M72, M75, M92
Mlhovina (emisní nebo reflexní)	1 M8
Otevřená hvězdokupa a mlhovina	3 M16, M17, M20
Otevřená hvězdokupa	14 M11, M18, M21, M23, M24, M26, M29, M34, M36, M37, M38, M39, M52, M103
Planetární mlhovina	4 M27, M57, M76, M97
	<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> 56

M31 – více
NGC 224, 3,5 mag, And, 180'x63', azimut = 85° (V), výška = 55°

Obr. 8.10: Seznam Messierových objektů nad obzorem

Více na astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/2382-nocni-obloha.

8.5 Anglická verze aplikací

Doc. Dolejší z Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze na konferenci „Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 5“ konané v dubnu 2011 v Plzni prohlásil: „*Dříve nešla studovat fyzika bez latiny, dnes bez angličtiny.*“ Znalost anglických termínů ve fyzice nebo v astronomii považuji za důležitou. V české verzi stránek a aplikací se to návštěvníci většinou nedozvědí. Nejenom proto, ale i z důvodu představení těchto online aplikací na mezinárodní konferenci ICPE 2013 jsem připravil anglickou verzi všech výše uvedených aplikací. Tím se rozšiřuje oblast použití tohoto materiálu i na hodinách výuky anglického jazyka.

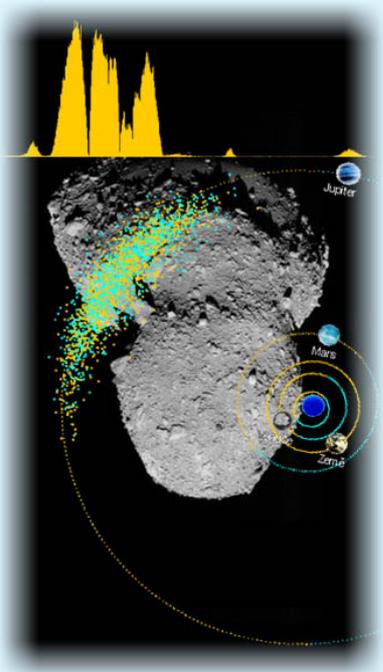
Stránka na adrese astronomia.zcu.cz/katalogy/education/2406-online-applications-using-data-from-catalogs je rozdělena do tří kategorií podle využití jednotlivých katalogů – planetek (minor planets), hvězd (stars) a plošných objektů (deep-sky).

ONLINE APPLICATIONS USING DATA FROM CATALOGS

Minor planets

Hundreds of thousands of numbered Minor planets whose parameters are periodically (monthly) updates can be used for demonstration of Kepler's laws or display (in different point of view) interesting group of Minor planets.

- **Analysis of Minor planets parameters**
Change of one slider of any parameter, the other sliders adjusts to match intervals of Minor planet. You can choose from different groups of Minor planets, e.g. Trojans. For selected (even inhomogeneous) group of Minor planets, parameters can be saved to the file or to use special Data Export.
- **Kirkwood gaps**
This is a part of Analysis of Minor planets parameters as a special Data Export. It shows graph of semimajor axes on quantity of minor planets. It can be found several gaps. They correspond to the location of orbital resonances with Jupiter.
- **Historical development**
This is a part of Analysis of Minor planets parameters as a special Data Export. It shows graph of year of discovery on quantity of minor planets.
- **Current location in the Solar system**
This is a part of Analysis of Minor planets parameters as a special Data Export. It shows location of selected group of minor planet, it is also possible to animate this one by increasing/decreasing of date.
- **Kepler's laws demonstration**
It is possible to view current (or for selected date) location in the Solar system for any Minor planet. On this image it is possible to demonstrate all Kepler's laws, including the location of focuses and the center of the ellipse, perihelion, aphelion, mainly the law of equal areas (using the interactive behavior with area calculation), and more.
- **Apparent magnitude of Minor planet calculation**
The image with location of Minor planet in Solar system shows calculated apparent magnitude for given Earth, Sun and minor planet configuration. This value should be also calculated from knowledge of the absolute magnitude and its distance from the Earth and the Sun.
- **Surface temperature of Minor planet estimation**
The image with location of Minor planet in Solar system shows estimated temperature in aphelion and perihelion. This approximate temperature should have the subject in that distance from the Sun.



Obr. 8.11: Anglická část stránky věnovaná planetkám

Stars

Hipparcos star catalog contains interesting data on more than one hundred thousand stars. Their parallax, apparent magnitude and color index can be used to construct Hertzsprung-Russell diagram (HRD). Coordinates of stars (right ascension and declination) can be used to determine which stars (or the constellation) are above the horizon, or when they will be most observable. A weekly updated copy of SIMBAD astronomical database can be used for HRD construction.

- **Online HR diagram**
Hertzsprung-Russell diagram generated directly from the Hipparcos star catalog or the SIMBAD astronomical database. It allows to view HR diagram for stars in selected distances and it displays the location of the selected stars in the diagram.
- **Sun below horizon**
Sunset and sunrise
Twilights
Graphical representation of the sun below the horizon to the chosen location for a selected time. It begins before sunset and ends after sunrise next day. There are highlighted all twilights.
- **(Circumpolar) constellations**
List of constellations visible at a given time and place on the sky including an indication of circumpolar constellations.
- **Length of (astronomical) night (equinox, solstice)**
For selected day it is calculated length of night (from sunset to sunrise) and length of astronomical night (interval, when the sun is more than 18° below the horizon). It is possible to demonstrate the situation for equinox whether night and day is really equal, it means both have 12 hours.
- **Sidereal and solar time**
For any star (if we know right ascension) it is possible to calculate the day of its best visibility, it means find the day when the star culminates in a given place at midnight. For this calculation it is suitable to know of the difference between sidereal and solar time.



Obr. 8.12: Anglická část stránky věnovaná hvězdám

Deep-sky objects

Two very famous catalogs (Messier and NGC) contain nearly eight thousand nebulae, star clusters and galaxies.

- **Nebulae, star clusters and galaxies on the sky**
For any time between sunset and sunrise it can be displayed sorted list of deep sky objects that can be observed. Objects are selected from the Messier and NGC catalog. For NGC list you can set the apparent magnitude limit. For each object the azimuth and elevation above the horizon is calculated.



Obr. 8.13: Anglická část stránky věnovaná plošným objektům

Na mezinárodní konferenci ICPE 2013 projevilo několik zahraničních účastníků zájem o tyto aplikace, proto předpokládám, že i nadále budu pracovat na tomto projektu a doplním anglickou část stránek o pracovní listy přeložené do anglického jazyka, aby jejich využití bylo komplexnější.

9 Pracovní úlohy

„Kdo chce sledovat pomocí číselných výpočtů charakter pohybů a oběhů, říkám, nezíská nic.“

Mikuláš Koperník, polský astronom a matematik

Staré čínské přísloví praví: „Řekni mi a já zapomenu, ukaž mi a já si zapamatuji, nech mne to udělat a já to pochopím.“ Přísloví je nadčasové, platí i v dnešní době, pouze se používá jiná terminologie, osvojit si kompetence. Motivaci žáků je možné zvýšit vytvořením úloh a jejich aktivním zapojením do výuky. Pokud si mohou sami vyzkoušet probírané učivo, lépe se jim vstřípí do paměti a dostaví se i snazší pochopení učiva. Plně se nabízí využití katalogů astronomických objektů, kde mohou žáci smysluplně pracovat s výpočetní technikou. Před samotným vytvářením úloh jsem si stanovil základní kritéria, která mají úlohy splňovat. Úloha musí smysluplně využívat data z katalogů astronomických objektů a měla by vést k rozvíjení kompetencí žáků. Měla by obsahovat praktickou činnost žáků, díky níž lze splnit další kritéria – atraktivnost a užitečnost. Výhodou úlohy bude samostatná použitelnost a budování mezipředmětových vztahů.

Pracovní listy kromě postupu obsahují i velké množství zvědavých otázek, které prohlubují pochopení probírané látky a pro učitele představují velmi cennou zpětnou vazbu. Díky ní může učitel přizpůsobit další výklad látky a upravit výuku aktuálním potřebám žáků.

Podle Macháčkovy učebnice Astrofyziky (2004) se žáci středních škol seznámí s následujícími pojmy a oblastmi astronomie: pohyby planet na obloze, hvězdná obloha, souhvězdí, otáčení hvězdné oblohy, viditelnost planet, hvězdná astronomie, charakteristiky hvězd – hvězdná velikost, paralaxa, vzdálenost hvězd, parsek, spektrum, HR diagram, typy hvězd, konečná stadia hvězd. Tyto pojmy si mohou žáci procvičit a osvojit v připravených pracovních listech. Učebnice má mnohem větší rozsah, než jaký se dá zvládnout během hodin fyziky věnovaných astrofyzice.

V Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (2007) se konkrétní zmínka o astronomii a astrofyzice bohužel neobjevuje. S ohledem na témata související s katalogy astronomických objektů se žáci středních škol mají ve fyzice seznámit se soustavou fyzikálních veličin a jednotek (soustava jednotek SI), v matematice s logaritmickými funkcemi, v informatice s tabulkovými kalkulátory a v geografii s tabulkami. V Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (2013) najdeme ve fyzice zmínku o vesmíru, kdy žáky čekají témata sluneční soustava (hlavní složky) a hvězdy (jejich složení). Očekávaným výstupem je odlišení hvězdy od planety na základě jejich vlastností.

9.1 Vytvoření pracovních listů

Na základě výše uvedených skutečností jsem vytvořil praktické úlohy, které vycházejí z katalogů astronomických objektů a využívají interaktivních aplikací popsaných v kapitole 8. Jedná se o úlohy na práci s HR diagramy, planetkami, Keplerovými zákony a noční oblohou (obsahuje západy, východy slunce, soumraky, sluneční a hvězdný čas a plošné objekty hvězdné oblohy).

Úlohy jsou vytvořeny ve formě pracovního listu pro žáka (viz příloha, kde jsou k dispozici PDF soubory pro okamžité vytisknutí a použití ve výuce) a metodického listu pro učitele.

9.2 Otestování pracovních listů

Vytvořením pracovních úloh moje aktivita zdaleka neskončila. Pracovní listy jsem ověřil na statisticky významném vzorku žáků nebo studentů. Opakované víceleté testování souborů se srovnatelnými respondenty, nejlépe v rámci homogenních skupin, je časově velmi náročné. Snažil jsem se tomuto ideálnímu stavu přiblížit. Na základě vyplněných pracovních listů jsem provedl jejich analýzu a vyhodnotil odpovědi účastníků.

Pracovní úlohy jsem průběžně testoval na vzorku žáků a studentů. Abych mohl snadno zvýšit počet testovaných osob a zároveň nemusel zasahovat do výuky na středních školách a gymnáziích, ukázalo se jako nejvýhodnější využít studenty vysokých škol. Zvolil jsem mnou vyučovaný výběrový předmět na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni s názvem Astronomie pro každého (AAO), kde je vyšší předpoklad různorodého zastoupení absolventů středních škol.

Ve dnech 16. až 18. dubna 2012 jsem ve dvou skupinách studentů provedl srovnání klasické (víceméně frontální) výuky s variantou, kdy studenti samostatně pracovali na počítači při provádění úkonů napsaných na pracovním listě. U obou skupin jsem pro vyhodnocení rozdílu použil srovnávacího a vyhodnocovacího dotazníku. Referenční (srovnávací) skupina měla celkem 42 studentů. Práce na počítači se účastnilo celkem 35 studentů, kteří odevzdali 34 vyplněných pracovních listů s tématem planety (viz kapitola 9.6).

Další testování pokračovalo na podzim 2012 s žáky plzeňského gymnázia a s dalšími studenty Západočeské univerzity.



Obr. 9.1: Ověření pracovního listu Keplerovy zákony 29. října 2012 na Gymnáziu Plzeň

Pracovní listy HR diagram (viz kapitola 9.4) a planety (viz kapitola 9.6) jsem otestoval dne 23. října 2012 s celkem 50 studenty navštěvujícími na Fakultě pedagogické předmět AAO. Této skupině studentů jsem dal před koncem hodiny standardizovaný test na zjištění rozvoje klíčových kompetencí, který jsem získal a konzultoval s Mgr. Lovasovou, Ph.D. z Katedry psychologie Západočeské univerzity v Plzni.



Obr. 9.2: Ověření pracovního listu Keplerovy zákony 29. října 2012 na Gymnáziu Plzeň

Pracovní list Keplerovy zákony (viz kapitola 9.5) jsem vyzkoušel s celkem 24 žáky plzeňského gymnázia na Mikulášském náměstí ve dnech 29. října 2012 a 5. listopadu 2012. V uvedené dny se vždy jednalo o polovinu třídy sexty víceletého gymnázia odpovídající 2. ročníku střední školy. Výuka se konala 3. a 4. vyučovací hodinu v počítačové učebně v rámci laboratorních cvičení z fyziky. Každý žák seděl u svého počítače. V první hodině žáci vyplnili během deseti minut srovnávací dotazník. Formou prezentace jsem žákům připomenul jednotlivé Keplerovy zákony, aplikoval třetí Keplerův zákon při určování hmotnosti černé díry v centru naší Galaxie a upozornil na některé zajímavosti ze světa objevování planetek. Ve druhé části jsem představil stránky Astronomia a zaměřil se hlavně na interaktivní online aplikace související s pracovním listem. Po přestávce následovalo ve druhé vyučovací hodině vypracování pracovního listu, žáci dostali k dispozici 30 minut (na jeden bod v pracovním listě bylo zhruba 5 minut; tuto informaci jsem žákům řekl, aby si lépe rozvrhli čas na vypracování). Před koncem hodiny jsem žákům rozdál vyhodnocovací dotazník, na který měli 10 minut.



Obr. 9.3: Ověření pracovního listu Keplerovy zákony 5. listopadu 2012 na Gymnáziu Plzeň

Dne 30. října 2012 jsem pracovní list Keplerovy zákony při stejném časovém harmonogramu otestoval s 53 studenty Západočeské univerzity v rámci předmětu AAO. Seminář se konal v počítačové učebně, přičemž počet počítačů v místnosti byl bohužel menší než počet studentů. U jednoho počítače byl jeden až tři studenti, na některé studenty počítač nevybyl, ti se pak snažili řešit úlohu bez výpočetní techniky nebo s použitím informací, které jsem jim promítal dataprojektorem na plátno.

Pracovní list Noční obloha (viz kapitola 9.7) jsem ověřil s celkem 25 žáky plzeňského gymnázia na Mikulášském gymnáziu ve dnech 29. října 2012 a 5. listopadu 2012. Testování proběhlo během páté a šesté vyučovací hodiny předmětu Informatika a výpočetní technika vždy v polovině třídy. Každý žák měl k dispozici svůj počítač.



Obr. 9.4: Ověření pracovního listu Noční obloha 29. října 2012 na Gymnáziu Plzeň

V první hodině žáci vyplnili během deseti minut srovnávací dotazník. Formou prezentace jsem žákům připomenul vznik ročních období, objasnil situaci okolo západů a východů slunce včetně soumraků. Ve druhé části jsem představil stránky Astronomia a zaměřil se hlavně na interaktivní online aplikace související s pracovním listem. Po přestávce následovalo ve druhé vyučovací hodině vypracování pracovního listu, žáci dostali k dispozici 30 minut (na jeden bod v pracovním listě bylo zhruba 6 minut; tuto informaci jsem žákům řekl, aby si lépe rozvrhli čas na vypracování). Před koncem hodiny jsem žákům rozdál vyhodnocovací dotazník, na který měli 10 minut.



Obr. 9.5: Ověření pracovního listu Noční obloha 5. listopadu 2012 na Gymnáziu Plzeň

Stejný pracovní list jsem ve stejném časovém sledu otestoval 30. října 2012 s 55 studenty Západočeské univerzity v rámci předmětu AAO. Seminář se ten den konal v počítačové učebně. Počet počítačů v místnosti bohužel nedostačoval počtu studentů. U jednoho počítače tak byl jeden až tři studenti. Na některé počítač nevyšel, ti se pak snažili řešit úlohu bez výpočetní techniky nebo s použitím informací, které jsem promítal dataprojektorem na plátno. Ukázalo se, že počítač je pro řešení tohoto typu úloh důležitý. Bez něj nelze většina bodů z pracovního listu vyplnit.



Obr. 9.6: Ověření pracovního listu *Noční obloha 30. října 2012* na Západočeské univerzitě

Srovnávací a vyhodnocovací dotazník se mi podařilo otestovat 11. června 2012 i v rámci výběrového soustředění astronomické olympiády konaného na Hvězdárně v Rokycanech. Celkem se soustředění účastnilo 19 žáků z celé České republiky, přičemž se jednalo o žáky, u kterých jsem předpokládal vyšší astronomické znalosti, než jsou u běžné populace. Z účastníků tohoto soustředění se totiž vybírali reprezentanti ČR na XVII. Mezinárodní astronomickou olympiádu konanou v říjnu 2012 v Gwangju (Jižní Korea), odkud následně přivezli jednu stříbrnou a čtyři bronzové medaile.



Obr. 9.7: Účastníci výběrového soustředění astronomické olympiády na Hvězdárně v Rokycanech, foto J. Kožuško

Pro své potřeby během testování úloh a hlavně pro potřeby učitelů, kteří by si praktické úlohy chtěli vyzkoušet se svými žáky, jsem vytvořil metodické listy pro učitele, které obsahují správné řešení a další doplňující informace potřebné pro zdárné a efektivní provedení úloh.

9.3 Analýza pracovních úloh

Pracovní úlohy jsem testoval v dubnu, v říjnu a v listopadu 2012 na žácích víceletého gymnázia a studentech vysoké školy. Praktická realizace úloh byla uskutečněna za jistých kompromisních podmínek. Některé účastníky jsem měl

většinou k dispozici pouze omezený čas, a proto jsem nezbytnou teorii i samotné provádění pracovních úloh musel stihnout během dvou vyučovacích hodin (po 45 minutách), což se z časového hlediska ukázalo v některých situacích jako nedostačující. Některé výsledky, zejména závěrečné body v pracovních listech, mohou být tímto ovlivněné a závěry mírně zkreslené.

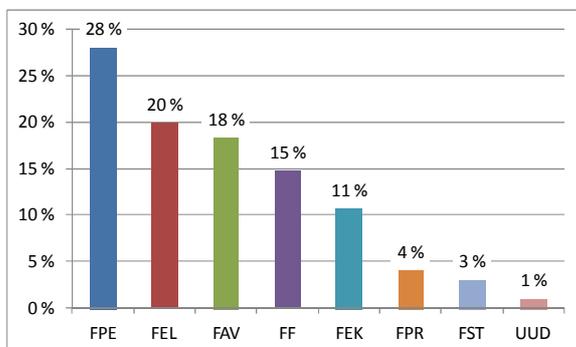
Gymnázium

Testování dvou úloh (Keplerovy zákony a Noční obloha) se zúčastnilo celkem 49 žáků kvinty a sexty osmiletého gymnázia (odpovídá prvnímu či druhému ročníku střední školy) – 22 % dívek a 78 % chlapců. Gymnázium je orientované na přírodní vědy.

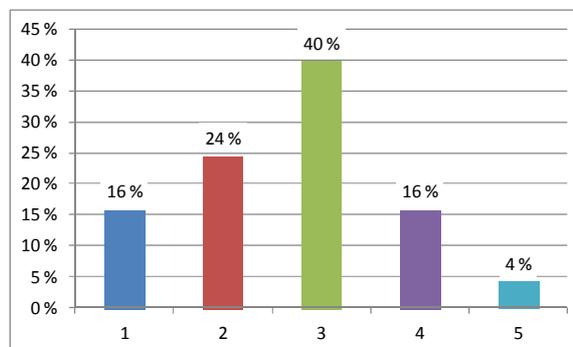
Vysoká škola

Kromě žáků gymnázia jsem pro testování využil i výuku studentů vysoké školy. Celkem se testování čtyř praktických úloh (planetky, HR diagram, Keplerovy zákony a Noční obloha) zúčastnilo 204 studentů. Pro srovnání klasické hodiny s hodinou realizovanou na počítači s pracovními listy jsem využil výuku, kterého se zúčastnilo celkem 77 studentů.

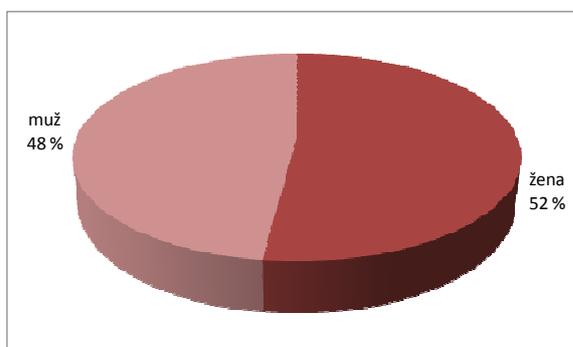
Nejvíce studentů bylo z Fakulty pedagogické (28 %), následované Fakultou elektrotechnickou (20 %) a Fakultou aplikovaných věd (18 %). Na čtvrtém místě byla Fakulta filozofická (15 %) a první pětici uzavírala Fakulta ekonomická s jedenácti procenty. Zastoupení ostatních fakult (právníká, strojní) a ústavu umění a designu bylo nevýrazné, pohybovalo se mezi 1 a 4 %. Jednalo se převážně (64 %) o studenty druhého nebo třetího ročníku. Zastoupení pohlaví bylo odlišné od situace na gymnáziu, zde převládaly ženy (52 %) nad muži (48 %).



Obr. 9.8: Zastoupení fakult na testování



Obr. 9.9: Ročník testovaných studentů



Obr. 9.10: Zastoupení mužů a žen mezi studenty

9.4 Pracovní list: HR diagram

HR (Hertzsprungův–Russellův) diagram měl velký význam pro objasnění stavby a evoluce hvězd. HR diagram jednak zachycuje momentální statický obrázek zastoupení jednotlivých typů hvězd v daném prostoru, s ohledem na dynamiku hvězdné evoluce však ukazuje i další souvislosti. Pozice hvězdy v HR diagramu není stálá a neměnná, ale pouze dočasná. V průběhu hvězdného vývoje se mění efektivní teplota hvězd, tím i jejich zářivý výkon, a hvězdy se v HR diagramu posouvají. Poměrně dlouhou dobu zůstávají na hlavní posloupnosti, postupem času se ovšem přesouvají do oblasti obrů a po skončení termojaderných reakcí končí jako bílí trpaslíci nebo neutronové hvězdy či černé díry²⁰. Je zřejmé, že HR diagram má ve výuce klíčovou roli v tématu hvězdy a jejich evoluce. Kromě ukázek HR diagramů je určitě mnohem přínosnější, pokud žáci s HR diagramem pracují, než když jim ho učitel ukáže pouze ve formě neměnného obrázku.

Při analýze (zejména porovnání) vzniklých HR diagramů žáci narazí na výběrový efekt a měli by si jeho přítomnost uvědomit. Úlohu lze nadále rozdělit na dvě části. V první části se seznámí s katalogem hvězd, s hvězdnou velikostí, spektrální třídou a barevným indexem. Vyberou si libovolné hvězdy, které si zobrazí v HR diagramu a určí jejich typ. Ve druhé části budou porovnávat HR diagramy různě vzdálených hvězd. Žáci zde mohou uplatnit zpětnou vazbu, z teoretického výkladu z hodiny totiž vědí, jak má HR diagram vypadat.

9.4.1 Cíle

Žák aplikuje znalosti z informatiky při řešení úloh.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o logaritmech).

Žák získá správnou představu o stavové podobě HR diagramu.

Žák určí typ hvězdy na základě jejího umístění na HR diagramu.

Žák umí hledat informace na internetu a hodnotit jejich správnost.

Žák pochopí závislost mezi zářivým výkonem, efektivní teplotou hvězdy a jejím poloměrem.

Žák prohloubí své kompetence při práci s grafy, porovnávání části grafu a vyvozování závěrů.

Žák se seznámí s novými pojmy: souhvězdí, hvězdná velikost, zářivý výkon, hvězda hlavní posloupnosti, červený obr, bílý trpaslík.

9.4.2 Zadání

1. Seznamte se s Rozšířeným vyhledáváním katalogu hvězd Hipparcos dostupným na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz → Hvězdy → Katalogy → Katalog Hipparcos).

Otázka: Jaký je rozsah pozorovaných hvězdných velikostí (V_{mag}) uložených v katalogu?

²⁰ Dvě posledně jmenovaná závěrečná stádia hvězd již v HR diagramu nejsou obvykle zachycena.

2. Vyberte si jedno souhvězdí (lze pomocí našeptávače v katalogu nebo ze seznamu souhvězdí na stránce Souhvězdí) a zobrazte si z katalogu seznam hvězd seřazených dle jasnosti od nejjasnější po nejslabší.

Otázka: Jaké souhvězdí jste si vybrali? Jaké je označení a jméno dvou nejjasnějších hvězd v souhvězdí? Jaké jsou jejich hvězdné velikosti?

3. Ze seznamu hvězd vyberte tři hvězdy, u kterých zobrazte jejich polohu v HR diagramu a určete, o jaký typ hvězdy se jedná a zda je jasnější než Slunce.

Otázka: Jaké hvězdy jste zvolili, jakého jsou typu? Rozhodněte, zda jsou jasnější než Slunce. Vypište do tabulky.

Označení (jméno) hvězdy	Typ hvězdy	Absolutní hvězdná velikost
HIP		
HIP		
HIP		

4. Zobrazte HR diagram pro hvězdy do 100 pc (blízké hvězdy).
Zobrazte HR diagram pro hvězdy od 100 do 400 pc (vzdálené hvězdy).

Otázka: Je mezi HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd rozdíl? Proč? Zdůvodněte.

V závěru popište průběh řešení úlohy, zmiňte problematická místa, nesnáze při provádění úlohy. Je možné navrhnout vylepšení.

9.4.3 Metodické informace k úloze

Pracovní list HR diagram byl ověřen 50 studenty Západočeské univerzity dne 23. října 2012 v rámci předmětu Astronomie pro každého v počítačové učebně.

1. Žáci se seznámí s rozšířeným vyhledáváním v katalogu hvězd Hipparcos na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz → Hvězdy → Katalogy → Katalog Hipparcos a SIMBAD). Pomocí rozšířeného vyhledávání lze hledat údaje k většímu množství hvězd současně. Výsledek vyhledávání lze omezit různými parametry, řazení může být podle libovolného parametru vzestupně nebo sestupně. Výsledek lze zobrazit ve formě tabulky na stránce nebo uložit jako CSV soubor.

The screenshot shows the 'Katalog Hipparcos' search interface. The search form is titled 'Rozšířené vyhledávání' and includes the following parameters:

Zobrazit	Seřadit	Sloupec	Omezení	Vysvětlení
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HIP	od [] do []	Identifikátor (číslo HIP) (H1)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Souhvězdí	[]	Souhvězdí (přítka, český, latinský název)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vmag	od [] do []	mag Johnsonova hvězdná velikost V (H5)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RAdeg	od [] do []	° Rektascenze α ve * (J1901 25) (H8)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEdeg	od [] do []	° Deklinace δ ve * (J1901 25) (H9)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PIX	od [] do []	mas Trigonometrická paralaxa (H11)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pmRA	od [] do []	mas/V Vlastní pohyb v RA μ s. (ICRS) (H12)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pmDE	od [] do []	mas/V Vlastní pohyb v RA μ s. (ICRS) (H13)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	B-V	od [] do []	mag Johnsonův barevný index B-V (H37)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HD	od [] do []	HD číslo III135 (H71)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SpTyp	[]	Spektrální typ (H70)

At the bottom of the form, there are buttons for 'Výsledky', 'Smazat', and 'Hledej'. The 'Počet záznamů' is set to 50, and the 'Formát výstupních dat' is set to 'tabulka'.

Obr. 9.11: Rozšířené vyhledávání v katalogu Hipparcos

Otázka: Jaký je rozsah pozorovaných hvězdných velikostí (Vmag) uložených v katalogu?

Formulář rozšířeného vyhledávání obsahuje informaci o minimální a maximální hodnotě všech parametrů u položek „od“ a „do“. Stačí nad nimi podržet kurzor myši. Tímto způsobem žáci mohou zjistit, že minimální hodnota je $-1,44$ mag, maximální hodnota je $+14,08$ mag. Někteří žáci by mohli uvést (nebo se jich učitel na to může zeptat), že minimální hodnota pozorované hvězdné velikosti patří nejjasnější hvězdě na noční obloze – Sírius. Naopak maximální hodnota (v absolutní hodnotě, jinak je vhodné si uvědomit, že u hvězdné velikosti z historických důvodů platí: vyšší hvězdná velikost znamená nižší jasnost hvězdy) je daleko za hranicí pozorovatelnosti pouhým okem.

Celkem 86 % účastníků vyplnilo nějakou odpověď. Více než tři čtvrtiny všech uvedlo správnou odpověď, tzn. $-1,44$ mag až $14,08$ mag.

Následuje výpis odpovědí od účastníků:

1. $-1,44$ až $14,08$
2. $-1,44$ až $14,8$
3. Polárka $1,97$; Sírius $-1,44$; Aldebaran $0,87$
4. Žirafa, $4,03$ až $7,03$

Správná odpověď 1 se objevila 38krát. I tak není úplně fyzikální korektní, protože chybí za číselnými údaji jednotka, nicméně u hvězdné velikosti jde tolerovat její bezrozměrnost. Odpověď 2 jsem považoval za chybnou, byť se pravděpodobně jedná o překlep, objevila se u dvou účastníků, způsobené tím, že účastníci sdíleli počítače. U odpovědi 3 si nedokážu zdůvodnit, jaký podnět vedl k této odpovědi.

Je sice špatná, neodpovídá na otázku, ale uvedené pozorované hvězdné velikosti u vyjmenovaných hvězd jsou správné. Odpověď 4 se také objevila u 2 účastníků, obsahuje správný interval pozorovaných hvězdných velikostí pro souhvězdí Žirafa, ale jako správnou odpověď to nelze považovat.

2. Žáci si dle vlastního uvážení vyberou jedno souhvězdí. Pro tento výběr mohou použít našeptávače v katalogu (formulářová okna s našeptávačem mají žluté podbarvení) nebo si mohou vybrat ze seznamu souhvězdí na stránce Souhvězdí. Pro zvolené souhvězdí si z katalogu zobrazí seznam hvězd seřazených dle jasnosti od nejjasnější po nejslabší. To, že jasnější nebeská tělesa mají menší hvězdnou velikost, má historické důvody. Ptolemaios označil nejjasnější hvězdy jako hvězdy první velikosti a nejslabší jako hvězdy šesté velikosti. Pokud chceme získat seznam nejjasnějších hvězd, musíme zvolit řazení od nejmenších čísel, tzn. vzestupně.

Otázka: Jaké souhvězdí jste si vybrali? Jaké je označení a jméno dvou nejjasnějších hvězd v souhvězdí? Jaké jsou jejich hvězdné velikosti?

Pro snadnou kontrolu pracovního listu uvedou žáci, jaké souhvězdí si vybrali. Mohou uvést, co je k výběru vedlo. Otázka ohledně označení a jména dvou nejjasnějších hvězd v souhvězdí včetně informace o jejich pozorované hvězdné velikosti souvisí s následující záležitostí, kterou můžeme žákům jako zajímavost říct: německý astronom Bayer označoval v Uranometrii (1603) hvězdy řeckými písmeny podle jejich hvězdné velikosti. Ukazuje se, že v některých případech neodpovídá pořadí řecké abecedy s jasností hvězd. Bayer musel své pozorování činit bez použití dalekohledu, ten přišel na svět až v roce 1609.

Orion	β Ori (Rigel) = 0,12 mag	α Ori (Betelguese) = 0,45 mag
Blíženci	β Gem (Pollux) = 1,16 mag	α Gem (Castor) = 1,58 mag
Vozka	α Aur (Capella) = 0,08 mag	β Aur (Menkalinan) = 1,9 mag
Býk	α Tau (Aldebaran) = 0,87 mag	β Tau (Alnath) = 1,65 mag

Další příklady mohou nalézt sami žáci.

Celkem 88 % účastníků zvolilo nějaké souhvězdí. Mezi nejčastější výběr patří Andromeda (12krát), Orel (9krát) a Lištička (4krát). Další souhvězdí jsou v počtu maximálně několika jednotek – Malý medvěd, Jižní kříž, Rydlo, Koníček, Vodnář, Žirafa, Honící psi, Malý vodní had, Kasiopea a Blíženci. V řadě případů byla špatně vyplněna druhá nejjasnější hvězda ve vybraném souhvězdí, případně nesprávně odečtena pozorovaná hvězdná velikost. V jednom případě účastník uvedl seznam hvězd seřazených podle písmen řecké abecedy, nikoli podle pozorované hvězdné velikosti, což nemusí být ekvivalentní. To se u některých souhvězdí skutečně stává. Jeden účastník bez dalšího popisu uvedl jako odpověď (z části nesprávnou), cituji: „*Malý vůz, Polárka*“. Neměl sice dle jeho slov k dispozici počítač, ale není to v tomto případě na omluvu, souhvězdí Malého vozu neexistuje.

3. Ze seznamu hvězd vybraného souhvězdí vyberou žáci tři hvězdy, u kterých zobrazí jejich polohu v HR diagramu. Ten lze zobrazit tak, že v seznamu hvězd kliknou na odkaz ve sloupci HIP. Tím se jim zobrazí dvě tabulky s údaji o hvězdě –

horní je z katalogu Hipparcos, spodní je z pravidelně aktualizované astronomické databáze SIMBAD. V posledním sloupci s názvem HRD je obrázek. Po kliknutí na něj se vykreslí HR diagram s vyznačenou polohou vybrané hvězdy a Slunce. Pro určení typu hvězdy je u HR diagramu k dispozici zobrazení popisků jednotlivých oblastí (hlavní posloupnost, bílí trpaslíci, obři, veleobři a další).

Otázka: Jaké hvězdy jste zvolili, jakého jsou typu? Rozhodněte, zda jsou jasnější než Slunce. Vypište do tabulky.

Do tabulky v pracovním listě uvedou žáci označení (katalogové číslo) vybraných hvězd včetně jejich jména, pokud jej mají. U každé hvězdy si žáci zobrazí její polohu v HR diagramu a určí typ podle polohy hvězdy v diagramu. Mohou porovnat číselné označení typu (např. pro hvězdy hlavní posloupnosti se používá V, pro obry III apod.), které by mělo odpovídat znakům v označení spektrální třídy.

Absolutní hvězdnou velikost M lze určit přes modul vzdálenosti, pokud známe vzdálenost hvězdy r v parsecích a pozorovanou hvězdnou velikost m

$$M = m + 5 \cdot (1 - \log r), \quad (9.1)$$

kde vzdálenost r (v parsecích) určíme jako převrácenou hodnotu paralaxy π (v obloukových vteřinách). Vypočítanou absolutní hvězdnou velikost lze orientačně zkontrolovat na svislé ose polohou hvězdy v HR diagramu.

Příklad vyplněné tabulky v pracovním listu při zvolení souhvězdí Orion:

Označení (jméno) hvězdy	Typ hvězdy	Absolutní hvězdná velikost
HIP 24436 (Rigel)	veleobr, lab	-6,8 mag, jasnější
HIP 27989 (Betelgeuse)	veleobr, lab	-5,2 mag, jasnější
HIP 25930 (Mintaka)	nadobr, II	-5,0 mag, jasnější

Absolutní hvězdná velikost Slunce je 4,83 mag. Pokud jsou vybrané hvězdy jasnější, musí mít absolutní hvězdnou velikost menší. Pro hvězdnou velikost platí, že objekt je jasnější, pokud má menší hodnotu hvězdné velikosti. Při pohledu do tabulky zjistíme, že všechny vybrané hvězdy jsou jasnější než Slunce. A to o více než 10 mag, tzn. více než 10 000krát. Magnituda je logaritmická jednotka, u které platí, že 1 mag rozdílu jasnosti odpovídá jasnostem v poměru 2,512:1 (Pogsonův poměr). Pro n získáme poměr ze vztahu $2,512^n$.

Tento bod byl pro testované obtížným bodem v pracovním listu, jeho náročnost se projevila na výsledku, ale i v hodnocení úlohy účastníky. Žádný pracovní list neobsahoval odpověď, za kterou bych mohl udělit plný počet bodů. Přesto lze najít 26 % pracovních listů, kde byl alespoň náznak správného řešení. Pouze jeden pracovní list obsahoval správně vypočítané absolutní hvězdné velikosti zvolených

hvězd, už zde bohužel nebylo srovnání jejich hodnot se Sluncem. Zadání (pracovní list) záměrně neobsahuje vztah pro výpočet absolutní hvězdné velikosti. Bylo tedy na účastnících, jak ji zjistí. Buď výpočtem nebo odečtením hodnoty z polohy hvězdy v HR diagramu. Na tomto diagramu lze i rozhodnout, zda je hvězda jasnější než Slunce či nikoli. Stačí pouze určit, zda se zvolená hvězda nachází nad nebo pod polohou Slunce. Ukazuje se, že kompetence studentů v práci s grafy není příliš rozvinutá. Studenti neumí s grafy efektivně pracovat a schopnost číst z grafu jednotlivé údaje je nízká.

Účastníci si vybírali následující hvězdy:

1. <i>Altair, Tarazed</i>	2krát
2. <i>Altair, Tarazed, Deneb</i>	1krát
3. <i>HIP 21770, 23595, 21861</i>	1krát
4. <i>HIP 677, 5447, 9640</i>	2krát
5. <i>HIP 97649, 97278, 93747</i>	2krát
6. <i>Mirach, Sirius, Anser</i>	4krát
7. <i>Polárka, Sirius, Merfid</i>	1krát
8. <i>Polárka, Sirius, Mofrid</i>	2krát
9. <i>Polárka, Sirius, Mufrid</i>	2krát
10. <i>Polárka, Sirius, Pollux</i>	1krát

Některým účastníkům činily potíže správně opsat název hvězdy, jak je vidět u odpovědi číslo 7 a 8, hvězda se jmenuje Mufrid, nachází se v souhvězdí Pastýře.

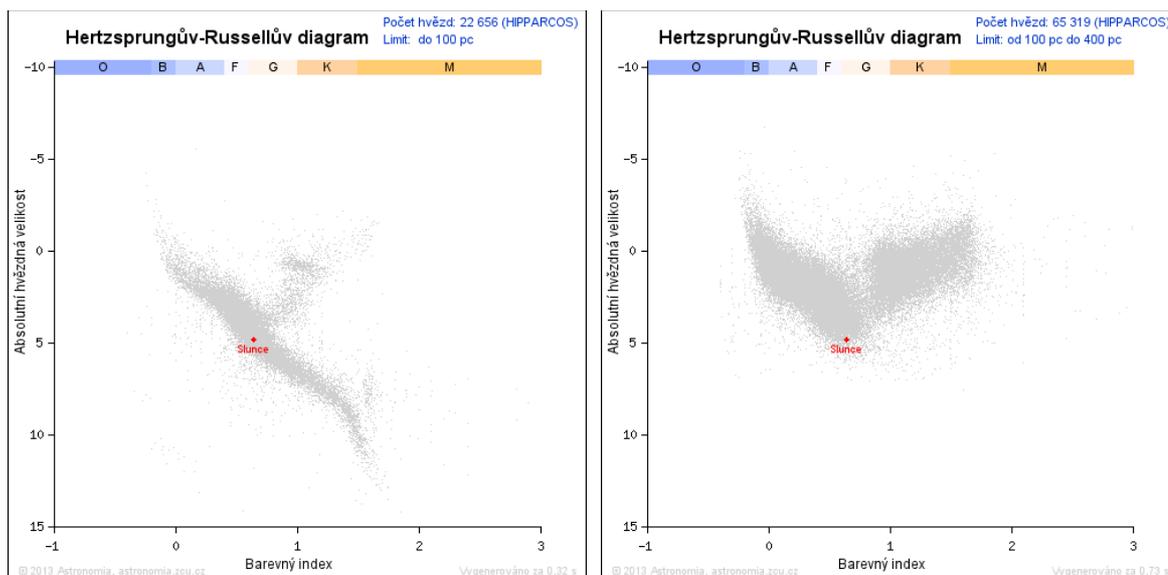
U typu hvězdy účastníci většinou uváděli informaci, která se nachází ve sloupci Typ v tabulce z databáze SIMBAD, tzn. zda se jedná o proměnnou hvězdu, dvojhvězdu apod. Záměrem této části úkolu (určení typu hvězdy – hlavní posloupnost, obr, velebobr, bílý trpaslík) ale bylo donutit účastníky, aby pracovali s HR diagramem, zejména orientaci v jednotlivých oblastech diagramu. Pro ulehčení je k dispozici u online aplikace zapnutí popisku v grafu. Pouze ve dvou případech (představuje 4 %) je uveden typ hvězdy zjištěný z HR diagramu. Pravděpodobně by bylo vhodné doplnit pracovní list o poznámku, jaký typ hvězdy je požadován.

Ve třech případech byla správně určena absolutní hvězdná velikost hvězd. Většinou ale účastníci uváděli pozorovanou hvězdnou velikost, kterou snadno opsali z tabulky u vybrané hvězdy. Je zřejmé, že účastníci příliš nerozlišují mezi pozorovanou a absolutní hvězdnou velikostí.

4. Žáci si postupně zobrazí HR diagram pro hvězdy do 100 pc (blízké hvězdy) a pak HR diagram pro hvězdy od 100 do 400 pc (vzdálené hvězdy). To lze udělat formulářem „zobrazit hvězdy ve vzdálenosti od...do...“ výběrem příslušných vzdáleností. U blízkých hvězd se pro vytvoření HR diagramu použije 22 656 hvězd, u vzdálených hvězd je jich 65 319. I při tomto obrovském počtu hvězd trvá online vykreslení diagramů maximálně několik sekund.

Otázka: Je mezi HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd rozdíl? Proč? Zdůvodněte.

Mezi HR diagramy je velký rozdíl. U HR diagramu blízkých hvězd se nám zobrazí téměř celá hlavní posloupnost. U HR diagramu vzdálených hvězd se naopak objevují hvězdy s barevným indexem 0–2 a absolutní hvězdné velikosti větší než +5, převládají obři. Naopak zcela chybějí bílí trpaslíci a méně jasné hvězdy.



Obr. 9.12: HR diagramy blízkých (vlevo) a vzdálených (vpravo) hvězd

Uplatňuje se zde výběrový efekt, jev, který vzniká tím, že při studiu daného souboru se z objektivních příčin preferují prvky určitých vlastností. Je nutné si tuto skutečnost uvědomit a nedělat na základě zobrazených grafů předčasné závěry. Představme si následující situaci: „Jsme rybáři a lovíme na mělčině. Máme k dispozici síť s velikostí ok 10 cm. Na mělčinu nepřiplouvají žádné velké ryby, takže jsme žádnou neulovili. Naopak malé, několikacentimetrové rybky se v naší síti nezachytí. Během celého rybolovu jsme nalovili tuny ryb (mohlo by se zdát, že máme velký vzorek dat), ale všechny mají rozměry 20 cm až 50 cm.“ Jaký z toho můžeme učinit závěr? V moři nežijí ani velké, ani malé ryby! Není ovšem tento úsudek špatný? Podobně špatný úsudek bychom mohli učinit při pohledu na HR diagram vzdálených hvězd, kde nám chybějí méně jasné hvězdy a naopak se objevilo více obrů. Když si ovšem uvědomíme existenci výběrového efektu, naše úsudky můžeme poopravit.

Jedná se o další náročný úkol tohoto pracovního listu. HR diagram pro různě vzdálené hvězdy zobrazí účastníkům online aplikace na stránkách Astronomie. Rozdíl si účastníci všimnou na první pohled, je dost výrazný. Jestliže ve své odpovědi uvedli, že rozdíl je, ohodnotil jsem to tím, že mají ze čtvrtiny splněný úkol. To se povedlo celkem 56 % účastníků. Pouze jeden účastník uvedl i rozumné vysvětlení (viz odpověď 7).

Následují odpovědi účastníků:

1. Ano, je mezi nimi rozdíl.
2. Ano, blízké hvězdy kopírují křivku hlavní posloupnosti, nejvíce jich je kolem Slunce, u vzdálených hvězd pozorujeme spíše "půlkruh" kolem Slunce, blíží se spíše k nulté absolutní hvězdné velikosti
3. Ano, je mezi nimi rozdíl, v množství hvězd, ve vzdálenosti
4. Ano, je mezi nimi rozdíl. Rozdíl je v počtu hvězd, ve vzdálenosti, do 100 pc jich je méně.
5. Ano, je tu rozdíl. V množství zobrazených hvězd v diagramu.
6. Ano, je tu rozdíl. Rozdíl je mezi množstvím bližších a vzdálených hvězd.
7. Ano, mezi hvězdy do 100 pc jsou i hvězdy s větší absolutní velikostí, když jsou hvězdy blíže vidíme i míň jasné.
8. Ano, rozdíl abs.hv.velikosti – jiné rozložení.

9. *Ano, rozdílný vývoj hvězd v různých oblastech vesmíru*
10. *Ano, v případě blízkých hvězd kopírují křivku hlavní posloupnosti, nejvíce jsou kolem Slunce; vzdálené jsou od Slunce dál, jejich hvězdná velikost se blíží nule.*
11. *Blízké – vypadá jako mlok na zádech; vzdálené – vypadá jako šílená labuť.*
12. *HR diagram blízkých hvězd je pravděpodobně přesnější, není tak nakupený do jednoho bodu jako HR diagram hvězd vzdálených.*
13. *Je, do vzdálenosti 100 pc jsou vidět převážně hvězdy seskupené podél hlavní posloupnosti.*
14. *Je, jsou vidět hlavně hvězdy kolem hlavní posloupnosti do 100 pc*
15. *Rozdíl je patrný. Nemám tušení proč.*
16. *Rozdíl je ve viditelnosti, nevím.*
17. *U bližších hvězd se u HR diagramu objevilo více kusů s větší absolutní hvězdnou velikostí.*

Ostatní odpovědi jsou nesprávné. Účastníci většinou uvádějí jako důvod množství hvězd, už si pravděpodobně neuvědomují, že nemáme srovnatelně velké oblasti. Objemově je mezi nimi rozdíl více jak šedesátinásobný. Množství hvězd je vyšší jen téměř trojnásobně. Do 100 pc má jedna hvězda v průměru prostor okolo sebe o velikosti krychle o hraně 6 pc. Mezi 100 pc až 400 pc je to 16 pc. Z výše uvedeného je zřejmé, že počet známých hvězd je ve větší oblasti neúměrně málo, a proto některé chybí. I tímto způsobem by účastníci mohli dojít k vysvětlení spočívající ve výběrovém efektu. Odpověď 9 poukazuje na rozdílný vývoj hvězd v různých částech vesmíru. To je sice pravdivé tvrzení, při pohledu do vesmíru se díváme do minulosti z důvodu konečné rychlosti světla. Nicméně v tomto případě hovoříme o řádu stovek let, což je ve vývoji vesmíru nebo hvězd naprosto zanedbatelné. Odpověď 12 zmiňuje otázku přesnosti určení vzdálenosti. Odpověď 11 je naopak vtipná, popisující tvar HR diagramů hvězd různých vzdáleností.

Z. Zpětné vazby v podobě komentáře v závěru jsem se dočkal od třetiny studentů.

Řada účastníků si oprávněně stěžuje na nedostatek počítačů v učebně. Je evidentní, že tento typ úloh bez počítačů nelze efektivně řešit.

1. *Neměli jsme přístup na net.*
2. *Problémem bylo, že jsme neměli přístup k internetu, tudíž jsme celý úkol nemohli vyřešit.*
3. *Neměl jsem přístup k PC.*
4. *Neměl jsem počítač, jestli by se dalo vylepšit počet míst v posluchárně.*

Okolo 14 % účastníků si stěžuje na nedostatek času. Účastníci měli na vypracování pracovního listu 20 minut, tzn. na každý bod 5 minut. Zlepšení situace by nastalo, pokud by byli účastníci již dopředu seznámeni s prostředím stránek Astronomia.

5. *Špatná orientace ve zkratkách a jejich významech.*
6. *Nejprve jsme se potřebovaly zorientovat v programu, posléze už jsme na žádné závažné problémy nenarazily.*
7. *Nemohl jsem najít HR diagramy, pro mě nepřehledné, vidím to poprvé.*
8. *Nevím, o co jde. Chybí teoretické znalosti.*
9. *Chvilí trvá, než se zorientujeme v pro nás neznámém programu, proto možná malinko delší časový limit by neškodil.*

Během provádění praktické úlohy mohou nastat některé situace, na které by měl být učitel připraven: nedostatek času (žáci mohou některé části dokončit jako domácí úkol), nefunkční internet (učitel může mít dopředu připravené obrázky z webové aplikace a s žáky pouze nad nimi diskutovat), nefunkční webové stránky Astronomia či nedostupnost počítačové učebny. Bez výpočetní techniky postrádá tato úloha smysl, hlavní význam spočívá v použití katalogů astronomických

objektů a následná práce s daty; plnohodnotná modifikace úlohy bez použití počítače není bohužel možná. Tento výpadek lze nahradit pouze částečně, a to předem připravenými obrázky.

Na žáky nejsou obecně kladeny vysoké nároky na znalosti, nicméně pro hladký průběh hodiny doporučuji následující vědomosti:

- základní znalost práce s prohlížečem a internetem (vlození adresy)
- základní znalost aplikace Excel (není nutná, lze použít pro výpočet absolutní hvězdné velikosti – tzn. vložení vzorců do buněk)
- základní znalost astronomických pojmů (hvězdná velikost, paralaxa, HR diagram, typy hvězd)

Tato úloha má alternativu v podobě sestavení HR diagramu přímo z dat z katalogu hvězd v tabulkovém procesoru Excel. Podrobný popis je uveden v kapitole 9.8.

9.5 Pracovní list: Keplerovy zákony

Keplerovy zákony jsou tři fyzikální zákony popisující pohyb planet kolem Slunce. Jejich platnost je však mnohem obecnější, platí pro pohyb libovolného tělesa v centrálním silovém poli. Můžeme si položit otázku, zda jsou Keplerovy zákony důležité i nyní, kdo a kdy je bude ve své praxi používat. Možná by bylo ale pro žáky zajímavější se podívat na to, jak na ně Kepler přišel. Žák by se měl naučit, jak se hledá pravda, ale ne vždy je to možné. Může to být obtížné nebo zdlouhavé. Keplerovy zákony mají širší význam, neboť poznatky o sluneční soustavě patří mezi nejdůležitější poznatky lidské kultury. Zároveň by si měl žák uvědomit, že oběžná doba se dá vypočítat, není to nic náhodného a nevyzpytatelného. Vědomí poznatelnosti a předvídatelnosti přírody nás odlišuje od středověkého nebo nevzdělaného člověka.

Žáci mohou při studiu těchto zákonů sledovat vývoj lidského poznání sahající od Ptolemaia, Koperníka, Keplera až k Newtonovi, který odvodil svůj gravitační zákon právě na základě Keplerových zákonů. I v současné fyzice mají Keplerovy zákony svůj význam. Před lety byla objevena hvězda obíhající okolo centra naší Galaxie po výstřední trajektorii s oběžnou dobou 15,6 roku. Díky Keplerovým zákonům byla odhadnuta hmotnost černé díry s velkou hmotností²¹, která je v centru naší Galaxie.

Neméně zajímavá je skutečnost, že se Kepler při svém objevu opíral o data, která pořídil Tycho Brahe. Tento dánský astronom je považován za nejlepšího a nepřesnějšího pozorovatele hvězdné oblohy, jenž byl překonán až šedesát let po vynalezení dalekohledu. Zároveň i volba objektu byla povedená – planeta Mars, která má mezi planetami druhou největší výstřednost své dráhy.

Pracovní list věnovaný Keplerovým zákonům se je snaží přiblížit žákům intuitivní formou tak, aby si jednoduše ověřili teoretické znalosti.

9.5.1 Cíle

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při řešení úloh.

Žák získá správnou představu o Keplerových zákonech.

Žák si osvojí kompetence při používání a vyplňování tabulek.

Žák umí hledat informace na internetu a hodnotit jejich správnost.

Žák si osvojí orientaci při používání obrázků znázorňující situaci ve vesmíru.

Žák prohloubí své kompetence při práci s grafy, porovnávání části grafu a vyvozování závěrů.

Žák aplikuje znalosti z matematiky (popis elipsy, výpočet mocnin, převod jednotek a výpočet obsahu trojúhelníku pomocí Heronova vzorce) a prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o kuželosečkách).

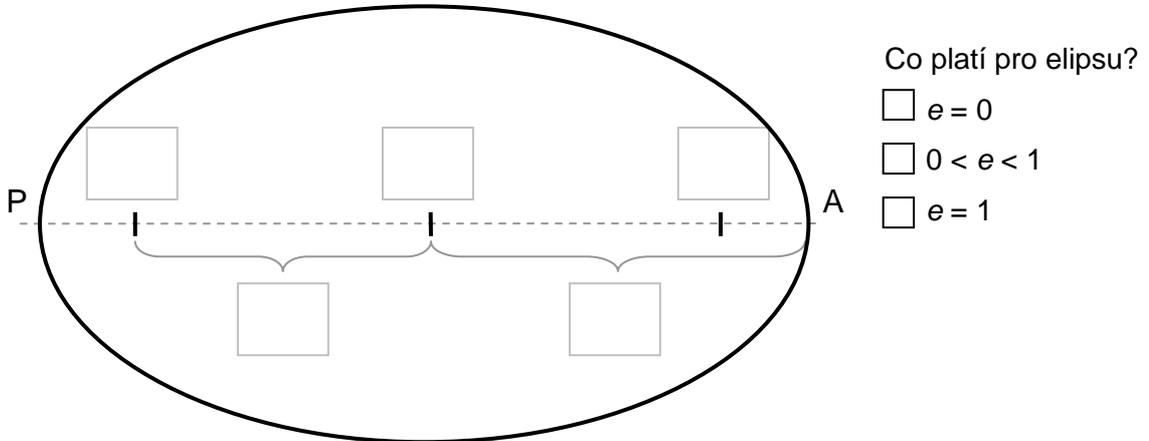
Žák se naučí využívat zpětnou vazbu jako způsob ověření vypočtených údajů, kdy je porovná s naměřenými daty.

Žák pochopí závislost mezi velkou poloosou a oběžnou dobou.

²¹ U tohoto objektu se můžeme setkat s různými pojmy: supermasivní černá díra, černá veledíla apod. Já se držím terminologie, kterou mají definovanu žáci základních a středních škol, tzn. černá díra s velkou hmotností.

9.5.2 Zadání

1. Popište jednotlivé části elipsy, vyznačte velkou poloosu (a), ohniska (F) a střed (S).
Ve které části se nachází Slunce (vyznačte kolečkem)?
P označuje přísluní (perihélium), A označuje odslní (afélium). e je výstřednost elipsy.



2. Seznamte se se seznamem planetek dostupným na stránkách Astronomie (astronomia.zcu.cz → Planety → Planetky → Seznam).

Otázka: Vyberte ze seznamu dvě různé planetky. Napište jejich jména, označení a typ. Proč jste si tyto planetky vybrali? V jaký den provádíte analýzu?

3. Zobrazte si polohu jedné vybrané planetky ve sluneční soustavě.

Otázka: Jakou barvou jsou na obrázku vyznačena ohniska a střed elipsy? Jaké objekty se v těchto místech nacházejí? Kdy je maximální teplota planetky? Jaké hodnoty ve $^{\circ}\text{C}$ nabývá?

4. Z prvního Keplerova zákona plyne, že se planety pohybují po eliptických trajektoriích, v jejichž jednom (společném) ohnisku je Slunce.

Otázka: Z obrázku určete a vypočítejte vzdálenost ohniska (F) od středu (S) elipsy. Jaké jsou vzdálenosti planetek v přísluní a odsluní?

Označení planety	a [AU]	e	vypočítaná $a \cdot e$ [AU]	změřená $ FS $ [AU]	přísluní [AU]	odsluní [AU]
#1: ()						
#2: ()						

5. Druhý Keplerův zákon říká, že obsahy ploch opsaných průvodičem planety (spojnice planety a Slunce) za stejný čas jsou stejně velké. Někdy je označován za zákon ploch.

Otázka: Na kolik bodů je rozdělena trajektorie planety? Jaký je časový interval jednoho úseku? Jakou rychlostí se planety pohybují v přísluní a odsluní? Jaká je plocha S opsaná průvodičem planety za jednotku času pro tři intervaly v přísluní a odsluní?

Označení planety	rychlost v přísluní V_p [km·s ⁻¹]	rychlost v odsluní V_a [km·s ⁻¹]	plocha S [AU ²] – zaokrouhlete na 2 platné číslice							
			přísluní			odsluní				
			I	II	III	I	II	III		
#1: ()										
#2: ()										

Počet bodů na trajektorii = Časový interval = #1.....#2.....

6. Třetí Keplerův zákon se týká poměru druhých mocnin oběžných dob těles T , který je stejný jako poměr třetích mocnin velkých poloos jejich drah a .
 M_S je hmotnost centrálního tělesa (Slunce) v hmotnostech Slunce (= 1).

$$\frac{T_{rok}^2}{a_{AU}^3} = M_S$$

Otázka: Ze vzdáleností přísluní a odsluní určete velikost velké poloosy a . Vypočítejte oběžnou dobu T . Zkontrolujte vypočítanou dobu s údajem na obrázku nebo se středním denním pohybem ($n = 2 \cdot \pi / T$).

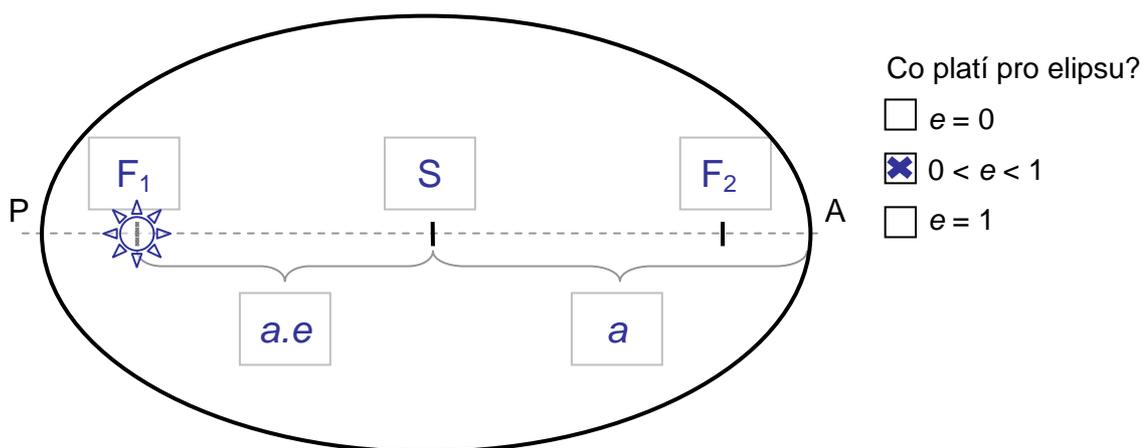
#1: () #2: ()

V závěru popište průběh řešení úlohy, zmiňte problematická místa, nesnáze při provádění úlohy. Je možné navrhnout vylepšení.

9.5.3 Metodické informace k úloze

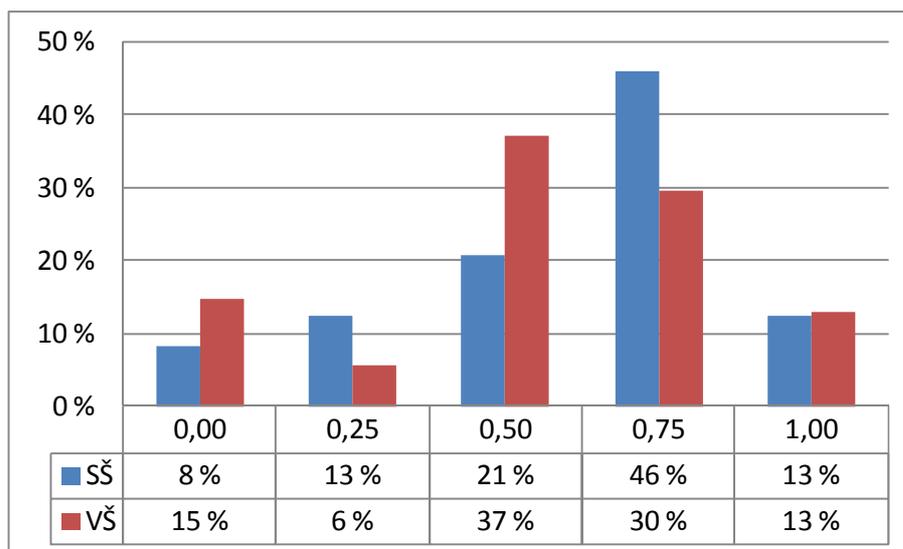
Pracovní list Keplerovy zákony byl ověřen 24 žáky gymnázia ve dnech 29. října 2012 a 5. listopadu 2012 v počítačové učebně v rámci laboratorních cvičení z fyziky a 53 studenty Západočeské univerzity dne 30. října 2012 v počítačové učebně v rámci předmětu Astronomie pro každého.

1. Žáci popíší jednotlivé části elipsy, vyznačí na obrázku velkou poloosu (a), ohniska (F) a střed (S). Pomocí kolečka, případně jiným symbolem, vyznačí, ve které části elipsy se nachází Slunce. Při označování jednotlivých částí elipsy se jim pro výpočet jedné vzdálenosti ($|F_1S|$) bude hodit, že e je výstřednost elipsy. Pro úplnost dodejme, že písmenko P označuje přísluní (perihélium), písmenko A označuje odsluní (afélium). Žáci odpoví i na otázku, která se nachází vpravo od obrázku elipsy. Správná odpověď je $0 < e < 1$. Pro kružnici platí, že $e = 0$, pro parabolu $e = 1$.



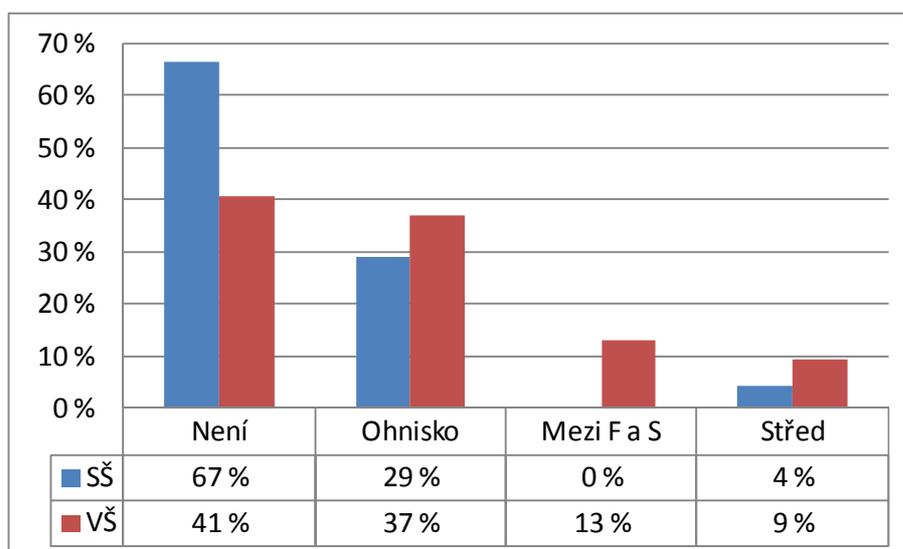
Elipsa je základem prvního Keplerova zákona, proto jsem do prvního bodu zařadil vědomostní otázky týkající se správného přiřazení důležitých součástí této kuželosečky. Účastníci měli na obrázku vyznačit velkou poloosu, ohniska, střed a polohu Slunce, přičemž byla na elipse vyznačena poloha přísluní a odsluní.

Na gymnáziu pouze tři účastníci (13 %) splnili všechny body tohoto úkolu, tzn. popsali správně elipsu, vyznačili polohu Slunce na místě levého ohniska a správně odpověděli na otázku ohledně výstřednosti elipsy (tím získali plný počet bodů u tohoto bodu, na Obr. 9.13 znázorněno 1,00). Dalších 46 % účastníků správně odpovědělo na otázku s výstředností elipsy, ale pak buď nevyznačili správně některou část na elipse nebo neuvedli polohu Slunce. Častá chyba (ve 38 % případů) je, že vzdálenost ohnisko–střed označují účastníci jen výstředností, správný údaj je $a \cdot e$.



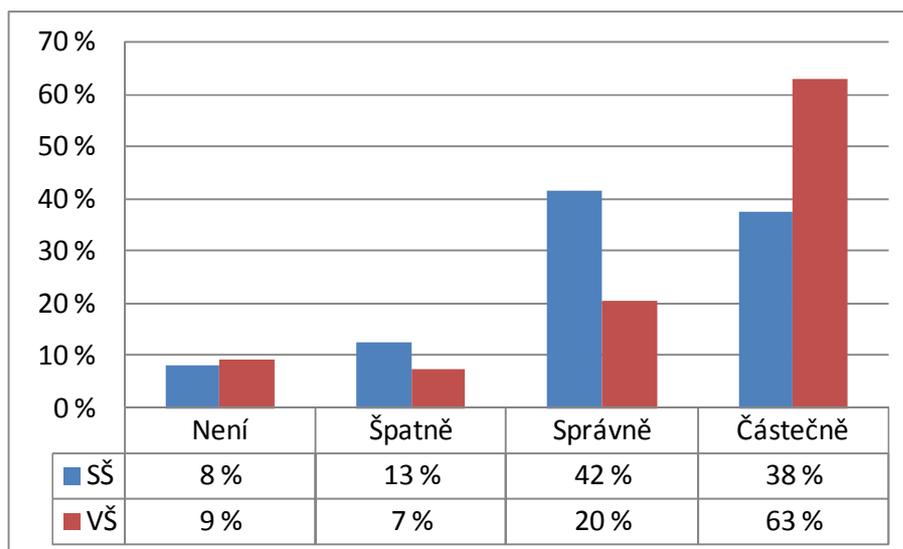
Obr. 9.13: Porovnání úspěšnosti vyřešení úkolu 1 mezi SŠ a VŠ

Ohledně umístění Slunce nevedlo 67 % účastníků na gymnáziu žádnou odpověď. Celkem 29 % účastníků uvedlo správné umístění do ohniska a jeden účastník uvedl nesprávnou odpověď, kdy Slunce umístil do středu elipsy.



Obr. 9.14: Porovnání umístění Slunce na elipse mezi SŠ a VŠ

Na vysoké škole sedm účastníků (představuje procentuální úspěšnost 13 %) splnilo všechny body tohoto úkolu. Pouze 30 % účastníků odpovědělo na úkol jen částečně, tzn. vynechali některé části elipsy nebo neoznačili polohu Slunce. U 37 % účastníků se jedná o poloviční splnění úkolu. Celkem 21 % účastníků nespĺnilo daný úkol. Celkem 63 % účastníků nesprávně uvedlo, že vzdálenost ohnisko–střed se značí výstředností. Jeden student zvolil, že pro elipsu platí podmínka nulové výstřednosti.



Obr. 9.15: Porovnání správnosti popsání elipsy mezi SŠ a VŠ

Na Obr. 9.15 je porovnání účastníků testování na gymnáziu (SŠ) a na univerzitě (VŠ) v popisu elipsy. Pojem „Není“ znamená, že se účastník vůbec nepokusil o zakreslení některých pozic. „Špatně“ znamená, že některé části elipsy jsou popsány, ale chybným způsobem. „Částečně“ značí, že pouze některé části jsou správně popsány. K pojmu „Správně“ snad není nutný komentář, všechna políčka na elipse jsou popsána správným způsobem.

2. Žáci se seznámí se seznamem planetek dostupným na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz → Planety → Planetky → Seznam).

Otázka: Vyberte ze seznamu dvě různé planetky. Napište jejich jména, označení a typ. Proč jste si tyto planetky vybrali?
V jaký den provádíte analýzu?

Žáci si vyberou ze seznamu dvě různé planetky. Napíší jejich jména, označení a typ. Jako příklad vybereme první dvě planetky.

#1: (1) Ceres planetka hlavního pásu (MBA – z anglického *main belt asteroid*)
#2: (2) Pallas planetka hlavního pásu

V tabulce se objevuje zkratka typu planetky, jejíž vysvětlení je uvedeno pod tabulkou. V této části se hodí krátké terminologické zastavení. Pro označení těchto těles ve sluneční soustavě používám výhradně slovo *planetka*. V některých pramenech můžeme najít slovo *asteroid*. Jedná se o starší a nepřesné, ale stále často používané označení těles, které se správně nazývají planetky. Toto nepřesné pojmenování má historický původ z období počátku 19. století, kdy byla známa pouze dvě tělesa. První objevil Giuseppe Piazzi v Palermu 1. ledna 1801 při práci na katalogu hvězd a ověřování jeho přesnosti. Objekt dostal název Ceres²². V té době se lidé domnívali, že objevili novou, chybějící planetu sluneční soustavy nacházející se mezi Marsem a Jupiterem. Název asteroid (z latiny

²² Od srpna 2006 byl zařazen do nové kategorie těles sluneční soustavy mezi trpasličí planety. Stalo se na základě rezoluce XXVI. Generálního zasedání Mezinárodní astronomické unie (IAU) v Praze, která definovala pojmy planeta a trpasličí planeta.

„hvězdě podobný“) použil William Herschel v roce 1802: „*Pro tento jejich hvězdný vzhled, pokud mohu použít takového výrazu, tedy proto jsem si vytvořil vlastní pojmenování a nazývám je asteroidy; vyhrazuji si však nicméně volnost změnit toto pojmenování, jestliže jiné, výstižnější povaze jejich, se objeví.*“ Pojmenování odpovídalo tomu, jak byly tyto objekty pozorovány pomocí dalekohledu (malé body, stejně jako hvězdy, zatímco u planet šlo pozorovat kotoučky), nikoli k odlišení od ostatních planet. Nově objevené objekty byly v dalekohledu vzhledově hvězdám podobné (což je doslovný překlad slova aster-oid). Od hvězd se lišily pouze rychlým pohybem.

V době, kdy bylo objeveno už několik desítek těles a byla provedena první měření, nebo lépe odhady jejich velikostí, bylo zřejmé, že popisné pojmenování asteroid nevystihuje podstatu těchto objektů. Bylo přijato nové označení tohoto dosud neznámého typu těles – planetka. Z anglického *minor planets*, česky *malé planety*. V češtině můžeme vytvářet zdvojnásobky a proto se ujalo slovo *planetky*. Toto slovo již vyjadřuje podstatu těchto objektů. Slovo asteroid najdeme především v americké terminologii (na rozdíl od anglického *minor planet*) a díky překladům jej najdeme i v češtině.

Žáci se mohou na výše uvedené zeptat, učitel by měl být schopen podat vysvětlení. Pokud budeme pokračovat v řešení úloh, žáci uvedou, proč si tyto planetky vybrali. Pro naši kontrolu dalších výsledků je vhodné zmínit datum, pro který provádějí další analýzu.

Tento úkol vyplnila většina účastníků gymnázia. Nejčastěji (4krát) si žáci vybírali Ceres a Pallas s tímto zdůvodněním:

1. Jsou první dvě.
2. Planetka byla první, takže asi nejzajímavější. Náhodná volba.
3. Zaujala mě názvem. Je 2.

Dva žáci si vybrali Ceres a Vestu z důvodu:

4. První objevená a nejjasnější.
5. Vybral jsem si je podle názvu.

Pak následující ojedinělé výběry:

6. (8) Flora, (88888) 2001 SE288
Mám rád číslo 8.
7. (344054), (344055)
Vybral jsem si je, protože jsou v seznamu poslední.
8. Ceres, (337 008)
Ceres – vybral jsem si ji, protože je první;
(337 008) – vybral jsem si ji, protože je zatím poslední.
9. Ceres, Juno
Byli na začátku.
10. Ceres, Plzen
Ceres – je první v seznamu, Plzen – jsem z Plzně.
11. Iris, Ceres
První a sedmá objevená planetka.
12. Stark, Vesta
Stark – protože mám rád Tonyho Starka z Ironmana.
Vesta – protože jí lze vidět pouhým okem.
13. 2005 YA4, Hajek
14. America, Africa
15. Ceres, Hygiea

16. *Egeria, (31313)*
17. *Hurvinek, Otonkucera*
18. *Iris, Juno*
19. *Juno, Victoria*
20. *Shedletsky, Lytynenko*

Z výše uvedených odpovědí mne zaujala odpověď 8, kde účastník píše, že si vybral planetku, která je zatím poslední, čímž si uvědomuje, že dochází k aktualizaci a průběžnému zvyšování počtu planetek. Zajímavá je i odpověď 10, kde si zase účastník všiml, že existují i místopisné názvy planetek. U odpovědi 12 je potěšující zjištění, že účastník ví, která planetka je pozorovatelná pouhými očima.

Jistě by bylo vhodné účastníkům připomenout, že některé planetky v seznamu jsou dle definice trpasličími planetami, např. hojně uváděná Ceres.

Polovina účastníků uvedla, ke kterému dni bude provádět analýzu. Až na jednoho uvedli, že v den, kdy vyplňovali pracovní listy. Jediný účastník uvedl 14. května 1996, může souviset s datem narození. Při této příležitosti můžeme žáky upozornit na skutečnost, že dráhové elementy planetek se mohou měnit a přesnost podobných „výletů“ do minulosti nebo budoucnosti nemusí být velká. Trajektorie drobné planetky je snadno ovlivnitelná většími objekty ve sluneční soustavě.

Přes 80 % vysokoškolských účastníků se tímto úkolem zabývalo. V 19 % případů zvolili dvě trpasličí planety (byť pouze jeden účastník napsal, že se jedná o nejhmotnější trpasličí planety sluneční soustavy – viz odpověď 6) Pluto a Eris. Mezi důvody patřilo:

1. *Dvě nejhmotnější planety naší soustavy.* (2krát)
2. *Dvě nejhmotnější ve sluneční soustavě.*
3. *Dvě největší.*
4. *Dvě největší planety.*
5. *Opisoval jsem.*
6. *Protože to jsou dvě nejhmotnější trpasličí planety sluneční soustavy.*
7. *Dvě největší planety.*
8. *První 2 planety, na které jsem si vzpomněl.*

Znepokojující jsou odpovědi 7 a 8, kde účastníci používají termín „planety“, což je v tomto případě chybné.

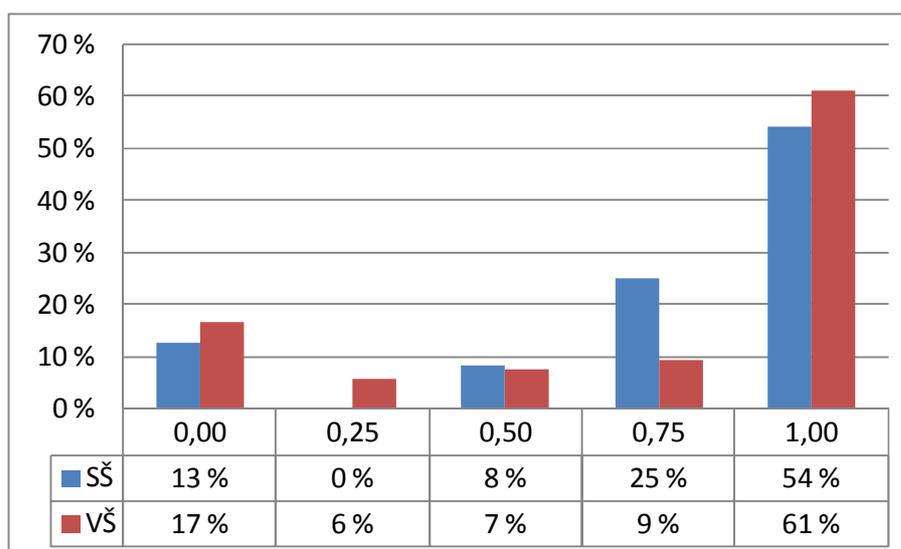
Bez uvedení důvodu pro výběr uvedlo 5 účastníků planetky Pallas a Dike.

Další výběry objektů společně s uvedením důvodu:

9. *Ceres, Iris* (4krát)
Ceres (hezké jméno), Iris (ochranný štít Hvězdné brány).
Líbí se nám název.
Pěkné názvy.
10. *Ceres, Pallas* (4krát)
Planety byly první na seznamu.
První dvě v katalogu.
Vybral jsem si je, protože byly první v seznamu.
11. *Thisbe, Thetis* (4krát)
Náhodná čísla.
Náhodný výběr dle čísla.
Řekli jsme náhodné čísla.
12. *Juno, Ceres* (3krát)
Byly objeveny jako první.
Jsou velmi známé.
Vybrala jsem si je, protože byly mezi prvníma, co se objevily.

13. Eros, Ceres (3krát)
*Jména planetek nás zaujala.
 Mají zajímavé názvy.*
14. Eros, Ida (2krát)
Eros (líbí se mi název), Ida (krátký název).
15. Pluto, Ceres (2krát)
*Pluto (znám ji), Ceres (první v seznamu).
 Znáám ji a je první v seznamu.*
16. Huberta, Hamburga (2krát)
*Náhodný výběr.
 Vybrala jsem si je kvůli názvu.*
17. Ceres, Eros (2krát)
18. Ate, Lucia
Pro pořadové číslo.
19. Iris, Psyche
Jsou na začátku a mají zajímavé názvy.
20. Juno, Eugenie
21. LaPaz, Simona
22. Eris, Pluto

Opět se v odpovědích (9, 10, 12, 13, 15 a 17) několikrát objevuje objekt s pořadovým číslem 1, který od roku 2006 označujeme pojmem trpasličí planeta. Stejně tak Pluto.



Obr. 9.16: Porovnání úplnosti zodpovězení otázek u úkolu 2 mezi SŠ a VŠ

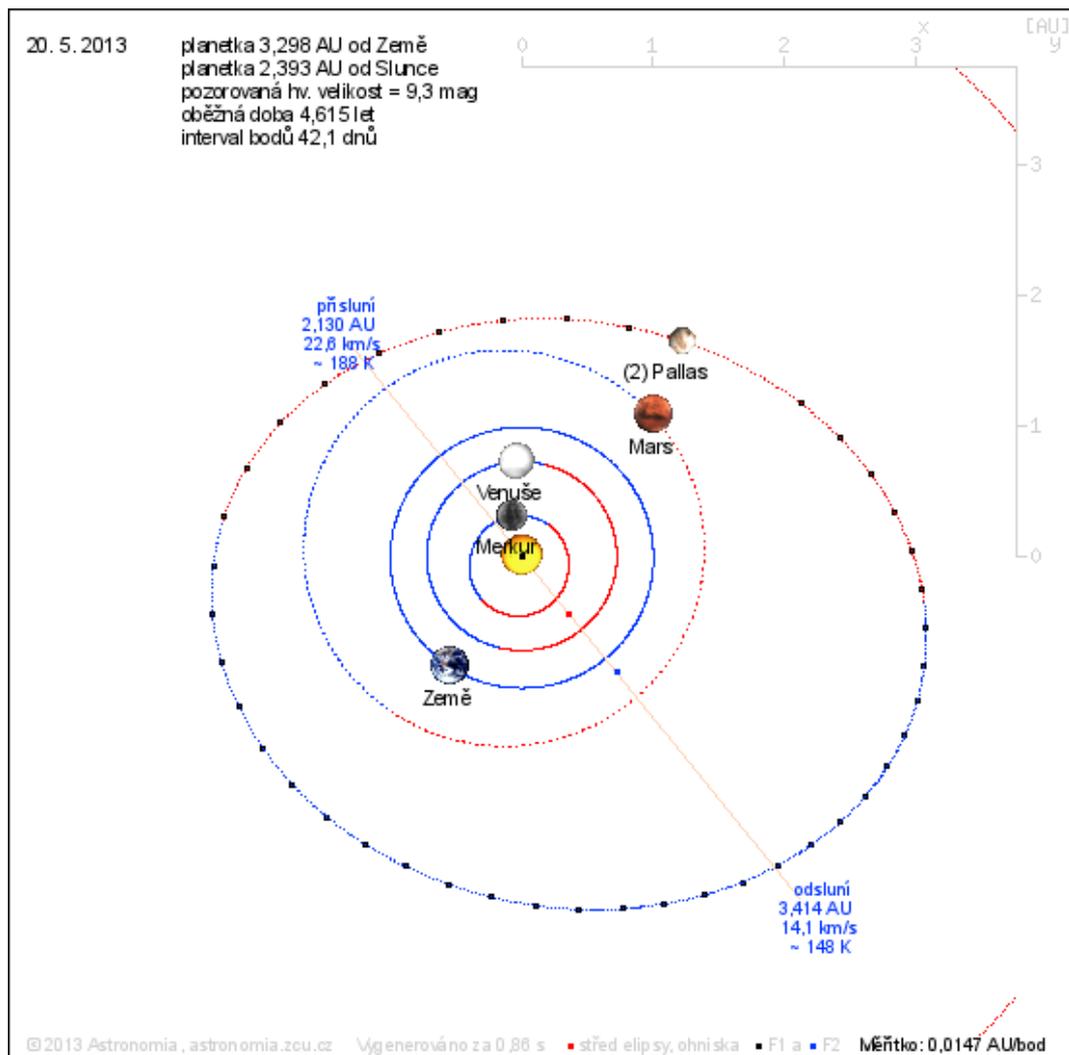
Na Obr. 9.16 je uvedeno porovnání mezi účastníky gymnázia a univerzity v úplnosti odpovědí na otázky. Ukazuje se, že poctivěji na položené otázky odpověděli účastníci gymnázia, téměř 80 %, kdežto u vysokoškoláků to bylo jen 70 %. I těch, kteří se tímto úkolem vůbec nezabývali, je méně mezi středoškoláky.

3. Žáci si zobrazí polohu jedné vybrané planetky ve sluneční soustavě. Obrázek, na kterém je znázorněna poloha planetky ve sluneční soustavě, se zobrazuje v detailním náhledu. Informace pro naše dvě vybrané (ukázkové) planetky najdeme na adresách astronomia.zcu.cz/planety/planetka-1 a astronomia.zcu.cz/planety/planetka-2. Všimněte si, že v uvedené adrese je pravidlo: za pomlčkou následuje pořadové číslo planetky; tímto způsobem lze zobrazit stránku pro libovolnou planetku.

*Otázka: Jakou barvou jsou na obrázku vyznačena ohniska a střed elipsy?
 Jaké objekty se v těchto místech nacházejí?*

Kdy je maximální teplota planety? Jaké hodnoty ve °C nabývá?

Na obrázku jsou ohniska vyznačena černou a modrou barvou. Pro střed elipsy je použita červená barva. Pouze v jednom místě, ohnisku znázorněném černou barvou a označeném F1, je umístěno Slunce. Může se stát, že se zdánlivě mohou i v dalších bodech (modrém ohnisku nebo červeném středu) nacházet další objekty sluneční soustavy, např. planety Merkur či Venuše. V tomto případě je nutné žákům vysvětlit, že se jedná pouze o náhodné promítnutí, stačí zvolit jiné datum a situace se změní. V tom případě bude pouze Slunce na stejném místě, v ohnisku označeném černou barvou.



Obr. 9.17: Poloha planety (2) Pallas ve sluneční soustavě pro zvolené datum, dostupné z adresy astronomia.zcu.cz/planety/planetka-2

Pro přisluní a odsluní je vypočítána efektivní teplota planety, která nemusí sice plně odpovídat realitě (planety nejsou sférická tělesa, rotují různě a jejich povrch může mít v různých místech odlišné albedo), přesto nám může tato hodnota přinést představu o teplotě v dané vzdálenosti od Slunce.

Žáci si alespoň uvědomí, jaká teplota kde panuje a jak závisí na vzdálenosti od Slunce. Zároveň tím můžeme demonstrovat, že roční období na Zemi nevznikají vlivem různé vzdálenosti Země od Slunce, ale sklonem rotační osy Země k rovině ekliptiky. Výstřednost trajektorie Země je $e = 0,016\ 710$. Ze seznamu planetek si vybereme takovou, která se svou výstředností podobá Zemi, např. planetka

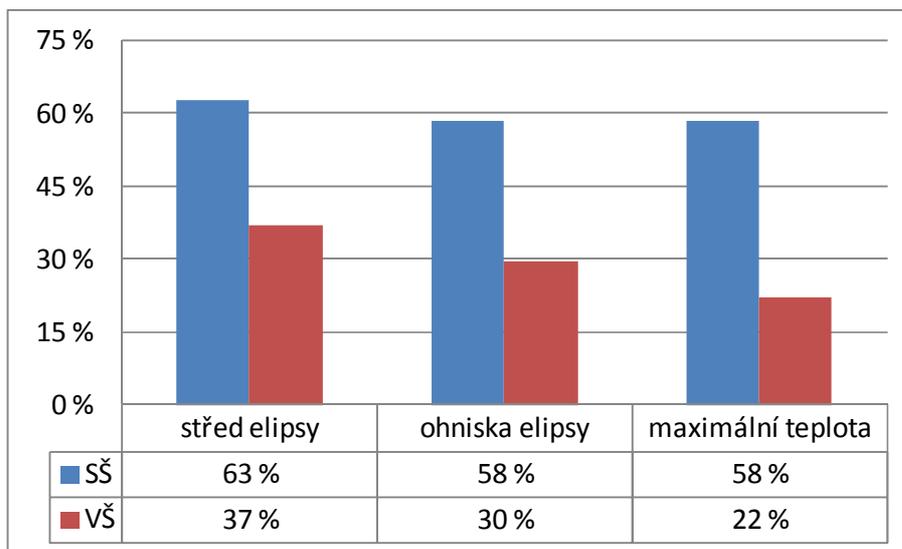
s označením (40786) 1999 TR30 má výstřednost $e = 0,0167$. V přísluní dosahuje teplota 164 K, v odsluní 161 K. Rozdíl činí 3 K, což představuje necelá 2 %.

Pro námi zvolené planety (1) Ceres a (2) Pallas jsou teploty v přísluní 171 K a 188 K. V odsluní naopak 159 K a 148 K. Pro převod na stupně Celsia použijeme vztah $t [^{\circ}\text{C}] = T [\text{K}] - 273,15$. Maximální teploty dosahuje planeta v přísluní.

První a druhá otázka tohoto úkolu měla za cíl ověřit orientaci účastníků na obrázku znázorňujícím polohu planety ve sluneční soustavě. Nejdříve měli určit barvy, jakými jsou vyznačena ohniska a střed elipsy, a pak určit, jaké objekty se v těchto místech nacházejí. Třetí a čtvrtá otázka byla zaměřena na objevení místa, kde je planeta vystavena nejvyšší teplotě.

Na Obr. 9.18 je srovnání úspěšného zodpovězení otázek u úkolu 3 mezi účastníky na gymnáziu a na univerzitě. Z grafu plyne, že účastníci na gymnáziu byli mnohem svědomitější a podařilo se jim správně zodpovědět více otázek. I kdybych přihlédl ke skutečnosti, že ne všichni účastníci na univerzitě měli k dispozici počítač, stále je účastníci na gymnáziu překonají.

Na otázku ohledně ohnisek se u univerzitních účastníků objevila odpověď, že se zde nacházejí další planety hlavního pásu. U hledání místa s maximální teplotou se kromě správné odpovědi, že v přísluní, objevily chybné odpovědi: *max. teplotu jsem nenalezl, odsluní a přízemí*.



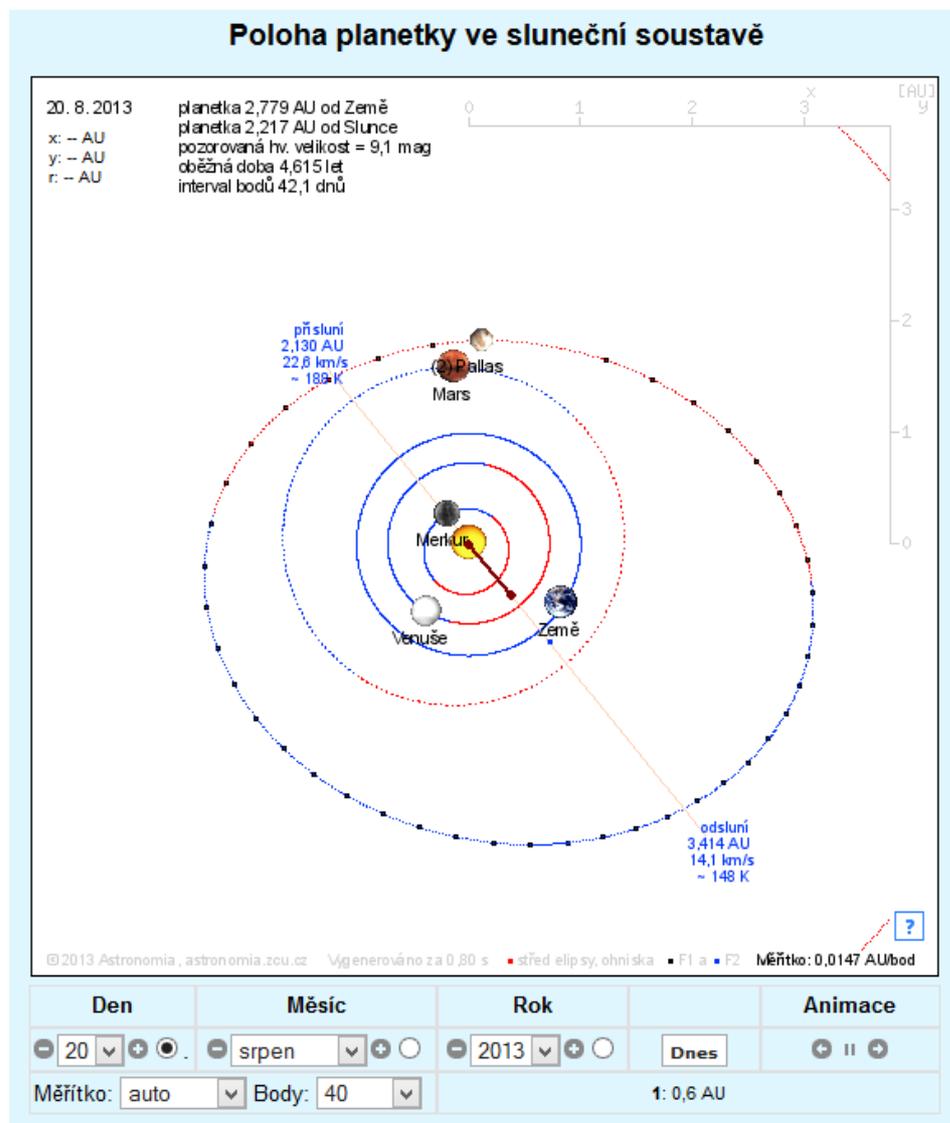
Obr. 9.18: Porovnání zodpovězení otázek u úkolu 3 mezi SŠ a VŠ

Účastníci zkoumali uvedené záležitosti na těchto objektech: Ceres, Eros, Flora, Hamburga, Iris, Pallas, Thetis a Vesta. Jedná se o objekty, jejichž výstřednost je mezi 0,08 až 0,16, což je výhodnější s ohledem na polohu ohnisek, středu a větší změny teplot mezi přísluním a odsluním.

4. Z prvního Keplerova zákona plyne, že se planety pohybují po eliptických trajektoriích, v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.

Otázka: Z obrázku určete a vypočítejte vzdálenost ohniska (F) od středu (S) elipsy. Jaké jsou vzdálenosti planetek v přísluní a odsluní?

Označení planety	a [AU]	e	vypočítaná a·e [AU]	změřená FS [AU]	přísluní [AU]	odsluní [AU]
#1: (1) Ceres	2,768	0,076	0,210	0,21	2,557	2,979
#2: (2) Pallas	2,772	0,232	0,643	0,6	2,130	3,414



Obr. 9.19: Měření vzdálenosti |FS| pro planetku (2) Pallas, v tomto případě je vzdálenost 0,6 AU, dostupné z adresy astronomia.zcu.cz/planety/planetka-2

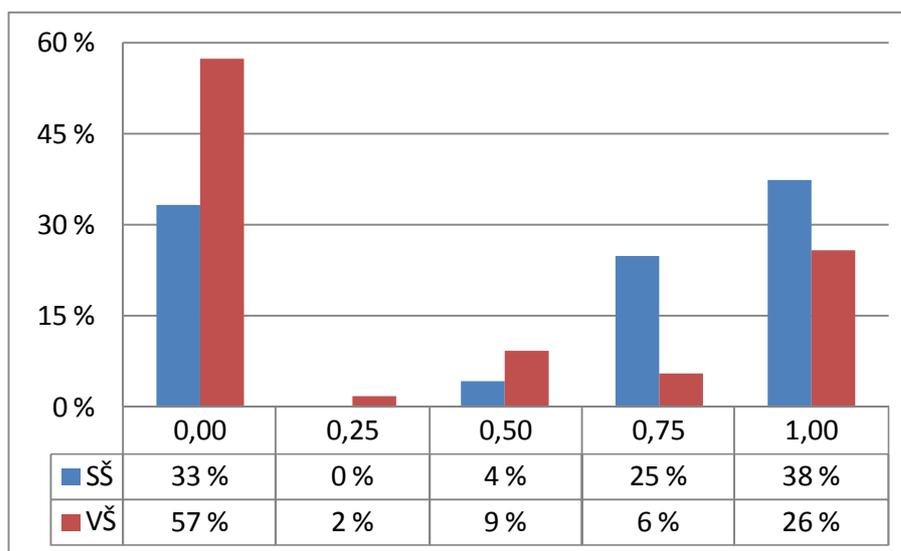
Hodnoty velké poloosy a a výstřednosti e odečteme z tabulky u příslušné planety. Vzdálenost ohniska od středu elipsy vypočítáme jako součin velké poloosy a výstřednosti. Žáci zde mají zpětnou vazbu na úkol z bodu 1, mohou svůj výsledek upravit.

Na obrázku znázorňující polohu planety ve sluneční soustavě tuto vzdálenost přeměříme, zda odpovídá námi vypočítané hodnotě. To učiníme tak, že se kurzorem myši přesuneme nad střed elipsy a klikneme. Na obrázku se zobrazí fialová úsečka, jejíž jeden bod leží v černém ohnisku (zde se nachází Slunce) a druhý v červeném středu. Pod obrázkem se zobrazí vzdálenost této úsečky.

Hodnoty vzdáleností pro přísluní a odsluní odečtou žáci z obrázku. Mohou vyzkoušet, že se tyto vzdálenosti se změnou data nemění. Souvisejí pouze s hodnotou velké poloosy a výstředností dráhy.

Tento úkol obsahuje hledání hodnot v tabulce s daty (viz velká poloosa a a výstřednost e) a vypočítání jejich součinu. Na obrázku s polohou planety ve sluneční soustavě účastníci odečtou vzdálenost planety v přísluní a odsluní a zjištěné hodnoty zapíší do příslušných okének v tabulce. Pomocí obrázku ověří správnost vypočítané vzdálenosti mezi ohniskem a středem elipsy.

Podle stupně vyplnění tabulky jsem uděloval počet bodů za tento úkol. Z Obr. 9.20 plyne, že účastníci z gymnázia byl při plnění tohoto úkolu úspěšnější. Správně vyplnit tabulku se podařilo 63 % účastníkům. Třetině se to nezdařilo vůbec, ať již z časových nebo jiných důvodů. Naproti tomu účastníků z univerzity se dařilo hůře, správně vyplnit tabulku se nepodařilo ani třetině účastníků, naopak více než polovina se o vyplnění ani nepokusila. Stále bychom měli přihlídnout k tomu, že někteří účastníci na univerzitě neměli k dispozici počítač, i tak je rozdíl v úspěšnosti větší, než by odpovídal tomuto vlivu.



Obr. 9.20: Srovnání úspěšnosti vyplnění úkolu 4 mezi SŠ a VŠ

Na Obr. 9.21 je ukázka správně vyplněné tabulky od účastnice z univerzity (studentka 5. ročníku Fakulty pedagogické, obor učitelství pro základní školy). Měl bych jen jednu připomínku. U vypočítané vzdálenosti bych se omezil pouze na vhodný počet desetinných míst, v tomto případě by stačila 2–3 desetinná místa.

4. Z prvního Keplerova zákona plyne, že se planety pohybují po eliptických trajektoriích, v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.

Otázka: Z obrázku určete a vypočítejte vzdálenost ohniska (F) od středu (S) elipsy. Jaké jsou vzdálenosti planetek v přísluní a odsluní?

Označení planety	a [AU]	e	vypočítaná a·e [AU]	změřená FS [AU]	přísluní [AU]	odsluní [AU]
#1: (1)	2,7701	0,0769	0,21302069	0,25	2,557	2,983
#2: (134340)	39,3591	0,2467	9,70989907	9,73	29,648	49,071

Obr. 9.21: Ukázka správně vyplněného úkolu 4

5. Druhý Keplerův zákon říká, že obsahy ploch opsaných průvodičem planety (spojnice planety a Slunce) za stejný čas jsou stejně velké. Někdy je označován jako zákon ploch.

Otázka: Na kolik úseků je rozdělena trajektorie planety? Jaký je časový interval jednoho úseku? Jakou rychlostí se planety pohybují v přísluní a odsluní? Jaká je plocha S opsaná průvodičem planety za jednotku času pro tři intervaly v přísluní a odsluní?

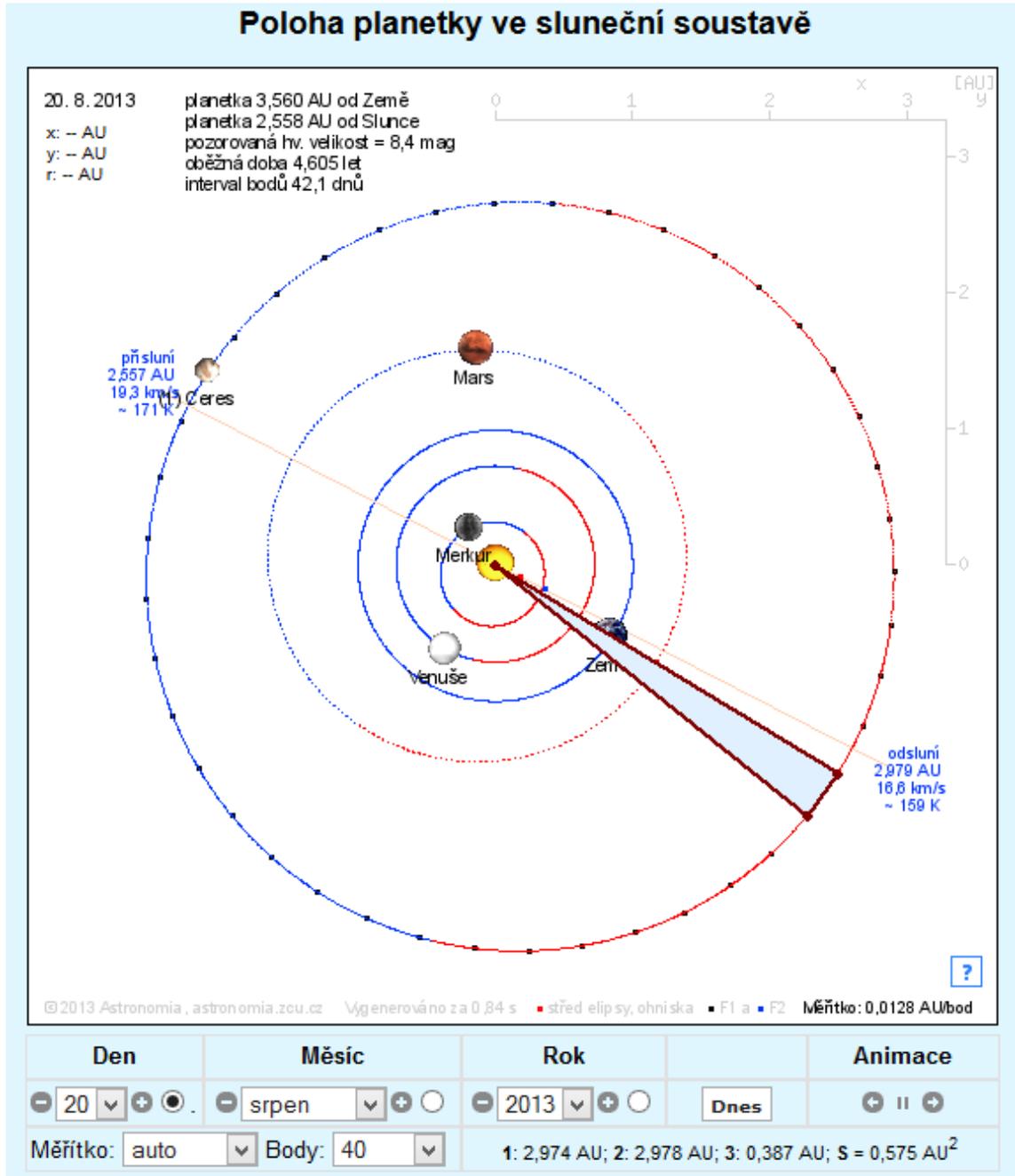
Označení planety	rychlost v přísluní V_p [km·s ⁻¹]	rychlost v odsluní V_a [km·s ⁻¹]	plocha S [AU ²] – zaokrouhlete na 2 platné číslice					
			přísluní			odsluní		
			I	II	III	I	II	III
#1: (1) Ceres	19,3	16,6	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58
#2: (2) Pallas	22,6	14,1	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54

Počet bodů na trajektorii = 40 Časový interval = #1 42,1 #2 42,1

První dvě otázky jsou zaměřeny na samotnou podstatu druhého Keplerova zákona. Trajektorie planety je rozdělena na několik úseků, které urazí planeta za stejný časový interval. Pokud zvolíme planetku s větší výstředností (například), můžeme si na obrázku polohy planety ve sluneční soustavě všimnout, že v okolí přísluní jsou jednotlivé úseky delší, naopak v odsluní jsou kratší, tomu i odpovídají různé rychlosti planety v přísluní a odsluní. Počet bodů na trajektorii lze pomocí formuláře měnit, standardně je zvolena hodnota 40. V horní části obrázku je spočítán časový interval jednoho úseku jako podíl oběžné doby a počtu bodů na trajektorii.

Pravou část tabulky vyplníme pomocí obrázku polohy planety ve sluneční soustavě. Pokud se kurzorem myši přiblížíte k bodu na trajektorii, změní se kurzor křížku na šipku s otazníkem. Jestliže klikneme, vybere se tento bod a zobrazí se úsečka spojující ohnisko F1 a vybraný bod společně s informací (ve spodní části formuláře), kolik tato úsečka měří v astronomických jednotkách (AU), přičemž se zohledňuje poloha planety v prostoru. Když vybereme stejným způsobem další bod, dokreslí se trojúhelník a vypočítá jeho plocha pomocí Heronova vzorce (ze znalosti všech tří stran, žáci si mohou vyzkoušet, a tím aplikovat znalosti

z matematiky). Pomocí Esc (nebo vybráním dalšího bodu) se označení zruší. Výpočet plochy nezohledňuje zakřivení trajektorie planety; pokud je časový interval příliš velký, může dojít k nepřesnostem. Podobně když budeme zaokrouhlovat na dvě platné číslice, může se stát, že plochy nebudou mít stejný obsah. Je vhodné na tuto skutečnost žáky upozornit. Body lze vybrat i mimo trajektorii planety, v tomto případě již není zohledněn sklon dráhy k ekliptice (poloha objektu v prostoru). Vzdálenosti se pak počítají jen v rovině ekliptiky.



Obr. 9.22: Zjištění obsahu plochy pro planetku (1) Ceres v odsluní, vypočítaná plocha je $0,575 \text{ AU}^2$, do tabulky po zaokrouhlení zapíšeme hodnotu $0,58 \text{ AU}^2$. dostupné z adresy astronomia.zcu.cz/planety/planetka-1

Tento bod se nese ve znamení doplnění tabulky. Pro zvolené planety najdeme na obrázku polohy planety ve sluneční soustavě jejich rychlosti v přisluní a

odsluní, které souvisejí s druhým Keplerovým zákonem. Potom třikrát změříme plochu trojúhelníka vzniklého z bodů na trajektorii planetky. Obsah plochy zapíšeme do tabulky. Při platnosti druhého Keplerova zákona nám musí vyjít stejná nebo srovnatelná hodnota.

Téměř 60 % účastníků z gymnázia se tento úkol podařilo splnit, včetně správného vyplnění tabulky. U účastníků z univerzity se to nepodařilo ani čtvrtině. Naopak jsem u dvou účastníků (jeden neúspěšný, druhý z poloviny) zjistil, že do části „Časový interval“ neuvádějí časový rozestup mezi jednotlivými body na trajektorii planetky, který lze zjistit na obrázku polohy planetky ve sluneční soustavě, ale měřítko tohoto obrázku. U zapsaného údaje totiž byla jednotka „AU/bod“. Objevily se i dvě stížnosti na funkčnost aplikace:

1. Program nespolupracuje.
2. Nešlo nám klikat na ty body.

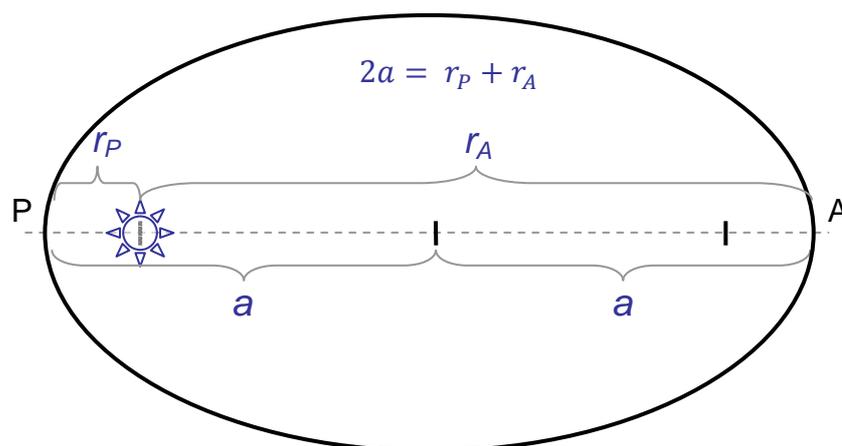
Může se stát, že aplikace nebude v některém minoritním prohlížeči fungovat, případně pokud nejsou povoleny cookies, přes které dochází k výměně informací mezi skripty a prohlížečem. Podobnou nefunkčnost je vhodné nahlásit, aby se dala sjednat potřebná náprava.

6. Třetí Keplerův zákon se týká poměru druhých mocnin oběžných dob T , který je stejný jako poměr třetích mocnin jejich velkých poloos a .

M_S je hmotnost centrálního tělesa (Slunce) v hmotnostech Slunce ($= 1$).

Otázka: Ze vzdáleností přísluní a odsluní určete velikost velké poloosy a . Vypočítejte oběžnou dobu T . Zkontrolujte vypočítanou dobu s údajem na obrázku nebo se středním denním pohybem ($n = 2 \cdot \pi / T$).

Žáci najdou vzdálenosti v přísluní a odsluní v tabulce u bodu 4 nebo znovu odečtou z obrázků a vypočítají hodnotu velké poloosy. V případě, že žáci nevědí, jak vypočítat hodnotu velké poloosy při znalosti vzdáleností v přísluní a odsluní, můžeme jim pomoci následujícím obrázkem:



Obr. 9.23: Výpočet velké poloosy při znalosti vzdáleností v přísluní a odsluní

#1: (1) Ceres

Přísluní $r_P = 2,557$ AU, odsluní $r_A = 2,979$ AU.

$$a = \frac{r_P + r_A}{2} = \frac{2,557 + 2,979}{2} = 2,768 \text{ AU} . \quad (9.2)$$

Tento údaj porovnájí s hodnotu uvedenou v tabulce u dané planety, pro (1) Ceres je to 2,768 AU, což odpovídá vypočítané hodnotě.

Pomocí třetího Keplerova zákona a znalosti velké poloosy žáci vypočítají oběžnou dobu

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{2,768^3} = 4,605 \text{ let} = 1680,8 \text{ dne} . \quad (9.3)$$

I tento údaj porovnájí s hodnotou uvedenou v levé horní části obrázku. Tuto hodnotu převedenou na dny můžeme nadále použít pro výpočet středního denního pohybu (hodnota pro kontrolu uvedena v tabulce u planety):

$$n = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1680,8} = 0,00374 \text{ rad/den} = 0,214^\circ/\text{den} . \quad (9.4)$$

Žáci aplikují své znalosti z matematiky při převodu radiánů na stupně ($1^\circ = \pi/180$).

#2: (2) Pallas

Přísluní $r_P = 2,130$ AU, odsluní $r_A = 3,414$ AU.

$$a = \frac{r_P + r_A}{2} = \frac{2,130 + 3,414}{2} = 2,772 \text{ AU} . \quad (9.5)$$

Hodnota uvedená v tabulce u planety (2) Pallas je 2,772 AU.

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{2,772^3} = 4,615 \text{ let} = 1684,5 \text{ dne} \quad (9.6)$$

$$n = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1684,5} = 0,00373 \text{ rad/den} = 0,214^\circ/\text{den} \quad (9.7)$$

Úkolem je vypočítání oběžné doby, pokud účastníci určí hodnotu velké poloosy jako polovinu součtu vzdálenosti planety v přísluní a odsluní. Pravděpodobně umístění tohoto úkolu na konec pracovního listu způsobilo, že správné řešení uvedlo jen 21 % účastníků gymnázia a 20 % účastníků univerzity. Někteří pouze uvedli číselné hodnoty velké poloosy a oběžné doby s textem „sedí“, tuto odpověď jsem hodnotil jen čtvrtinovým počtem bodů za tento úkol. Pokud uvedli i postup, pomocí něhož postupovali (pomocí třetího Keplerova zákona), hodnotil jsem polovičním počtem bodů. Jestliže došlo ještě k ověření denního pohybu, dostal účastník plný počet bodů. Toto jsem mohl učinit pouze v jednom případě účastníka z gymnázia.

Z. Zpětné vazby v podobě komentáře v závěru jsem se dočkal od téměř čtvrtiny žáků (odpovědi 1–5) a více než poloviny studentů (odpovědi 6–34).

Řada účastníků z řad studentů si oprávněně stěžuje na nedostatek počítačů v učebně. Je evidentní, že tento typ úloh bez počítačů nelze efektivně řešit, přesto šlo některé části řešit bez použití počítače (např. úkol 1), případně s využitím promítání dat na plátně – viz odpovědi 22 až 34 (zhruba odpovídalo necelé čtvrtině účastníků).

1. *Problémy: zadání je místy nepřehledné a z obrázků na www stránkách se špatně hledají informace. Chybí u nich přesné popisky.*
2. *Byl jsem lehce zmatený.*
3. *Nemohl jsem určit vzdálenost 1. planety v odsluní – chyba obrázku.*
4. *Úlohy byly vyřešeny.*
5. *Bohužel jsem úlohu nestíhal, protože jsem si nejdříve na obrázku zaměnil střed s ohniskem (úkol 4) a pak to musel přepočítat.*
6. *Více času.*
7. *Málo času.* 3krát
8. *Málo času na provedení úlohy.*
9. *Málo času, náročné úlohy.*
10. *Málo času, náročné úlohy -> zlehčit úlohy nebo prodloužit limit.*
11. *Bez problémů, pouze málo času na provedení.*
12. *Problematická místa – málo času.*
13. *Problematickým místem byla otázka č. 1, 2, 3, 4, 5, 6.*
14. *Pěkná práce.*
15. *Nejasné zadání 6. úlohy – pro jaký objekt mám údaje zjišťovat?*
16. *Stále se nevyznám v programu.*
17. *Při delší době na úlohu by bylo vše v pořádku, takto bylo hledání poměrně zmatené. Z obrázku na některých planetkách není zcela vidět popisek přísluní nebo odsluní.*
18. *Test mě nic nenaučil.*
19. *Super!*
20. *Počítač nechtěl klikat na body na trajektorii, nemohli jsme z trojúhelníků zjistit plochu S.*
21. *Wikipedie neví všechno a bez počítače to není lehké, zvlášť pro studenta FPR.*
22. *Bez přístupu k internetu nejsem schopná vyplnit.*
23. *Bez PC.*
24. *Moc se to nedaří bez počítače.*
25. *Úlohy nelze řešit, málo PC v učebně.*
26. *Jelikož jsem neměla přístup k počítači, nebyla jsem schopna dané úkoly vyplnit. Vylepšení: Příště omezit počet studentů na přednáškách.*
27. *Malý počet PC, v tomto případě je výuka neúčelná, ani studenty nebaví. Vylepšení? Zvýšení počtu PC, větší atraktivita výuky.*
28. *Vyřešit úkoly bylo složité, jelikož kapacita míst u počítačů je značně menší než množství studentů, takže většina úkolů je neřešitelných.*
29. *Bez internetu to nešlo.*
30. *Bez PC je to velmi nešťastná úloha. Vylepšení: chtělo by to PC.*
31. *Nemám PC.*
32. *Bez PC to jde těžko.*
33. *Bez počítače to moc dobře nejde.*
34. *Bohužel nemohu vypracovat zadané úlohy, z důvodu malého množství PC v učebně.*

Dvakrát se objevuje stížnost na nemožnost odečtení hodnot v přísluní nebo odsluní, viz odpovědi 3 a 17. V tomto případě stačí změnit měřítko obrázku z automatické hodnoty na takovou, aby se spolehlivě vykreslila požadovaná hodnota. Účastníci si v hojném počtu stěžují na nedostatek času, případně na náročnost úloh. Úsměvná je odpověď 21, kde si student Fakulty právnické stěžuje, že na Wikipedii nelze vše najít. To je samozřejmě pravda a kdyby tomu tak bylo, nebyly by podobné pracovní listy potřeba. Naopak se domnívám, že právě díky podobnému komentáři mají tyto aktivity smysl. Odpověď 20 může souviset s prohlížečem nebo jeho nastavením, bez podrobných informací nelze nyní již zjistit. Odpověď 15 obsahuje otázku, pro jaký objekt mají účastníci zjišťovat údaje. Proto jsem poupravil tento bod a doplnil informaci o tom, že tyto údaje se mají

zjišťovat pro obě vybrané planety z předchozích bodů. Není mi příliš jasné, jaké popisky požaduje účastník, jež zanechal odpověď 1. Většina aplikací obsahuje podrobnou nápovědu, kde lze dohledat další zajímavé a potřebné informace.

Během provádění praktické úlohy mohou nastat některé situace, na které by měl být učitel připraven: nedostatek času (žáci mohou některé části dokončit jako domácí úkol), nefunkční internet (učitel může mít dopředu připravené obrázky z webové aplikace a s žáky pouze nad nimi diskutovat nebo provádět výpočty související s Keplerovými zákony), nefunkční webové stránky Astronomia či nedostupnost počítačové učebny. Bez výpočetní techniky je využití této úlohy složité, hlavní význam spočívá v použití katalogů astronomických objektů a následná práce s daty; plnohodnotná modifikace úlohy bez použití počítače není bohužel možná. Tento výpadek lze nahradit pouze částečně, a to dopředu připravenými obrázky trajektorií planetek, případně s vyznačenými plochami trojúhelníků v přísluní a odsluní.

Na žáky nejsou obecně kladeny vysoké nároky na znalosti, nicméně pro hladký průběh hodiny doporučuji následující vědomosti:

- základní znalost práce s prohlížečem a internetem (vlození adresy)
- základní znalost aplikace Excel (není nutná, lze použít pro výpočet obsahu, velké poloosy, oběžné doby nebo denního pohybu – tzn. vložení vzorců do buněk)
- základní znalost astronomických pojmů (Keplerovy zákony)

9.6 Pracovní list: Planetky

Planetky jsou malá tělesa obíhající kolem Slunce nebo kolem jiné hvězdy (zatím nepotvrzeno), vzhledem k malé hmotnosti většinou nepravidelného tvaru. Ve sluneční soustavě se nacházejí zejména v prostoru mezi Marsem a Jupiterem, řadu z nich najdeme i za drahou Neptunu, jiné mohou křížit dráhu Země.

Ve školním roce 1975/1976 se uskutečnil rozsáhlý průzkum vědomostí žáků z astronomie v různých třídách na různých typech škol v okrese Olomouc (Široký, 1977). Test obsahoval jediný početní příklad. Týkal se výpočtu oběžné doby planety pomocí třetí Keplerova zákona, přičemž jej vyřešilo jen deset procent respondentů. Jedna z otázek byla věnována samotným planetkám, kdy se autoři testu ptali, ve které části sluneční soustavy je soustředěno nejvíce planetek. V roce 1977 jsme znali téměř 8 200 planetek.

Od doby zmíněného průzkumu vědomostí žáků se počet planetek dostal na hodnotu 45krát vyšší, v září 2013 známe téměř 370 tisíc očíslovaných planetek. To je dostatečně velký vzorek dat, se kterým lze pracovat, a procvičovat nejenom třetí Keplerův zákon, ale i zjišťovat či ověřovat, kde se nachází nejvíce planetek ve sluneční soustavě.

9.6.1 Cíle

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při řešení úloh.

Žák si osvojí orientaci v používání grafů a histogramů.

Žák umí hledat informace na internetu a hodnotit jejich správnost.

Žák prohloubí své kompetence v práci s grafy a vyvozuje z nich závěry.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o mocninách a převodu jednotek).

Žák aplikuje znalosti z historie při hledání světových událostí ovlivňujících zkoumání vesmíru.

Žák pochopí závislost mezi velkou poloosou a oběžnou dobou.

9.6.2 Zadání

1. Seznamte se s Analýzou planetek dostupnou na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz → Planety → planetky → Analýza planetek).

Otázka: Kdo objevil první planetku? Kdy to bylo?

2. Zobrazte si graf historického vývoje objevování planetek pro celé dostupné období.

Otázka: Najděte dva výpadky v objevování planetek. Zdůvodněte je.

3. V osmdesátých letech minulého století došlo k několika celoblohovým prohlídkám oblohy, které byly zaměřeny na objekty zvané Trojané.

Otázka: Najděte roky, ve kterých došlo k těmto prohlídkám oblohy (pozn. všimněte si lokálních maxim). Zjistěte velkou poloosu Trojanů.

4. Na přelomu tisíciletí bylo použito k hledání planetek několika automatických projektů.

Otázka: Najděte rok, ve kterém došlo k maximálnímu počtu objevu planetek.

5. Zobrazte si graf Kirkwoodových mezer, který znázorňuje četnost planetek v závislosti na velké poloose.

Otázka: V jaké části sluneční soustavy je nejvíce planetek? Vyjádřete i v astronomických jednotkách.

6. Na grafu Kirkwoodových mezer nalezněte lokální maximum okolo 5,2 AU.

Otázka: Jaké objekty se nacházejí v této vzdálenosti? Zdůvodněte.

7. Některé oblasti Kirkwoodových mezer neobsahují téměř žádné planety.

Otázka: Proč jsou mezery v četnosti planetek v hlavním pásu? Zaměřte se na nejvýraznější mezeru, napište její vzdálenost a zdůvodněte její výskyt.

8. Planety se nacházejí i za drahou Neptuna ($a = 30$ AU).

Otázka: Kolik planetek se v těchto částech sluneční soustavy nachází?
Jaké z nich znáte?

V závěru popište průběh řešení úlohy, zmiňte problematická místa, nesnáze při provádění úlohy. Je možné navrhnout vylepšení.

9.6.3 Metodické informace k úloze

Pracovní list Planety byl ověřen 34 studenty 17. dubna 2012 (skupina měla lehce odlišný pracovní list obsahující více rad, je uveden v příloze) a 49 studenty 23. října 2012. Všichni ze Západočeské univerzity, hodina se odehrála v počítačové učebně v rámci předmětu Astronomie pro každého.

1. Žáci se seznámí s online aplikací Analýza planetek dostupnou na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz → Planety → planetky → Analýza planetek). Tato aplikace využívá aktualizované parametry ze seznamu očíslovaných planetek. Můžeme si vybrat z katalogového čísla, roku objevu, velké poloosy, výstřednosti dráhy, sklonu dráhy k ekliptice a absolutní hvězdné velikosti, ze které lze při znalosti (nebo odhadnutí) albeda planetky vypočítat její rozměry. Vybraným posuvníkem omezíme množinu planetek. Při zvolení typu planetky z předvoleného seznamu se posuvníky u jednotlivých parametrů nastaví podle vybraného typu. Tím jsme schopni zjistit spoustu informací o dané skupině planetek: označení a rok objevu první planetky této skupiny, interval velké poloosy, výstřednost dráhy nebo sklon drah k ekliptice. Získaný seznam planetek můžeme uložit do textového souboru a dále zpracovávat.

Otázka: Kdo objevil první planetku? Kdy to bylo?

Odpověď na tyto otázky žáci najdou v aplikaci Analýza planetek, kdy pomocí pravého posuvníku u Roku objevu nastaví letopočet na hodnotu 1801. Tím se jim počet planetek zúží na jednu. Ostatní posuvníky se nastaví tak, aby odpovídaly zadané podmínce. Žáci se tím dozvědí, jakých parametrů dosahuje tato první objevená planetka. Jelikož se výčet zúžil jen na jednu planetku, vědí její pořadové číslo a mohou ji přes seznam najít (astronomia.zcu.cz → Planety → planetky → Seznam). Zde se dozvědí, že se planetka nazývá Ceres, k objevu došlo 1. 1. 1801 a objevitelem byl Giuseppe Piazzi.

Mohou ovšem použít i export dat u Analýzy planetek, kde se jim v Excelu zobrazí podrobnější informace k planetkám vyhovující zadaným podmínkám. V tomto případě je planetka jediná a ve sloupcích objevitel a datum objevu najdeme potřebné informace.

U tohoto úkolu jsem nezaznamenal větších potíží, všichni účastníci odpověděli na položenou otázku. Téměř 90 % účastníků uvedlo správné odpovědi, tzn. 1. ledna 1801 a G. Piazzi. Mezi částečně špatnými odpověďmi bylo:

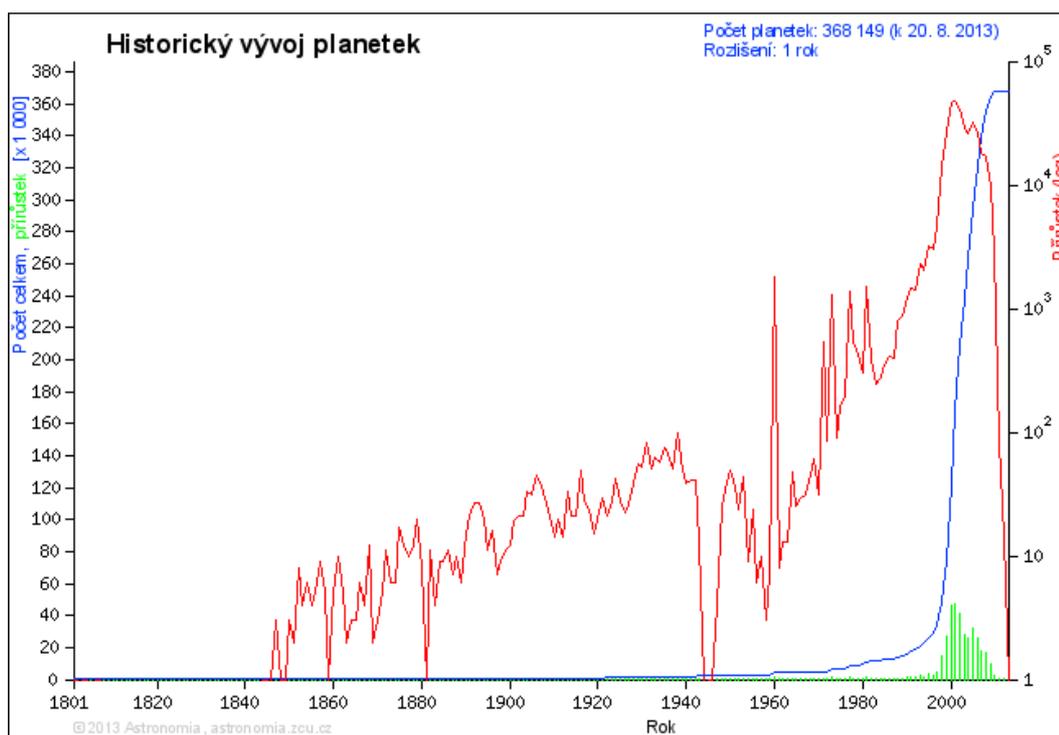
1. 1. ledna 1801, baron Franz Xaver von Zach
2. Baron Franz Xaver Von Zach, 1801 (1. leden)
3. 1801, pan von Zach
4. 1801, von Zach
5. uvedení jen jména objevitele nebo jen letopočtu
6. Piazzi, 1801

2. Zobrazte si graf historického vývoje objevování planetek pro celé dostupné období.

Graf historického vývoje je závislost počtu objevených planetek na roku objevu. Pro tento případ využijeme u Analýzy planetek možnosti Export dat → Speciální → Historický vývoj. Data lze uložit ve formátu CSV nebo zobrazit přímo obrázek ve formátu PNG v prohlížeči (viz Obr. 9.24).

Otázka: Najděte dva výpadky v objevování planetek. Zdůvodněte je.

Při zobrazení grafu v celém období si lze všimnout několika zajímavých úseků. Mezi lety 1807 a 1845 nedošlo k objevu žádné planetky, po 9 letech neúspěšného pátrání Olbers roku 1816 usuzuje, že Ceres, Pallas, Juno a Vesta jsou jedinými novými planetkami (v té době se nicméně mluvilo o planetách) mezi Marsem a Jupiterem. Roku 1830 začíná německý astronom Hencke vizuálně pátrat po nových planetkách zakreslováním hvězdného pole s hodinovým odstupem. Po dlouhých 15 letech slaví úspěch v podobě objevu planetek Astraea (1845) a Hebe (1847).



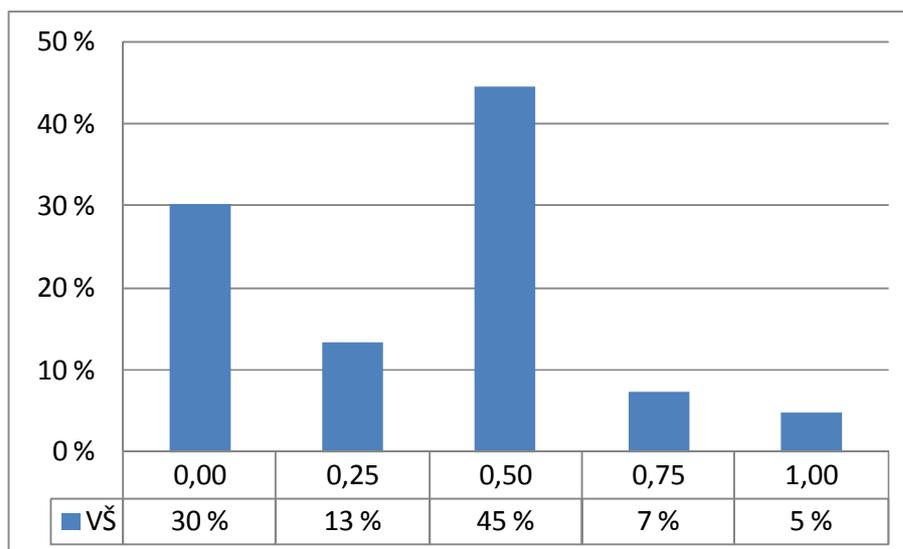
Obr. 9.24: Historický vývoj planetek dle roku objevu vztažený k 20. 8. 2013

Druhý výpadek (skutečně nulový, lze zjistit při pohledu do dat, např. pomocí Excelu, v grafu nemusí být úplně zřetelný) v počtu objevu planetek nastal v roce 1945, což souvisí s koncem globálního vojenského konfliktu. V roce 1945 je počet nalezených planetek 0, v letech 1944 a 1946 bylo nalezeno po jedné planetce. Pokles počtu objevených planetek můžeme objevit i v posledních několika letech, což plně neodpovídá realitě, jak si lze všimnout na stránce Statistika. Tato nesrovnalost je způsobena tím, že máme graf závislosti na roku objevu, kde dochází k jistému zpoždění, než planetka získá číselné označení, a tak se objeví v seznamu očíslovaných planetek.

Tento úkol představoval práci účastníků s grafem, což se pro studenty ukazuje jako problematická záležitost. Pouze 12 % účastníků napsalo uspokojivou nebo správnou odpověď (viz Obr. 9.25). Téměř polovina účastníků odpověděla na otázku jen zčásti, tzn. uvedli správně pouze intervaly, kde nedocházelo k objevům planetek nebo zdůvodnění bylo chybné či částečně správné.

Správné (1 až 4) nebo akceptovatelné (5 až 10) odpovědi od účastníků:

1. 1945 – vliv 2. světové války, po roce 1801 – nevěděli, co hledat
2. 1807–1843, 1944–1946 – z důvodu průběhu 2. světové války
3. 1807–1843, 1944–1946 – světová válka
4. 1944–1947 (II. světová válka), 1801–1845 (začátky)
5. 1807–1843, 1943–1946 – 2. sv. válka
6. 1944–5 – 2. sv. válka; 1801–1845 – začátky
7. 1944–45 – válka; 1801–1845 – nebyli objeveny další
8. 1944–45 – 2. sv. válka; 1801–1845 – doba mezi objevem 1. a 2. planetky
9. 1944–45 válka, 1801–1845 po prvním objevu nebylo nic objeveno do roku 1850
10. po roce 1801 = neznalost, po roce 1940 = 2. světová válka



Obr. 9.25: Úspěšnost odpovědí u úkolu 2 listu Planetky

Odpovědi, které jsem odhodnotil polovičním počtem bodů jsou:

11. 1. cca 1945 – 2. sv. v.
12. 1801–1846, 1944–1946
13. 1807–1843, 1944–1946
14. 1807–1843, 1945
15. 1848–1850 – 1. výpadek, 1945–1946 – 2. výpadek; následky válčení a revolucí
16. 1848–1850, 1944–1946 – následky válek a revolucí
17. 1848–1850, 1945–1947 následky válek
18. 1880 – přednost před astronomickým výzkumem měly výzkumy v oblasti techniky; 1945 – 2. sv. v.
19. 1880 – nevěděli, co hledat; 1945 – období 2. sv. války – útlum v bádání
20. 1881, 1945 – 2. sv. válka
21. 1944, 1945 – 2. světová válka; 2010 – není dostatek dalších planetek k nalezení
22. 1944–1946 – objevování ustalo zřejmě kvůli 2. světové válce; výpadek v roce 1848 by mohl být způsoben revolucemi v Evropě
23. 1944–1946 – zřejmě kvůli 2. svět. válce ustalo objevování; 1848 – nebyly objeveny nové planetky z důvodu revoluce v Evropě
24. 1944–46 – poválečné období, na objevování nebyly prostředky, lidi; 2010 – mnoho už toho bylo objeveno, teleskopy nejsou na takové úrovni, aby se dalo objevit něco nového
25. 1945 – druhá světová válka; 1880
26. 1945 – poválečné období, konec války, nebylo na vědu peníze; 2010 – dalekohled už nedosáhne tak daleko, aby se dalo objevit hodně nových věcí
27. 1945 – válka
28. 1945 2. sv. válka, 1880
29. 1945; 1801 – 1. planetka, do 1844 nebyly objeveny další
30. 1945 – druhá světová válka; 1982
31. 1945 – II. světová válka, 1961
32. 1945 – konec 2. svět. války; 2008 – fin. krize
33. 1945 – WWII
34. cca 1945 – 2. sv. válka
35. cca kolem 1848, cca kolem 1945 – II. světová válka
36. cca okolo let 1848 a 1945 – 2. sv. válka
37. I. výpadek – na začátku (nedokonalá technika), II. výpadek – 2. světová válka (jiné starosti)
38. kolem roku 1942 – 2. světová válka, 1801–1845
39. okolo roku 1945 – kvůli 2. světové válce; 1860, 1880 – rok, který dle gregoriánského kalendáře započal čtvrtkem
40. okolo roku 1945 (2. světová válka), 1880
41. okolo roku 1945 – kvůli 2. svět. válce; 1880 – 21. ledna proběhla v Sant Petěrburgu světová premiéra opery Májová noc!

Zajímavá je odpověď 18, kde se účastník domnívá, že výzkumy v oblasti techniky měly přednost před těmi astronomickými. Odpovědi 21, 24 a 26 se zabývají poklesem v posledních letech. Ten ovšem není způsoben nedokonalou technikou nebo nemožností nic dalšího objevit, ale tím, že než se dostane planetka na očíslovaný seznam, tak to nějaký čas trvá. Učitel by měl toto studentům objasnit. Mezi kuriózní odpovědi považuji tu s číslem 32, kde je zmíněn rok 2008 a jako důvod uvedena finanční krize, a s číslem 39, kde je uveden jako důvod počátek roku čtvrtkem. Nejhezčí je odpověď 41, kde je důvodem světová premiéra opery.

Mezi odpověďmi, které jsem nepovažoval za správné a ohodnotil je nulovým nebo čtvrtinovým počtem bodů, se objevily dvě zajímavé:

42. 1946 – poválečný stav, 1881 – národní divadlo

43. 1946 – poválečný stav, 1883 – vyhořelo národní divadlo

Pouze doplňuji, že Národní divadlo vyhořelo 12. srpna 1881, znovuotevřeno bylo 18. listopadu 1883.

3. V sedmdesátých letech minulého století došlo k několika celooblohovým prohlídkám oblohy, které bylo zaměřeno na objekty zvané Trojané.

Otázka: Najděte roky, ve kterých došlo k těmto prohlídkám oblohy (pozn. všimněte si lokálních maxim). Zjistěte velkou poloosu Trojanů.

Mezi sedmdesátá léta minulého století patří roky 1970 až 1979. Pro pohledu na graf na Obr. 9.24 najdeme v tomto období celkem tři výrazná lokální maxima v letech 1971 (542 planetek), 1973 (1286 planetek) a 1977 (1393 planetek). Patřily k úspěšným celooblohovým prohlídkám zaměřených na hledání Trojanů, v rámci akce Palomar-Leiden Trojan Survey.

Velkou poloosu Trojanů zjistí žáci nejrychleji pomocí Analýzy planetek (viz Obr. 9.26 dostupný na adrese astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-planetek). Rozbalí si Typ planetky, kde kliknou na „odškrtnout vše“ a následně poté zvolí „Trojané“. Všechny posuvníky se nastaví tak, aby vyhovovaly zadané podmínce. Z výsledného postavení posuvníků vyčteme, že první Trojan má číselné označení 588 a byl objeven v roce 1906. Třetí posuvník obsahuje informaci o velké poloose, ta je pro tuto skupinu planetek mezi 4,9 AU až 5,4 AU. Výstřednost drah se nachází v intervalu 0,0 až 0,3. Díky absolutní hvězdné velikosti můžeme odhadnout velikost planetek (více viz kapitola 9.9).

Dříve, než se pustím do hodnocení tohoto úkolu, musím podotknout, že verze pracovního listu, kterou měli k dispozici studenti, obsahovala místo slova „sedmdesátých“ slovo „osmdesátých“. Jedná se o překlep z mé strany, výsledky mohou být tímto ovlivněny.

Celkem 55 % účastníků říjnového testování úspěšně splnilo tento úkol. Našli správné roky, ve kterých došlo k prohlídkám oblohy, tzn. 1971, 1973 a 1977, i když zadání původně poukazovalo na jiné desetiletí. Zároveň určili interval velké poloosy, kde se nacházejí Trojané. Necelých 27 % účastníků odpovědělo pouze na část otázky, proto byli ohodnoceni polovičním počtem bodů. Zbývající část, 18 %, na otázku nenašla správnou odpověď.



Obr. 9.26: Analýza planetek při výběru skupiny Trojané

Mezi ojedinělými chybnými odpověďmi na interval velké poloosy byly:

1. 0,06 poloosa trojánů
2. 0,6 AU – 857,8 AU

Odpověď 1 si nedovedu odůvodnit, u odpovědi 2 uvedl účastník celý interval, jaký nabízel v té době seznam očíslovaných planetek.

4. Na přelomu tisíciletí bylo použito k hledání planetek několika automatických projektů.

Otázka: Najděte rok, ve kterém došlo k maximálnímu počtu objevu planetek.

Mezi automatické projekty na hledání planetek patří LINEAR (138 tisíc planetek v letech 1997 až 2010), Spacewatch (77 tisíc planetek v letech 1985 až 2012), NEAT (téměř 37 tisíc planetek v letech 1995 až 2007), Mt. Lemmon Survey (téměř 22 tisíc planetek v letech 2004 až po současnost), LONEOS (téměř 20 tisíc planetek v letech 1998 až 2008) či CSS (přes 17 tisíc planetek v letech 1998 až 2011). Většina z nich byla zaměřena na hledání blízkozemních planetek (NEO).

Na Obr. 9.24 žáci najdou maximum, mohou využít zeleného grafu, který představuje roční (nebo měsíční) přírůstek, nebo červeného grafu znázorňující roční (nebo měsíční) přírůstek v logaritmickém měřítku. Maximum nastalo v roce 2001, kdy bylo nalezeno přes 47 tisíc planetek. Aktuální hodnotu mohou žáci sami

zjistit, pokud si místo grafického výstupu přepnou na textový výstup a naleznou příslušné údaje v Excelu, např. pomocí seřazení dat.

Téměř polovina účastníků dokázala najít rok, ve kterém došlo k maximálnímu počtu objevu planetek. Rok se může čas od času nepatrně lišit, zejména když dochází k dohledání planetek na snímcích pořízených v minulosti a následně se tento snímek považuje za objevený. Mezi správné odpovědi patřil v říjnu 2012 rok 2001, patřící již do nového století, resp. tisíciletí. Uvedlo jej 20 % účastníků. Naopak v dubnu 2012 se jednalo o rok 2000, poslední minulého století, který našlo 29 % účastníků. Mezi špatné odpovědi patřily následující letopočty: 1960; 1971, 1973, 1977; 1995; 1998; 1999; 2000; 2001 a 2011.

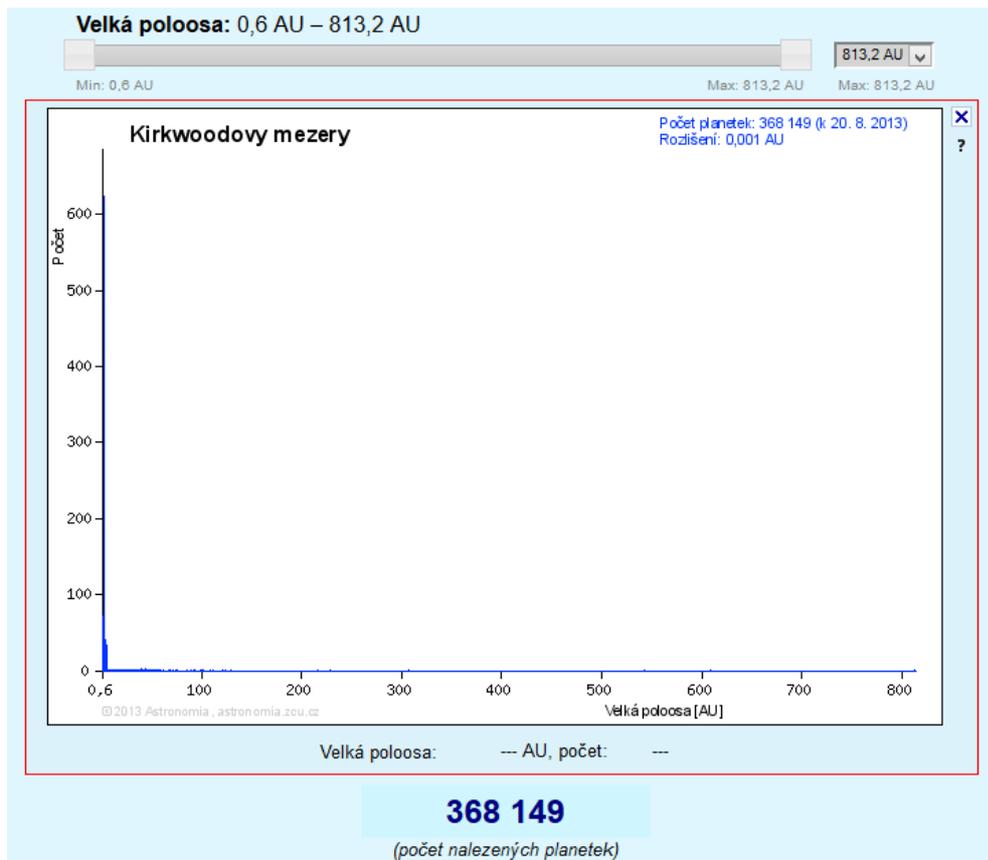
5. Zobrazte si graf Kirkwoodových mezer, který znázorňuje četnost planetek v závislosti na velké poloose.

Žáci pro zobrazení grafu Kirkwoodových mezer použijí online aplikaci Analýza planetek, která obsahuje v části Export dat v nabídce Speciální volbu Kirkwoodovy mezery. Ta udělá vše potřebné, tzn. zanalyzuje data a vyhodnotí četnost planetek na velké poloose. Výsledek lze uložit v textovém formátu nebo zobrazit jako obrázek.

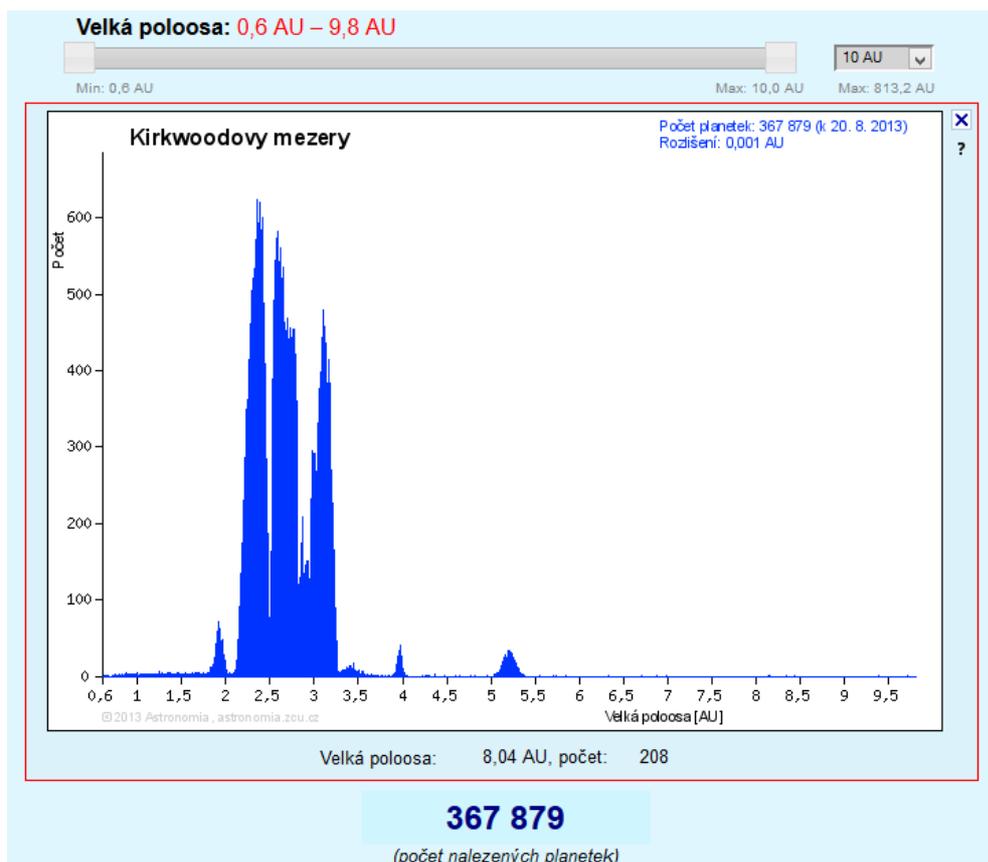
Otázka: V jaké části sluneční soustavy je nejvíce planetek? Vyjádřete i v astronomických jednotkách.

Jestliže si žák nechá zobrazit graf Kirkwoodových mezer pro všechny očíslované planety, získá graf jako na Obr. 9.27. Na vodorovné ose je velká poloosa, maximální hodnota je ve stovkách AU. Na tomto grafu není nic zajímavého k vidění a je nutné omezit velikost velké poloosy. K tomu slouží výběrové menu v pravé části od posuvníku velké poloosy.

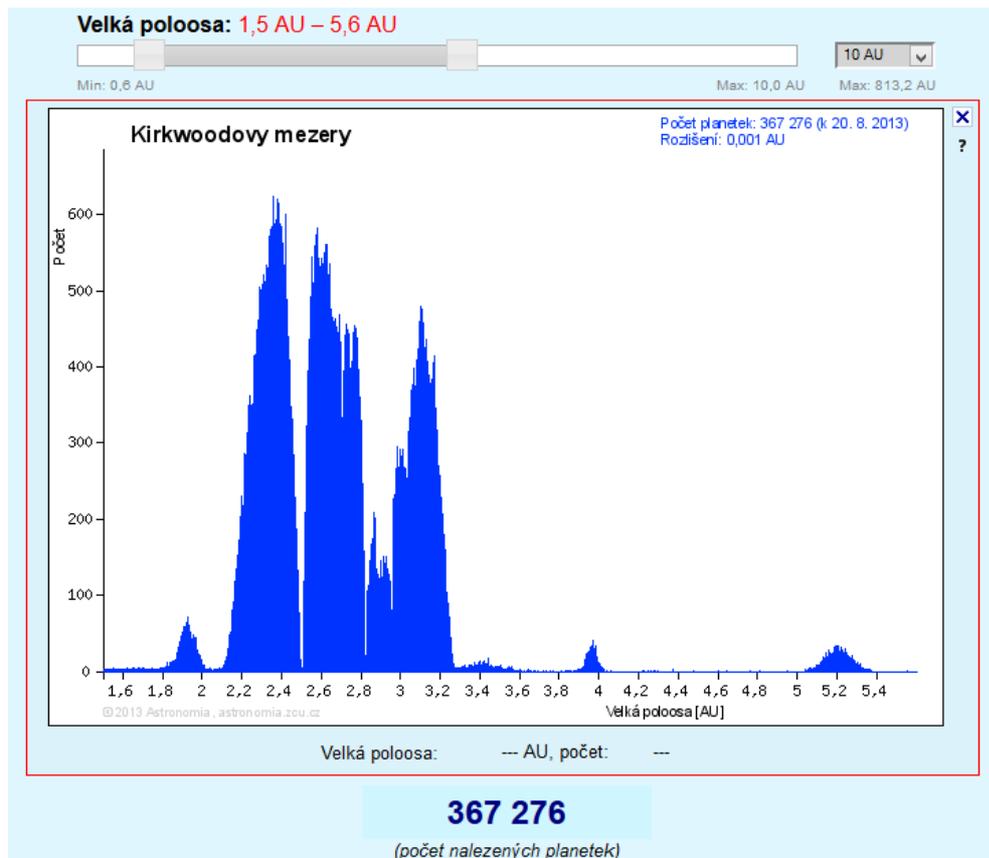
Pokud omezíme velkou poloosu na část sluneční soustavy nacházející se ve vzdálenosti planety Saturn (~10 AU), zobrazí se nám graf jako na Obr. 9.28. Nachází se zde 99,9 % všech očíslovaných planetek. Na tomto grafu zjistíme, že většinu planetek najdeme mezi 2,1 AU až 3,3 AU, tzn. mezi Marsem (1,5 AU) a Jupiterem (5,2 AU).



Obr. 9.27: Graf Kirkwoodových mezer

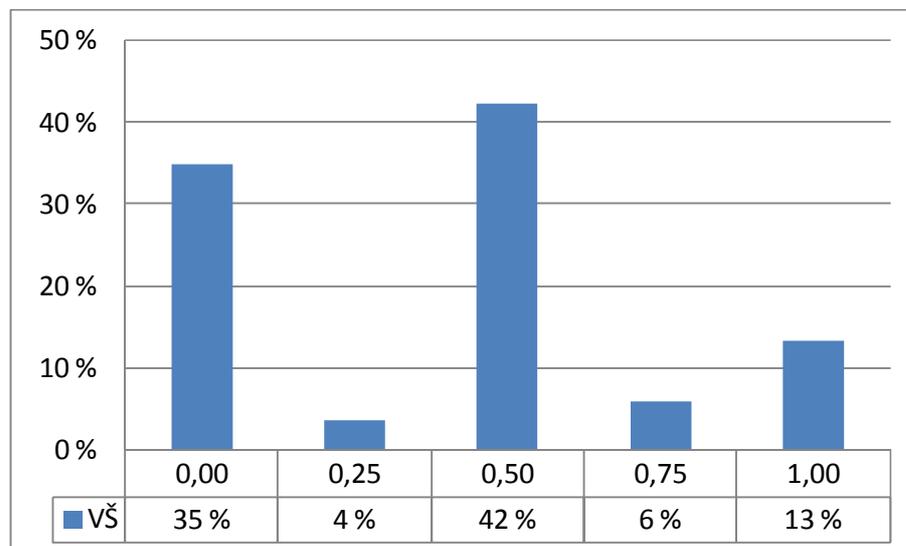


Obr. 9.28: Graf Kirkwoodových mezer do 10 AU



Obr. 9.29: Graf Kirkwoodových mezer pro 1,5 AU až 5,5 AU

Pracovní list, který měli k dispozici účastníci během dubnového testování, obsahuje žádost i napsání intervalu v astronomických jednotkách, včetně informace, mezi kterými planetami sluneční soustavy se nachází nejvíce planetek. Jak je vidět na Obr. 9.30, úspěšnost vypracování tohoto úkolu to příliš nezvýšilo. Pouze 19 % účastníků odpovědělo správně. Nejvíce odpovědí jsem ohodnotil polovičním množstvím bodů, protože se objevovala pouze část informace, buď interval velké poloosy nebo jména planet. Relativně velká skupina účastníků, více než třetina, tento úkol vypracovala chybně nebo vůbec.

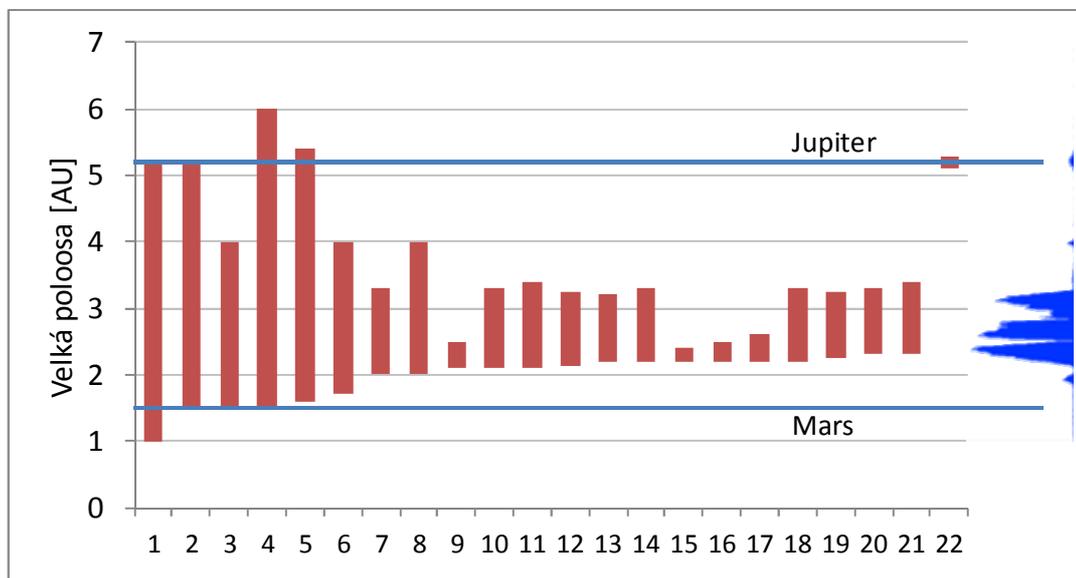


Obr. 9.30: Úspěšnost odpovědí u úkolu 5 listu Planetky

Intervaly, které účastníci udávali, byly následující:

1. 1,0 AU – 5,2 AU
2. 1,5 AU – 5,2 AU
3. 1,5 AU – 4 AU
4. 1,5 AU – 6 AU
5. 1,6 AU – 5,4 AU
6. 1,7 AU – 4 AU
7. 2 AU – 3,3 AU
8. 2 AU – 4 AU
9. 2,1 AU – 2,5 AU
10. 2,1 AU – 3,3 AU
11. 2,1 AU – 3,4 AU
12. 2,13 AU – 3,25 AU
13. 2,18 AU – 3,2 AU
14. 2,18 AU – 3,31 AU
15. 2,2 AU – 2,4 AU
16. 2,2 AU – 2,5 AU
17. 2,2 AU – 2,6 AU
18. 2,2 AU – 3,3 AU
19. 2,25 AU – 3,25 AU
20. 2,3 AU – 3,3 AU
21. 2,3 AU – 3,4 AU
22. 5,1 AU – 5,3 AU

Grafické znázornění těchto intervalů je pro lepší přehlednost na Obr. 9.31. Na svislé ose je vynesena velká poloosa od 0 AU až po 7 AU. Modrými vodorovnými čarami jsou vyznačeny polohy planet Mars a Jupiter. V pravé části grafu je modrou barvou vynesena četnost planetek na velké poloose. Na vodorovné ose je číslo intervalu, které odpovídá výše uvedenému výpisu.



Obr. 9.31: Grafické znázornění odpovědí intervalu velké poloosy

Z Obr. 9.31 plyne, že intervaly u odpovědí 9, 15, 16 a 17 nelze považovat za správné, protože jsou příliš restriktivní. Stejně tak je chybně interval 22, který zahrnuje pouze Trojány. Ostatní uvedené intervaly jsem pokládal za správné.

Mezi chybnými odpověďmi se objevily následující hodnoty: 2,3 AU (3krát); 2,35 AU (1krát); 2,3542 AU (1krát); 2,38 AU (3krát); 2,39 AU (10krát); 2,4 AU (4krát); 3,4 AU (1krát) a 3,7 AU (2krát), které někteří účastníci považovali za interval. Asi jim není známo, že interval je rozsah hodnot daný dolní a horní mezí,

takže jsou potřebné dva údaje. Pravděpodobně se jedná o hodnotu velké poloosy, kde je maximum planetek. Tomu ovšem odpovídají pouze údaje mezi 2,35 AU až 2,4 AU.

6. Na grafu Kirkwoodových mezer naleznete lokální maximum okolo 5,2 AU.

Otázka: Jaké objekty se nacházejí v této vzdálenosti? Zdůvodněte.

Na Obr. 9.29 je znázorněn graf Kirkwoodových mezer pro velkou poloosu 1,5 AU až 5,5 AU. V pravé části grafu se nachází lokální maximum okolo 5,2 AU. Velkou poloosu této velikosti má planeta Jupiter. V bodě 3 žáci zkoumali velkou poloosu pro planetky skupiny Trojané, která byla 4,9 AU až 5,4 AU. Tato skupina planetek obíhá po podobné trajektorii jako planeta Jupiter. Jejich trajektorie jsou v dráhové rezonanci 1:1. V důsledku rezonančního gravitačního vlivu Jupiteru jsou soustředěny kolem bodů předcházejících, respektive následujících o 60° plane tu Jupiter (tedy kolem libračních center L_4 a L_5 soustavy Jupiter–Slunce).

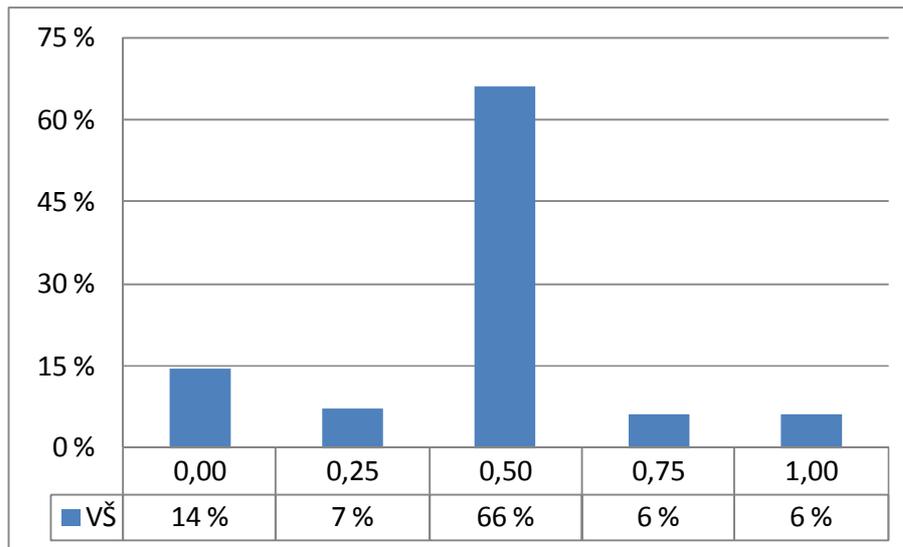
Otázka, na kterou by měli znát účastníci odpověď z úkolu 3, kde zjišťovali interval velké poloosy pro Trojány. Ten se pohybuje od 4,9 AU do 5,4 AU. Průměr těchto dvou hodnot je po zaokrouhlení na dvě platné číslice právě 5,2 AU. Kromě toho velká poloosa planety Jupiter je také 5,2 AU. Při pohledu na Obr. 9.32 zjistíme, že pro účastníky nebylo řešení příliš jednoduché. Aby získali plný počet bodů, požadoval jsem v odpovědi oba typy dominantních objektů nacházející se v této vzdálenosti, tzn. planetky typu Trojané a planeta Jupiter. To se povedlo jen 6 % účastníků, jejichž odpovědi byly:

- | | |
|---|----------------|
| 1. <i>Jupiter a trojány</i> | <i>(2krát)</i> |
| 2. <i>Jupiter, Trojáni</i> | <i>(2krát)</i> |
| 3. <i>Jupiter (5,2 AU) a velké množství trojánů</i> | <i>(1krát)</i> |

Stejně procento měli ti, co se ve své odpovědi terminologicky prohřešili nebo nebyla jejich odpověď úplná:

- Trojáni, působí na ně oběžná dráha Jupitera.*
- Jupiter + jeho měsíce, planetky.*
- V této vzdálenosti se nacházejí trojány. Protože v tomto intervalu se trojány nacházejí a udržují v oblasti Jupiteru.*
- Nachází se zde trojáni. Jsou zde kvůli gravitačnímu vlivu Jupitera.*
- trojáni, okolo Jupitera (u jeho oběžné dráhy)*

U odpovědi 4 je terminologicky chybně to, že na Trojány nepůsobí oběžná dráha Jupitera, ale samotná planeta svým gravitačním působením. U odpovědi 5 jsem s potěšením přivítal, že účastníci si uvědomují velký počet Jupiterových měsíců, v současné chvíli převyšující šest desítek, což představuje necelá 2 % očíslovaných Trojánů.



Obr. 9.32: Úspěšnost odpovědí u úkolu 6 listu Planetky

Téměř dvě třetiny účastníků uvedlo pouze jeden typ objektu, a tím získali jen poloviční počet bodů. Jejich odpovědi byly:

- | | |
|-------------------------------------|----------|
| 9. Jupiter | (35krát) |
| 10. Trojáni | (16krát) |
| 11. Jupiter + jeho měsíce | (2krát) |
| 12. Planetky, Jupiter jeho měsíce | (1krát) |
| 13. Jupiter a jeho měsíce, planetky | (1krát) |

Je zajímavé, že účastníci častěji uváděli, že se ve vzdálenosti 5,2 AU nachází Jupiter než Trojané, viz rozdíl v množství uváděných odpovědí 9 a 10. K odpovědím 12 a 13 krátkou poznámku. Sice Trojané spadají do kategorie planetek, nicméně v tomto případě jsem požadoval napsat konkrétní typ planetek, nikoli jen obecné označení.

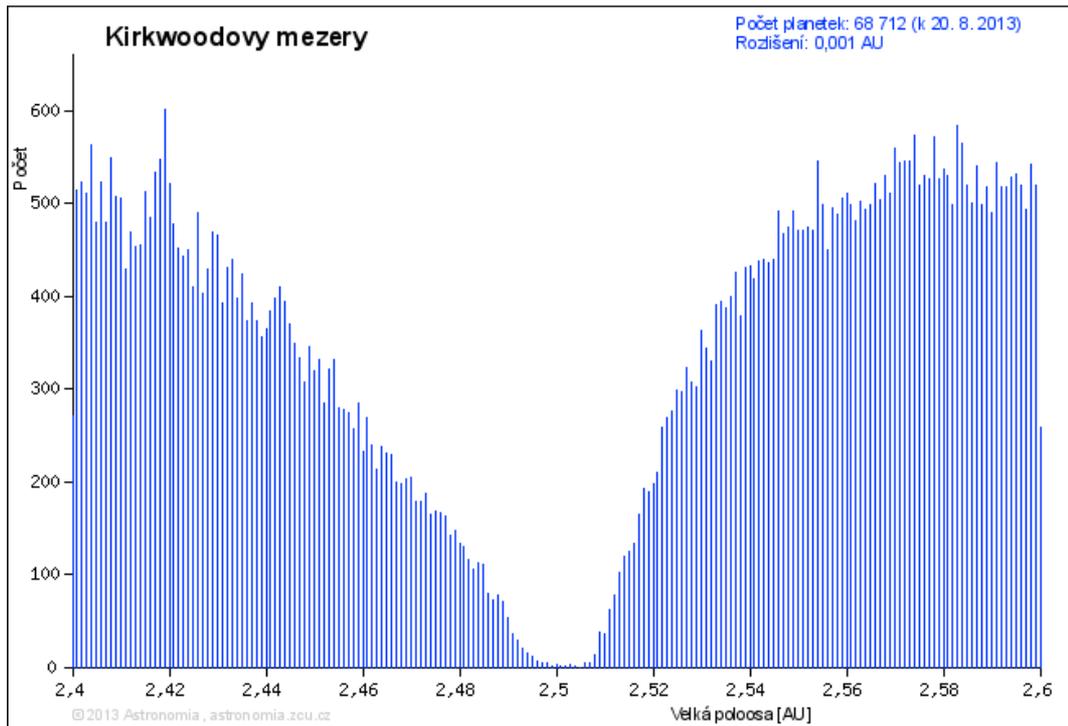
Mezi chybné odpovědi (17 a 18), nebo ohodnocené jen čtvrtinou bodů (odpovědi 14 až 16) patří:

- | | |
|--|---------|
| 14. Planetky | (3krát) |
| 15. V této vzdálenosti se nachází trojáni. Planetky hlavního pásu. | (2krát) |
| 16. Jupiter + jeho měsíce; většina planetek | (1krát) |
| 17. Planetky hlavního pásu, Trojáni, Kentauři | (3krát) |
| 18. Jupiter 5,2 AU, Mars 1,5 AU, Země 1 AU, Saturn 9,5 AU | (1krát) |

7. Některé oblasti Kirkwoodových mezer neobsahují téměř žádné planetky.

Otázka: Proč jsou mezery v četnosti planetek v hlavním pásu? Zaměřte se na nejvýraznější mezeru, napište její vzdálenost a zdůvodněte její výskyt.

Nejvýraznější mezera v četnosti planetek se nachází ve vzdálenosti 2,5 AU, žáci mohou zjistit, pokud si zobrazí graf podle podmínek (omezení velké poloosy) uvedených u Obr. 9.29.



Obr. 9.33: Graf Kirkwoodových mezer okolo 2,5 AU

Ke zdůvodnění výskytu těchto mezer může žákům napomoci bod 6, i když zde se jedná o opačnou záležitost, u skupiny Trojánů došlo vlivem dráhové rezonance k vytvoření stabilní skupiny planetek.

Obecně mezery v četnosti planetek vznikají působením rezonančního vlivu okolních těles.

$$a = 2,5 \text{ AU} \quad \rightarrow \quad \text{z 3. Keplerova zákona } T = 3,95 \text{ let}$$

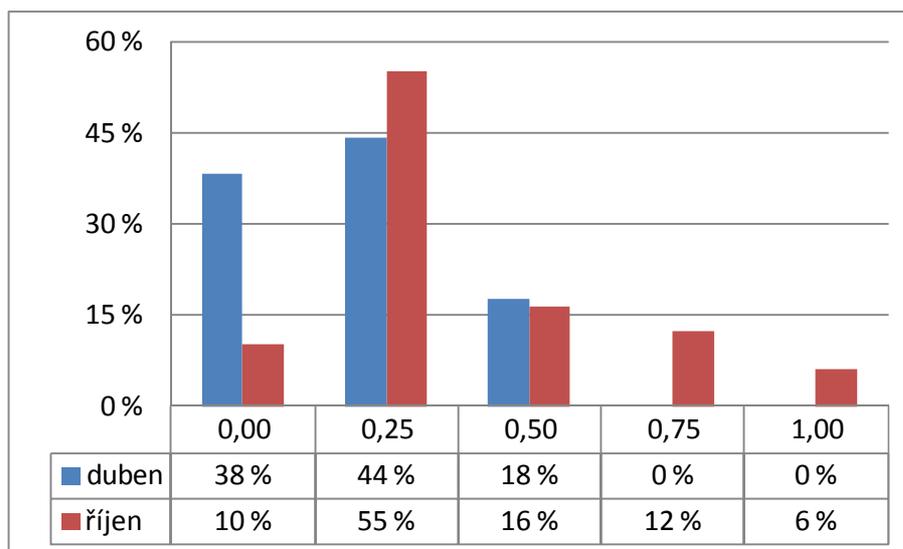
$$a = 5,2 \text{ AU} \quad \rightarrow \quad \text{z 3. Keplerova zákona } T = 11,86 \text{ let}$$

Porovnáním obou oběžných dob zjistíme poměr 3:1.

Již z bodu 6 víme, že velkou poloosu 5,2 AU má planeta Jupiter, která také může za většinu mezer v četnosti planetek ve sluneční soustavě.

Podobná situace je i u mezery s velkou poloosou $a = 2,82 \text{ AU}$, které odpovídá oběžná doba 4,74 let. Dráhová rezonance je v tomto případě 2,5 neboli 5:2 s planetou Jupiter.

V pracovním listu určeném pro účastníky v dubnovém testování se ještě objevila věta: „Odpověď vám může dát třetí Keplerův zákon a porovnání oběžných dob a planet.“ Pohledem na Obr. 9.34 lze zjistit, že to nemělo vliv na úspěšnost odpovědí. Jedná se o práci účastníků s grafem, které se obecně ukazuje jako komplikované.



Obr. 9.34: Porovnání úspěšnosti odpovědí u úkolu 6 mezi dubnem a říjnem

Mezi méně bodově ohodnocené odpovědi nebo nedostačující jsem považoval:

1. *Různě uvedený údaj 2,5 AU, planeta Jupiter (5,2 AU).*
2. *Jsou ovlivňovány Jupiterem.*
3. *Působí na ně největší planeta naší soustavy (Jupiter).*
4. *2,5 AU a 2,83 AU; pomocí 3. KZ*
5. *2,5 AU, 2,83 AU, mezera je v rezonančním páse*
6. *2,5 AU, ovlivnění oběhem planety Jupiter*
7. *2,5; 2,83; protože je Jupiter moc velký*
8. *Kvůli Jupiteru; vzdálenost +/- 1 AU.*
9. *Protože na ně působí největší planeta naší Galaxie – Jupiter²³.*
10. *Protože je Jupiter velký a tudíž v jeho dráze nejsou planety.*

Průměrně ohodnocené odpovědi byly:

11. *2,5 AU a 2,8 AU = nejméně výraznější, nevyskytují se zde žádné planety, Kirkwood určil již dávno; motá se tam Jupiter*
12. *2,5 AU, 2,83 AU – působí na ně Jupiter -> výpadky -> mezery*
13. *2,5 AU; 2,83 AU – oběžná doba 3,953 let (v poměru 1:3 s oběžnou dobou Jupiteru), rezonance*
14. *2,5; 2,83 AU; vliv planety Jupiter*
15. *Kvůli pohybu planety Jupiter; 2,5 AU, 2,83 AU.*
16. *Mezera 2,5 AU, protože na ně působí Jupiter.*

Mezi vysoce hodnocenými odpověďmi se našlo:

17. *2,5 AU – tuto dráhu ovlivňuje Jupiter, je na rezonanční dráze, planety nejsou stabilní.*
18. *2,5 AU -> T=3,95 let, rezonance 1:3, působení Jupitera; 2,83 AU, T=4,761 let, rezonance 2:5.*
19. *2,5 AU a 2,83 AU, dle 3. KZ, rezonanční dráha 1:3 a 2:5.*
20. *2,5 AU; 2,83 AU - mezera je na rezonanční dráze Jupitera 1:3 a 2:5.*
21. *2,5 AU; 2,83 AU; rezonance, planety nejsou stabilní, ovlivňuje je Jupiter.*
22. *2,5 AU; dráhu ovlivňuje Jupiter, mezera je na rezonanční dráze.*

²³ Před rokem 1990 bylo známo jen osm objektů, od roku 2006 klasifikovaných jako planety, všechny v naší sluneční soustavě. Největší planetou ve sluneční soustavě je skutečně Jupiter. Planety obíhající kolem jiné hvězdy než kolem Slunce se nazývají exoplanety. Přestože byly již dávno předpovězeny, nebyly do 90. let dvacátého století známy žádné planety obíhající jinou hvězdou hlavní posloupnosti. Drtivá většina známých (více než tisíc) exoplanet pochází z naší Galaxie. Dosahují hmotnosti od tisícín až po několik desítek hmotností Jupitera, viz exoplanet.eu/catalog/. Je s podivem, že studenti nerozlišují (nebo se jim pletou) mezi objektem sluneční soustavy a nesrovnatelně větším objektem – galaxie. V roce 1996 byla objevena exoplaneta hmotnější než Jupiter, od té doby nemůže tato věta platit.

23. 2,5 mezera je na rezonanční dráze Jupitera 1:3, 2,83 rezonance 2:5, planety na těchto drahách nejsou stabilní.
 24. Mezery jsou v 2,5 AU a 2,83 AU, rezonance, planety nejsou stabilní, ovlivňuje je Jupiter.

8. Planety se nacházejí i za drahou Neptuna ($a = 30$ AU).

*Otázka: Kolik planetek se v těchto částech sluneční soustavy nachází?
 Jaké z nich znáte?*

Počet planetek, které se nacházejí za drahou Neptuna, žáci zjistí pomocí aplikace Analýza planetek, pokud nastaví levý posuvník na hodnotu 30 AU. V současnou chvíli známe jen několik stovek očíslovaných planetek nacházející se v těchto vzdálenostech. Je vhodné žáky upozornit, že se jedná o výběrový efekt z důvodu velké vzdálenosti a špatné pozorovatelnosti planetek (o výběrovém efektu je psáno i v kapitole 9.4).

Žáci si otevřou výsledný seznam planetek v Excelu a vyberou ty, které znají. Žáci mohou zaujmout (nebo mohou znát) názvy jako např. Chaos, Varuna, Quaoar, Logos, Sedna, Orcus, Pluto, Haumea, Eris nebo Makemake.

Více než polovině účastníků se podařilo řešit tento úkol, přičemž říjnová skupina byla mnohem úspěšnější. Mezi špatnými odpověďmi na počet, který se může průběžně měnit, byly hodnoty 170, 34 a 7.

Naopak mezi správnými odpověďmi se objevily hodnoty: 170, 221, 222, 223, 224 a přes 200. Jako nejčastější planetku, kterou znají, uvedli Pluto. Výčet ostatních následuje:

1. Eris
2. Logos, Chaos, Sedna, Pluto
3. Logos, Pluto
4. Orcus, Pluto
5. Pluto
6. Pluto, Eris
7. Pluto, Eris, Huya, Chaos
8. Pluto, Eris, Sedna
9. Pluto, Haumea
10. Pluto, Haumea, Eris
11. Pluto, Logos, Altjira, Eris, Ceto, Huya
12. Pluto, Makemake, Haumea
13. Sedna, Orcus, Pluto
14. Typhon, Orcas, Pluto
15. všechny
16. znám planetku Pluto
17. znám Pluto a líbí se mi jméno Chaos
18. žádnou neznám

Odpověď 15 nepovažuji za úplně korektní, protože nepředpokládám, že by někdo znal jména všech očíslovaných a pojmenovaných objektů za drahou Neptuna. I odpověď 18 považuji za zvláštní, svědčí to o tom, že si účastníci neprošli seznamem takto získaných planetek, protože minimálně bývalou planetu Pluto, teď trpasličí planetu a plutoid, by znát měli.

Z. Zpětné vazby v podobě komentáře v závěru jsem se dočkal od čtvrtiny účastníků. Jejich reakce byly následující:

1. *Bez komentáře.*
2. *Bez problémů.*
3. *Bylo složitější se zorientovat v programu, ale pak už nebyl problém.*
4. *Celek byl problém.*
5. *Chaos.*
6. *Je to pro mne naprosté kouzlení. Některé úlohy jsou nad mé chápání.*
7. *Lépe odlišit jednotlivé body. Nejvíce zdůraznit prioritní hlediska.*
8. *Malý prostor pro tolik studentů, hluk!*
9. *Náročné na čas, málo PC.*
10. *Nedostatek počítačů (místa) v učebně.*
11. *Orientaci v katalogu – nemám s tím dostatečnou praxi.*
12. *Pracovali jsme zcela samostatně a celkem úspěšně. Veškeré úlohy jsme téměř dodělali.*
13. *Pro mě osobně těžké a náročné...*
14. *Problém – grafy.*
15. *Problém byl se připojit na internet a tím i na astronomia.zcu.cz.*
16. *Problematická místa: body 1-8.*
17. *Průběh = naprosto chaotický.*
18. *Průběh poměrně dobrý.*
19. *Špatně se orientuji na stránkách.*
20. *Trochu problematická místa.*
21. *Znalost webu a práce s ním.*
22. *Zobrazení grafu by mohlo být implicitně nastaveno jako zobrazení obrázku v prohlížeči.*

Z odpovědí je zřejmé, že studenti nejsou příliš zvyklí vykonávat samostatnou práci v podobě vyplnění pracovního listu obsahující návod k vypracování nebo práci s katalogy. Náročná se ukazuje i práce s grafy. S ohledem na kapacitu počítačové místnosti neměli někteří účastníci k dispozici počítač.

Během provádění praktické úlohy mohou nastat některé situace, na které by měl být učitel připraven: nedostatek času (žáci mohou některé části dokončit jako domácí úkol), nefunkční internet (učitel může mít dopředu připravené obrázky z webové aplikace a s žáky pouze nad nimi diskutovat nebo provádět některé výpočty), nefunkční webové stránky Astronomia či nedostupnost počítačové učebny. Bez výpočetní techniky je využití této úlohy složité, hlavní význam spočívá v použití katalogů astronomických objektů a následná práce s daty; plnohodnotná modifikace úlohy bez použití počítače není bohužel možná. Tento výpadek lze nahradit pouze částečně, to předem připravenými obrázky s grafy a následná diskuze nad nimi.

Na žáky nejsou obecně kladeny vysoké nároky na znalosti, nicméně pro hladký průběh hodiny doporučuji následující vědomosti:

- základní znalost práce s prohlížečem a internetem (vlození adresy)
- základní znalost aplikace Excel (není nutná, lze použít pro výpočet oběžné doby nebo rezonance)

Některé zde uvedené údaje, výsledky či hodnoty se mohou v online aplikacích Astronomia lišit. Důvodem je pravidelná měsíční aktualizace parametrů planetek.

9.7 Pracovní list: Noční obloha

Východ a západ slunce je pro lidstvo důležitý okamžik každého dne, významně se mění mnoho činností. Dramaticky a rychle se mění světelné podmínky, současně vznikají velmi zajímavé efekty. Klesání či stoupání slunce pod obzor trvá několik desítek minut. Nastává v různý čas podle roční doby a místa na zeměkouli.

Je to vlastně malý zázrak, když začíná nový den nebo se loučí ten stávající. Spousta starodávných civilizací uctívala slunce jako božstvo a pořádala rituály, v nichž žádala o jeho životadárnou energii. Sledování východu a západu slunce spojuje člověka s přirozenými rytmy země, pomáhá mu nabýt ztracenou rovnováhu, rozptýlit chlad v oblasti srdce a uvolnit bolest v duši.

Východ i západ slunce jsou magické okamžiky, které kvůli vstávání do práce, stresu, shonu a únavě musíme většinou propást. O těchto okamžicích víme málo, i když informaci o východu či západu vidáme každý den v televizi nebo napsanou v tisku.

Na noční oblohu si musíme každý den počkat. Nebo se vydat na oběžnou dráhu kolem Země, odkud uvidíme hvězdy mnohem jasněji, nebudou ani blikat vlivem atmosféry. Obloha, kterou uvidíme, nebude modrá, ale černá. Každý den budeme svědky šestnácti východů slunce, protože každých 90 minut náš modul oběhne kolem Země.

Orientují se žáci ve slunovratu či rovnodennostech?²⁴ S tím souvisí střídání ročních období, což je záležitost prvního stupně základní školy. V přírodě si změn všimneme na první pohled. Určit, co je pravou příčinou těchto změn, už je obtížnější. Oběh Země kolem Slunce je pro střídání ročních období podmínkou nutnou a udává rytmus střídání, avšak ta důležitá podmínka spočívá ve sklonu zemské osy vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce.

9.7.1 Cíle

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při řešení úloh.

Žák prohloubí své znalosti z přírodovědy (učivo roční období).

Žák umí hledat informace na internetu a hodnotit jejich správnost.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo výpočet rozdílu času).

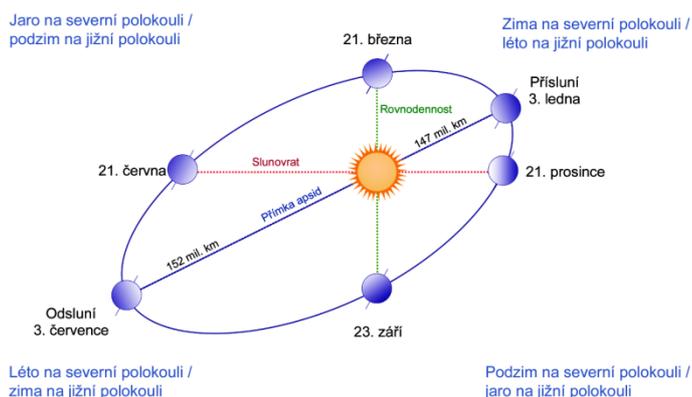
Žák prohloubí své kompetence v práci s grafy a vyvozuje z nich závěry.

Žák pochopí rozdíl mezi rovnodenností, slunovratem, západy a východy slunce a jednotlivými soumraky.

²⁴ Ke slunovratu a rovnodennosti je nutné doplnit přívlastek, který nám událost časově dodefinuje. Běžně se používá jarní a podzimní rovnodennost, letní a zimní slunovrat. Jde o hovorové názvy založené na ročním období. Jsou ovšem nejednoznačné, co se týká polokoule, kdy roční období je opačné pro severní a jižní polokouli. Já se ve své disertační práci budu držet názvosloví odpovídajícího tomu, ve kterém měsíci daná událost nastane. Místo pojmu jarní rovnodennost použiji březnová rovnodennost, letní slunovrat bude odpovídat červnovému slunovratu apod. Jsem si vědom skutečnosti, že ani toto pojmenování není univerzální, protože ne všichni se řídí kalendářem založeným na pohybu Země kolem Slunce, kde tyto události nastávají každý rok ve stejném měsíci. Jako příklad mohou uvést islámský nebo židovský kalendář. Podobné názvosloví se nehodí ani pro jiné planety (např. Mars). Existují i další možnosti, jak tyto události nazývat: severní a jižní slunovrat označují polokouli, nad kterou se nachází slunce. Severní slunovrat je v červnu, kdy je slunce přímo nad obrátníkem Raka, zatímco na jižní je v prosinci, kdy je slunce přímo nad obrátníkem Kozoroha. Název lze odvozovat i od znamení, např. první bod Raka či Kozoroha, zde je nevýhoda, že znamení vlivem precese neodpovídají souhvězdím. Slunovraty nastávají v souhvězdí Býka a Střelce.

9.7.2 Zadání

1. Roční období je část roku, která se vyznačuje charakteristickou změnou počasí. U nás se střídají čtyři roční období – jaro, léto, podzim a zima.



Otázka: Z jakého důvodu vznikají na Zemi roční období?

Otázka: Kdy nastávají jednotlivá roční období na severní polokouli?

Roční období	jaro	léto	podzim	zima
Termín (den, měsíc)				

2. Východ a západ slunce jsou okamžiky, kdy se horní okraj slunečního kotouče nachází přesně na ideálním horizontu.

Vlivem atmosférické refrakce je skutečná poloha horního okraje slunečního disku v těchto okamžicích $0^{\circ}34'$ pod horizontem. Zdánlivý poloměr slunce činí na obloze $0^{\circ}16'$. Střed slunečního disku je v okamžiku východu nebo západu slunce $0^{\circ}50'$ pod horizontem.
 Aplikaci naleznete na stránkách astronomia.zcu.cz → Hvězdy → Katalog HIPPARCOS → Noční obloha.

Otázka: Kdy a kde zapadá a vychází slunce při březnové a zářijové rovnodennosti? Jak dlouho v tyto dny trvá noc?

Otázka: Kdy a kde zapadá a vychází slunce při červnovém a prosincovém slunovratu? Jak dlouho v tyto dny trvá noc?

Otázka: Jaký je časový rozdíl mezi západem slunce pro vámi zvolený den mezi nejzápadnějším a nejvýchodnějším městem v ČR? O jaká města jde?

3. Soumrak je přechod mezi dnem a nocí; doba po západu nebo před východem slunce. Při soumraku je slunce pod obzorem, osvětluje však horní vrstvy atmosféry, a tím je částečně osvětlen i zemský povrch.

Otázka: Jaké druhy soumraků známe? Podle čeho je rozlišujeme?

Otázka: Jak dlouho trvají občanské soumraky při březnové rovnodennosti a prosincovém slunovratu?

4. Obloha je tmavá, jsou vidět i slabé hvězdy. Slabší objekty (mlhoviny nebo galaxie) však ani v dobrém dalekohledu nejsou za astronomického soumraku pozorovatelné a je třeba počkat na astronomickou noc.

Otázka: Jak hluboko musí být slunce pod obzorem, aby nastala astronomická noc?

Otázka: Kdy nenastává v našich zeměpisných šířkách astronomická noc?
Tip: zaměřte se na období okolo červnového slunovratu.

5. Zjistěte a zapište do tabulky okamžiky, kdy je slunce nejhlouběji pod obzorem pro jednotlivé měsíce (zkoumejte pro 20. den v měsíci).

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Čas / hloubka												

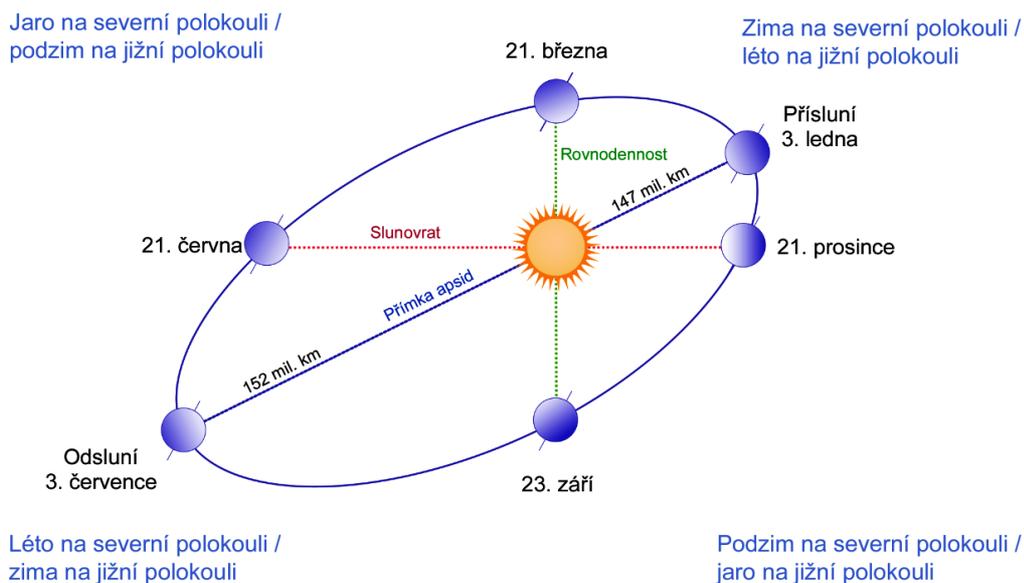
Otázka: V jakém měsíci je slunce během noci nejhlouběji pod obzorem? Proč je v některých měsících tento okamžik okolo půlnoci, v jiných až okolo 1 hod?

V závěru popište průběh řešení úlohy, zmiňte problematická místa, nesnáze při provádění úlohy. Je možné navrhnout vylepšení.

9.7.3 Metodické informace k úloze

Pracovní list Noční obloha byl ověřen 25 žáky gymnázia ve dnech 29. října 2012 a 5. listopadu 2012 v počítačové učebně v rámci laboratorních cvičení z fyziky a 56 studenty Západočeské univerzity dne 30. října 2012 v počítačové učebně v rámci předmětu Astronomie pro každého.

1. Roční období je část roku, která se vyznačuje charakteristickou změnou počasí. U nás se střídají čtyři roční období – jaro, léto, podzim a zima.



Obr. 9.35: Roční období a poloha Země na trajektorii kolem Slunce

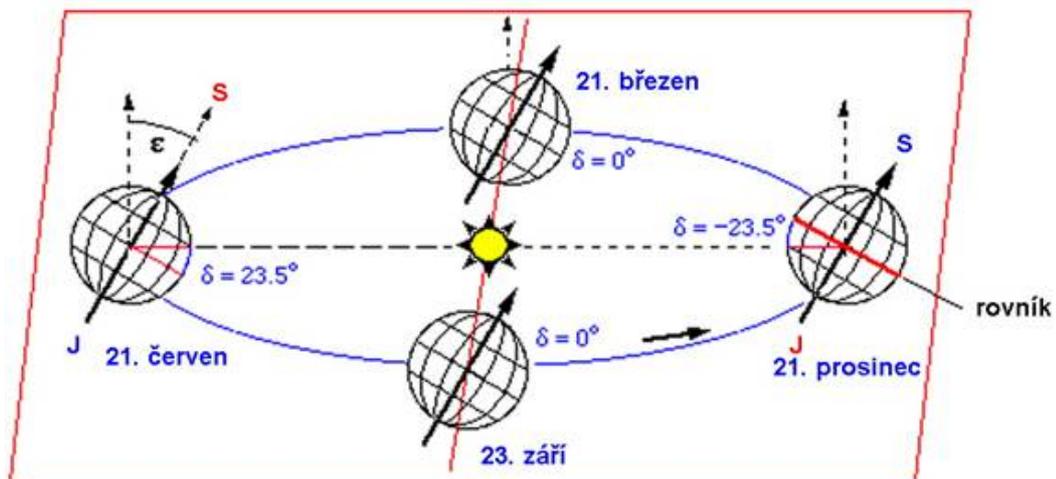


Obr. 9.36: Roční období (zleva: jaro, léto, podzim zima) a změny v přírodě

Otázka: Z jakého důvodu vznikají na Zemi roční období?

Země se při svém oběhu kolem Slunce pohybuje v rovině ekliptiky. Trajektorie má tvar elipsy (viz první Keplerův zákon). Vzdálenost mezi Sluncem a Zemí se mění. Nejblíže je Země Slunci v perihéliu (147,1 milionů kilometrů), nejvzdálenějším bodem dráhy je afélium (152,1 milionů kilometrů). Rozdíl činí 5 milionů kilometrů. Nesprávná je úvaha, že vzdálenost může za změnu ročních období, v období léta na severní polokouli je Země od Slunce nejdále. Za změnu ročních období může sklon rotační osy Země. Pokud by byla rotační osa kolmá k rovině ekliptiky, Slunce by se po celý rok promítalo pouze nad rovník a všechny dny a noci v roce by byly stejně dlouhé.

V důsledku sklonu rotační osy Země se Slunce po celý rok nepromítá přímo nad rovník (nad rovníkem je pouze dvakrát za rok – při březnové a zářijové rovnodennosti), ale zdánlivě se promítá nad oblasti vymezené obratníkem Kozoroha (na zeměpisné šířce $-23,5^\circ$) a obratníkem Raka (na zeměpisné šířce $+23,5^\circ$).



Obr. 9.37: Střídání ročních období

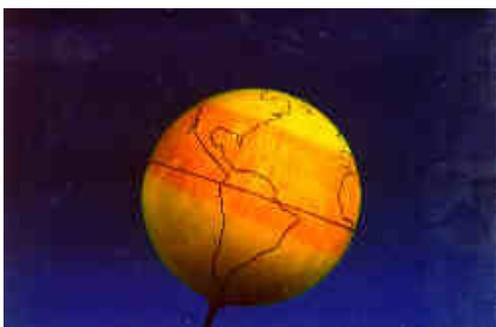
Pokud se Slunce promítá nad obratník Kozoroha, při pozorování ze severní polokoule je Slunce nízko nad obzorem (z 50° severní zeměpisné šířky je slunce $50^\circ + 23,5^\circ = 73,5^\circ$ od zenitu) a jeho paprsky dopadají pod velmi ostrým úhlem, vznikají dlouhé stíny předmětů. Na severní polokouli máme zimu. Naopak v době, kdy se Slunce promítá nad obratník Raka, při pozorování ze severní polokoule vystupuje Slunce vysoko nad obzor (z 50° severní zeměpisné šířky je slunce $50^\circ - 23,5^\circ = 26,5^\circ$ od zenitu) a jeho paprsky dopadají pod méně ostrým úhlem, vznikají jen kratší stíny předmětů. Na severní polokouli je léto.

Pro získání lepší představy o střídání ročních období použijeme termoglóbus, „zčervená“ v místech, která se dopadajícím zářením nejvíce zahřívají.



Bez sklonu rotační osy

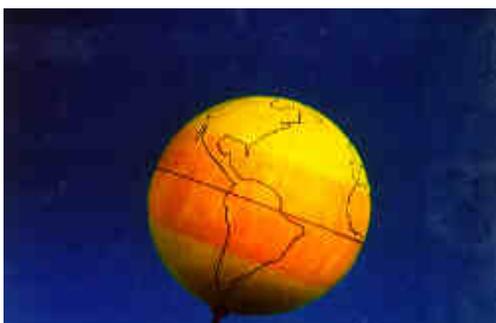
Jestliže nebude mít termoglóbus skloněnu rotační osu, bude rotovat kolem svislé osy, vytváří se červený prstenec jen v okolí rovníků. Glóbus je osvětlován z pravé strany.



Červnový slunovrat

(severní polokoule léto / jižní polokoule zima)

Pokud skloníme osu glóbu vpravo, posune se nám zčervenálý prstenec na sever. Rozdělení teplot odpovídá létu na severní polokouli a zimě na jižní.



Březnová a zářijová rovnodennost

Slunce má vůči světovému rovníku nulovou deklinaci, zemská osa je přesně kolmá na průvodič Země–Slunce. Červený prstýnek (způsobený zahříváním) se nachází v rovníkové části Země.



Prosincový slunovrat

(severní polokoule zima / jižní polokoule léto)

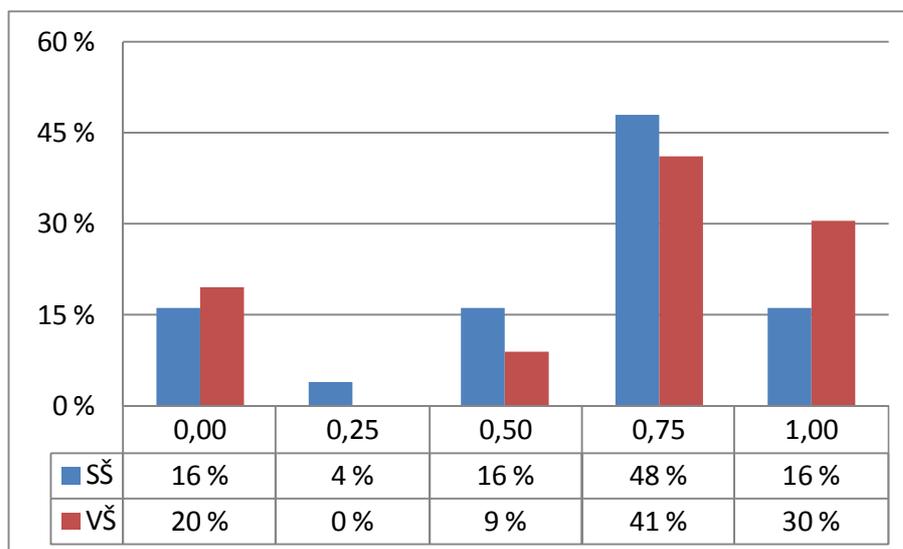
Za půl roku (od letního slunovratu) je Země na opačné straně, než byla v létě, zdroj světla je vlevo od Země. Červený prstýnek se posunul směrem na jih. Na jižní polokouli mají léto, na severní zimu.



Situace během roku

Obrázek ilustruje skutečnost, že roční období souvisí se sklonem osy. Směr zemské osy zůstává v prostoru stálý, neměnný (pokud zanedbáme precesi, což v tomto případě můžeme). Důkazem je skutečnost, že zemská osa po celý rok směřuje k Polárce.

První část úkolu jsem směřoval ke zjištění, zda účastníci testování vědí, proč se na Zemi střídají roční období. Jak ukazuje Obr. 9.38, většina účastníků (téměř tři čtvrtiny žáků střední školy a přes tři čtvrtiny studentů univerzity) uvedla správnou odpověď.



Obr. 9.38: Porovnání úspěšnosti odpovědí u první části úkolu 1 mezi SŠ a VŠ

Mezi správnými odpověďmi účastníků gymnázia, které jsem ohodnotil 75 % až 100 %, se objevily:

1. Díky sklonu zemské osy (23,5°).
2. Kvůli sklonu zemské osy.
3. Naklonění zemské osy, otáčením a obíháním Země.
4. Nakloněním zemské osy, vzdáleností od Slunce.
5. Sklon zemské osy k ekliptice a oběh Země okolo Slunce.
6. Stejně naklonění zemské osy.
7. Vlivem skloněné rotační osy Země o 23,5°. Oběžné trajektorie ve tvaru elipsy dochází k tomu, že se mění vzdálenost Slunce od Země.
8. Z důvodu sklonění osy Země a oběžné trajektorie ve tvaru elipsy.

Poloviční počet bodů jsem dal za následující odpovědi:

9. Díky otáčení Země kolem Slunce a naklonění zemské osy.
10. Náklon zemské osy, otáčení Země kolem Slunce.
11. Naklonění zemské osy, otáčení Země kolem Slunce.
12. Z důvodu naklonění zemské osy a otáčení kolem Slunce.

Body jsem strhl zejména za slovní spojení, že se Země otáčí kolem Slunce, což není terminologicky správně. Země obíhá kolem Slunce a otáčí se okolo své rotační osy.

Mezi chybnými odpověďmi byly:

13. Kvůli natáčení zemské osy
14. Kvůli obíhání Země kolem Slunce
15. Kvůli vzdálenosti Země od Slunce
16. Rotací Země kolem Slunce

Odpověď 13 je zavádějící, zemská rotační osa sice vykonává pomalý krouživý proces zvaný precese, jinak se ale snaží držet pevný směr, kterým míří k Polárce. Vzdálenost Země od Slunce (viz odpověď 15), ani obíhání Země kolem Slunce (odpověď 14) není významnou příčinou vzniku ročních období.

U studentů univerzity nebyly výrazné změny v odpovědích, více uváděli nepatrný vliv vzdálenosti od Slunce.

Otázka: Kdy nastávají jednotlivá roční období na severní polokouli?

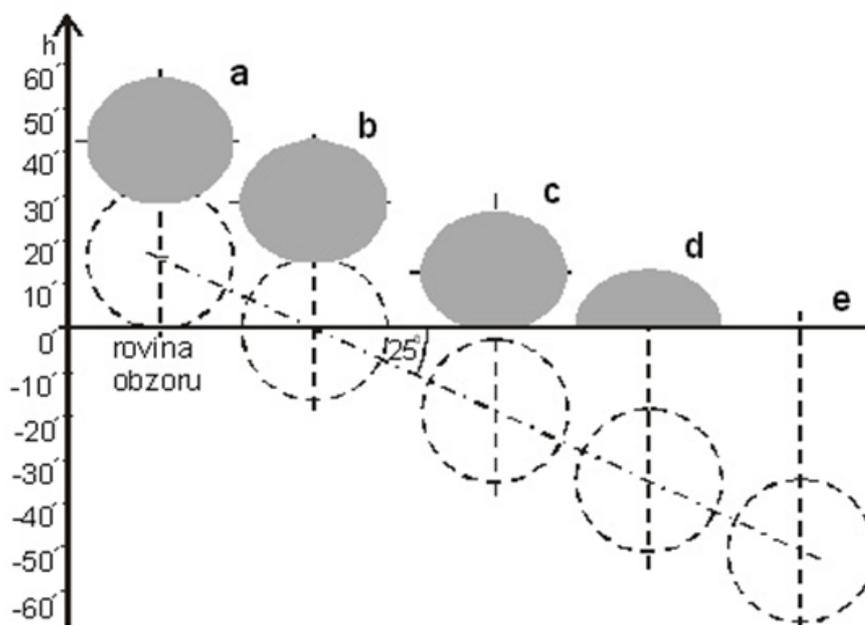
Roční období	jaro	léto	podzim	zima
Termín (den, měsíc)	19.–21. 3.	20.–22. 6.	22.–23. 9.	21.–22. 12.

Astronomické jaro, léto, podzim a zima, přesně ohraničené astronomickými okamžiky jarní a podzimní rovnodennost a letní a zimní slunovrat, nezačínají v různých letech vždy ve stejný den, protože rok není roven přesnému počtu 365 dní a kalendář si vypomáhá přestupnými dny.

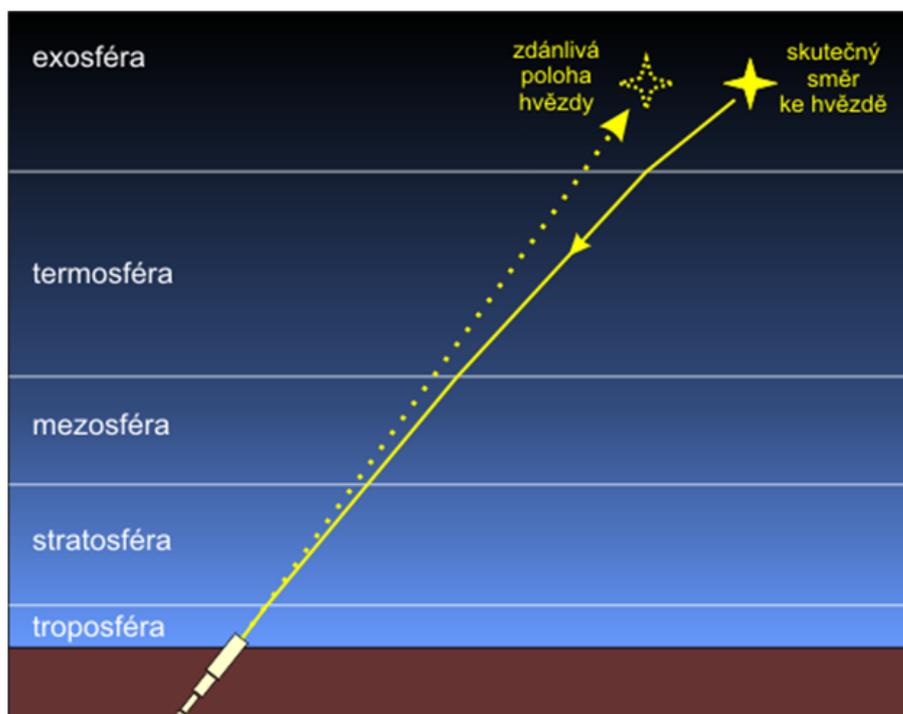
Je dostačující, pokud žák vyplní správně alespoň jedno datum pro každé roční období, který bude ve výše uvedených intervalech.

Úspěšnost správného zodpovězení této otázky byla velmi vysoká, 96 % žáků gymnázia a 93 % studentů univerzity správně vyplnilo tabulku. Účastníci k tomu přitom mohli použít výše uvedený obrázek s trajektorií Země a Sluncem.

2. Východ a západ slunce jsou okamžiky, kdy se horní okraj slunečního kotouče nachází přesně na ideálním horizontu.

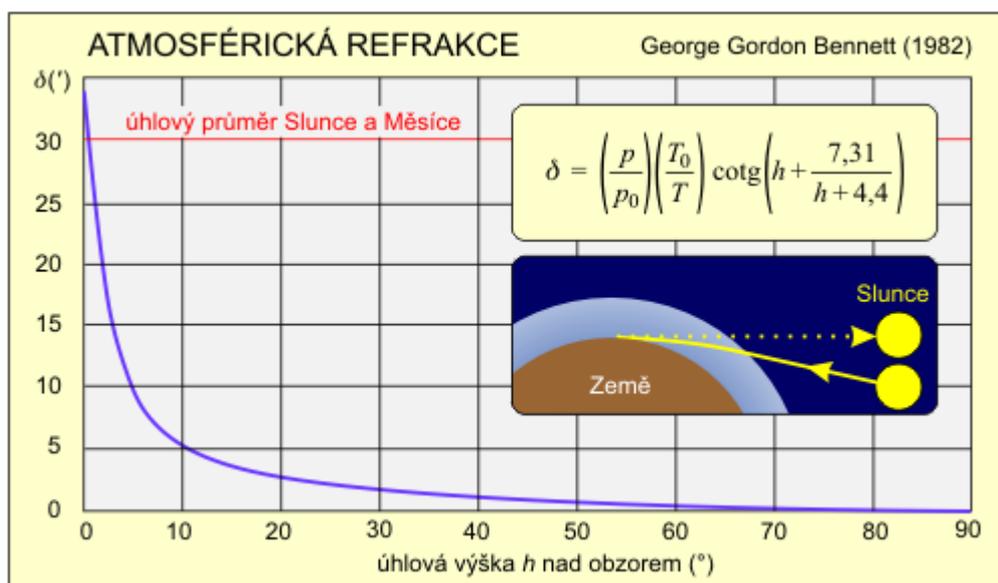


Obr. 9.39: Východ a západ slunce



Obr. 9.40: Atmosférická refrakce

Vlivem atmosférické refrakce je skutečná poloha horního okraje slunečního disku v těchto okamžicích $0^{\circ}34'$ pod horizontem. Zdánlivý pol oměr slunce činí na obloze $0^{\circ}16'$. Střed slunečního disku je v okamžiku východu nebo západu slunce $0^{\circ}50'$ pod horizontem.

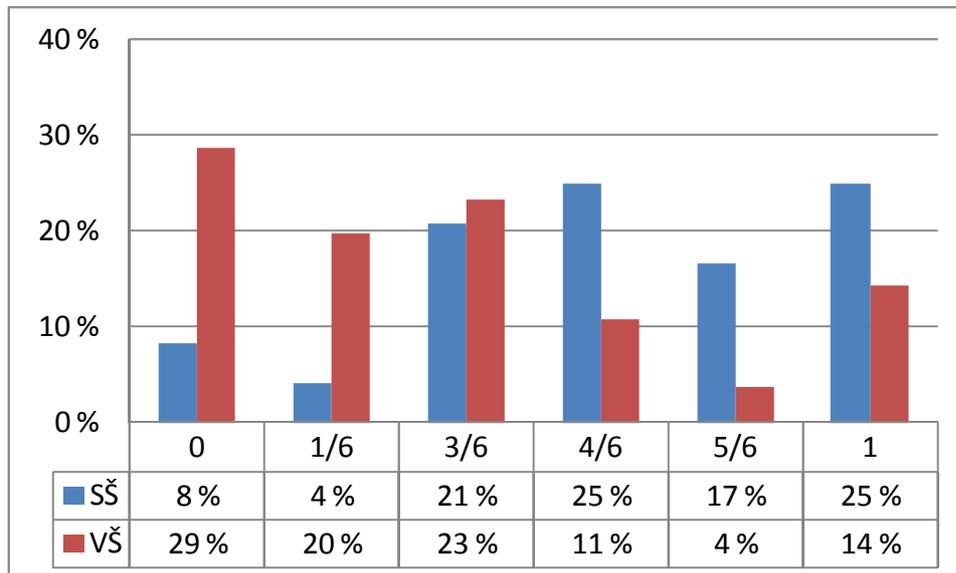


Obr. 9.41: Velikost atmosférické refrakce

Žáci najdou aplikaci pro zkoumání západů, východů slunce, soumraků a průběhu slunce pod obzorem na stránce astronomia.zcu.cz → Hvězdy → Katalog HIPPARCOS a SIMBAD → Noční obloha.

Celý úkol 2, který se skládá ze tří skupin podotázek, řešili úspěšně dvě třetiny žáků gymnázia a necelá třetina studentů univerzity. Mezi úspěšná řešení považují

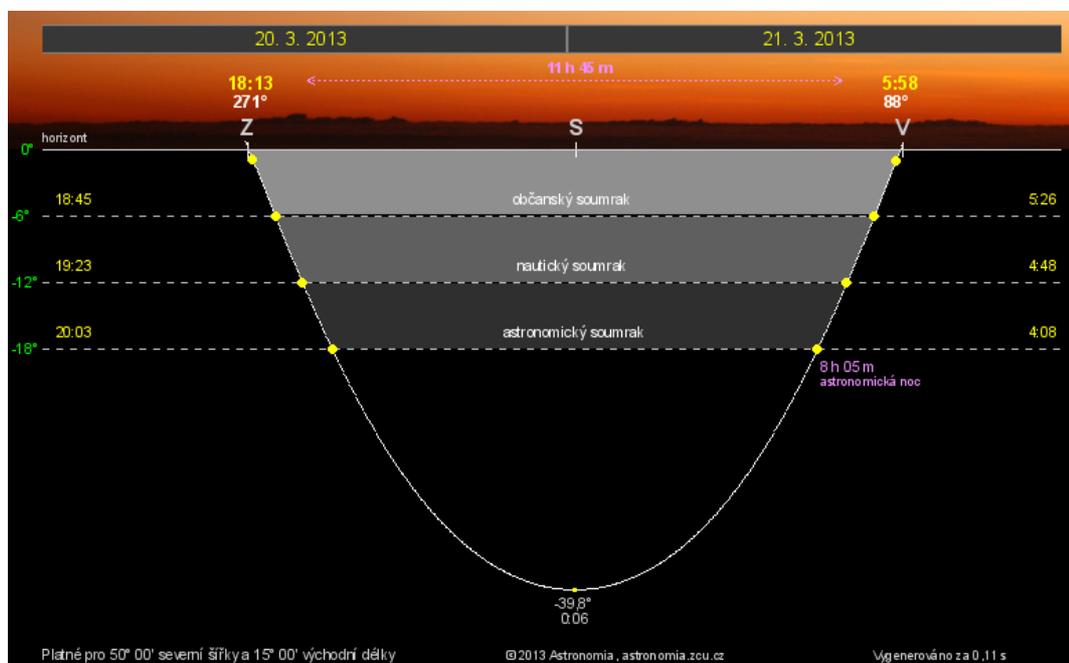
splnění všech dílčích úkolů alespoň ze dvou třetin. Našlo se 13 % účastníků gymnázia, kteří tento úkol nedokázali nebo nechtěli vyřešit. U účastníků univerzity se jedná o téměř polovinu. Přesný důvod tohoto výrazného rozdílu se pravděpodobně nepodaří najít, u účastníků univerzity by se mohlo jednat o skutečnost, že část z nich neměla k dispozici vlastní počítač.



Obr. 9.42: Porovnání úspěšnosti odpovědí u první části úkolu 2 mezi SŠ a VŠ

Otázka: *Kdy a kde zapadá a vychází slunce při březnové a zářijové rovnodennosti? Jak dlouho v tyto dny trvá noc?*

Slunce vychází přesně na východě a zapadá na západě.



Obr. 9.43: Průběh slunce pod obzorem během jarní rovnodennosti

Až do roku 2044 bude nastávat březnová rovnodennost 20. března. Východ slunce pro tento den je na 50° severní zeměpisné šířky a 15° východní zeměpisné

délky v 6.01, západ slunce v 18.13. Délka bílého dne je 12 h 12 m. Noc trvá 11 h 48 m.

Lidovější definice rovnodennosti říká, že nastává, pokud den i noc trvají stejnou dobu, tzn. právě 12 hodin. Vlivem atmosférické refrakce dochází k prodloužení bílého dne, a proto tato definice není astronomicky přesná.

Obdobná situace nastane v září. K rovnodennosti bude střídavě docházet 22. nebo 23. září. Délka bílého dne je 12 h 10 m, noc proto trvá 11 h 50 m.

První část úkolu 2 věnovaného rovnodennostem a délce noci se podařilo úspěšně vyřešit třetině účastníků. Naopak 12 % účastníků neřešilo úkol vůbec a 7 % zodpovědělo chybně. Více než pětina (21 %) účastníků uváděla délku astronomické noci, nikoli té od západu po východ slunce. Na tuto záležitost by bylo vhodné žáky a studenty upozornit. Na druhou stranu, necelá čtvrtina (23 %) uvedla známý, ale nepřesný údaj 12 hodin nezahrnující atmosférickou refrakci.

Otázka: Kdy a kde zapadá a vychází slunce při červnovém a prosincovém slunovratu? Jak dlouho v tyto dny trvá noc?

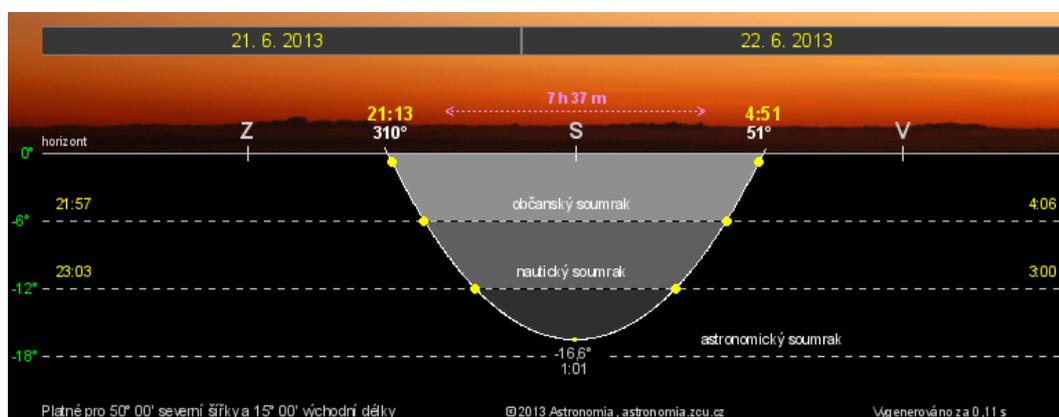
Slunovrat je astronomický termín pro okamžik, kdy slunce má vůči světovému rovníku největší (v případě červnového slunovratu), respektive nejmenší (v případě prosincového slunovratu) deklinaci.

Pro Českou republiku můžeme použít i další, jednodušší definici slunovratu: nastávají, když bílý den je nejdelší (slunce vystoupí v poledne nejvýše) nebo nejkratší (slunce vystoupí v poledne nejnižše).



Obr. 9.44: Poloha východu slunce,

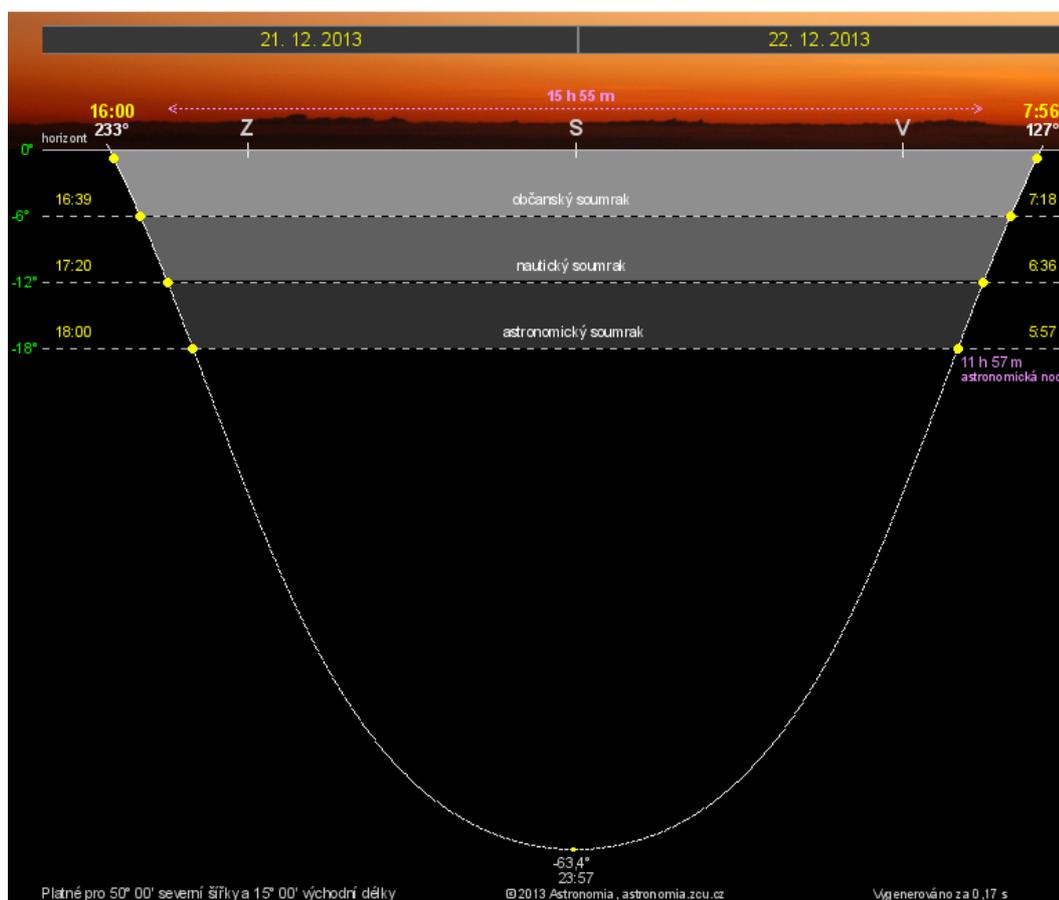
zdroj: <http://www.observatory.cz/news/staroveka-astronomie.html>



Obr. 9.45: Průběh slunce pod obzorem během červnového slunovratu

Červnový slunovrat nastává 21. června, někdy o den dříve. Východ slunce pro tento den nastává na 50° severní zem ěpisné šířky a 15° východní zem ěpisné délky ve 4.50, západ slunce ve 21.13. Délka bílého dne je 16 h 23 m. Noc trvá 7 h 37 m.

Prosincový slunovrat nastává 21. prosince, někdy o den později. Východ slunce pro tento den nastává na 50° severní zem ěpisné šířky a 15° východní zem ěpisné délky v 7.56, západ slunce v 16.00. Délka bílého dne je 8 h 04 m. Noc trvá 15 h 56 m.



Obr. 9.46: Průběh slunce pod obzorem během prosincového slunovratu

Druhá část úkolu 2 se týká slunovratu a délky noci. Téměř čtvrtina účastníků tento úkol vůbec neřešila. Dalších 16 % účastníků napsalo chybnou odpověď. Naštěstí 40 % účastníků zapsalo správnou odpověď. I v tomto případě se objevilo 17 % účastníků, kteří na otázku „Jak dlouho v tyto dny trvá noc?“ napsali údaj odpovídající astronomické noci.

Otázka: Jaký je časový rozdíl mezi západem slunce pro vámi zvolený den mezi nejzápadnějším a nejvýchodnějším městem v ČR? O jaká města jde?

Nejzápadnější město ČR je Aš ($12,183^\circ$ východní zem ěpisné délky), nejvýchodnější město ČR je Jablunkov ($18,767^\circ$ východní zem ěpisné délky). Žáci mohou zvolit libovolný den, pro který budou počítat časový rozdíl. Můžeme zvolit

např. březnovou rovnodennost, tzn. 20. března 2013. Západ slunce v Aši byl v 18.24, v Jablunkově v 17.58. Časový rozdíl je 26 minut.

Rozdíl zeměpisné šířky obou měst je pouze 0,6°. Můžeme udělat ještě jednu úvahu. Mezi Ašem a Jablunkovem je rozdíl 6,5° zeměpisné délky, čemuž odpovídá časový rozdíl 26 minut. Trojčlenkou dojdeme k výsledku, kolik stupňů odpovídá jedné hodině. Vyjde nám 15,2°, což do určité míry odpovídá časovým pásmům, kdy se Země rozdělila na 24 pásem po 15°.

Třetí a závěrečná část úkolu 2 se věnuje časovému rozdílu mezi dvěma městy ČR. Pomocí map na internetu si účastníci zjistí nejzápadnější a nejvýchodnější město a zapíše jejich jména. Poté naleznou západy slunce pro tato dvě města a zjistí časový rozdíl. Nalezení správných měst se podařilo 77 % účastníků. Správný časový rozdíl uvedlo jen 42 % účastníků, nejčastěji uváděli údaje mezi 24 až 28 minutami. Mezi nepřesné údaje jsem zařadil 7 minut, 10 minut, 20 minut, 23 minut, 27 minut, 28 minut a 30 minut. Zastoupení těchto chybných hodnot je mezi jedním až pěti procenty.

3. Soumrak je přechod mezi dnem a nocí; doba po západu nebo před východem slunce. Při soumraku je slunce pod obzorem, osvětluje však horní vrstvy atmosféry, a tím je částečně osvětlen i zemský povrch.

Otázka: Jaké druhy soumraků známe? Podle čeho je rozlišujeme?

Známe občanský, nautický a astronomický soumrak. Rozlišujeme je podle výšky (hloubky) slunce pod obzorem. Během *občanského soumraku* (geometrický střed slunce na obloze je mezi -6° až $-0^\circ 50'$) lze venku bez umělého osvětlení vykonávat běžné činnosti včetně čtení novin nebo hraní míčových her. Na obloze vidíme nejjasnější objekty jako Měsíc, jasné planety a postupně se objeví jasné hvězdy. V průběhu *nautického soumraku* (-12° až -6°) prováděli mořeplavci pozorování hvězd nezbytných k určení zeměpisné polohy na moři. Na obloze jsou vidět navigační hvězdy a zároveň je rozeznatelná mořská hladina od oblohy. Při astronomickém soumraku (-18° až -12°) je obloha tma, jsou vidět hvězdy do páté magnitudy.

Celkem 80 % účastníků správně napsalo jednotlivé druhy soumraků. U 36 % případů se objevila i správná informace, podle čeho je rozlišujeme. Pro devět procent účastníků byla tato část úlohy neřešena. Jedenáct procent účastníků napsalo chybné zdůvodnění:

1. *podle množství tmy*
2. *podle tmy*
3. *podle významu pro různé typy lidí*
4. *rozlišujeme podle NGC limit*

Zejména při odpovědi 4 by bylo vhodné účastníkům objasnit význam tohoto políčka. To slouží pro omezení pozorované hvězdné velikosti pro NGC objekty, které se objevují v informacích pro vybraný bod na průběhu slunce pod obzorem.

Otázka: Jak dlouho trvají občanské soumraky při březnové rovnodennosti a prosincovém slunovratu?

Březnová rovnodennost (20. března 2013)

začátek občanského soumraku	18.13 (západ slunce)
konec občanského soumraku	18.45

délka trvání občanského soumraku	32 minut
----------------------------------	----------

Prosincový slunovrat (21. prosince 2013)

začátek občanského soumraku	16.00 (západ slunce)
konec občanského soumraku	16.39

délka trvání občanského soumraku	39 minut
----------------------------------	----------

Červnový slunovrat (21. června 2013)

začátek občanského soumraku	21.13 (západ slunce)
konec občanského soumraku	21.57

délka trvání občanského soumraku	44 minut
----------------------------------	----------

Výše uvedené časové údaje jsou spočítané pro 50° severní zeměpisné šířky a 15° východní zeměpisné délky.

Téměř polovina účastníků (47 %) zodpověděla tento úkol správně uvedením dvou časů. Pro 14 % účastníků se jednalo o nezajímavý úkol a nechalo jej bez odpovědi. Dvě pětiny účastníků se pokusilo o odpověď, ale hodnotil jsem je jako chybné. Nejčastěji se jednalo o uvedení jen jednoho času nebo uvedení chybného času.

4. Obloha je tmavá, jsou vidět i slabé hvězdy. Slabší objekty (mlhoviny nebo galaxie) však ani v dobrém dalekohledu nejsou za astronomického soumraku pozorovatelné a je třeba počkat na astronomickou noc.

Otázka: Jak hluboko musí být slunce pod obzorem, aby nastala astronomická noc?

Astronomická noc nastane, pokud je geometrický střed slunce více než 18° pod obzorem. Sluneční světlo již nijak nenarušuje pozorování oblohy.

Je vhodné si uvědomit a žáky na tuto skutečnost upozornit, že ve městech, osvětlených předměstích nebo za úplňku obloha nikdy neztmavne více, než byla na rozmezí nautického a astronomického soumraku bez ohledu na to, jak hluboko pod obzor klesne slunce.

Celkem 19 % účastníků uvedlo chybnou odpověď, mezi kterými byly hodnoty -12°, -18,1°, -18,5°, 25°, 27,5° a 30°. Tato otázka se stala jednou z nejlépe hodnocených, protože zbývající počet účastníků napsal správnou odpověď, i když v některých případech se nejednalo o zcela korektní matematické vyjádření (odpověď 4, ale i 7, 13 či 15):

1. 18°

2. -18°
3. 18° a míň
4. -18° a více
5. -18° musí být pod obzorem
6. 18° pod obzorem
7. -18° pod obzorem
8. méně než -18°
9. nejméně 18°
10. pod 18°
11. pod 18° pod obzor
12. slunce je více jak 18° pod obzorem
13. více jak -18° pod horizontem
14. více jak 18° pod obzorem
15. více než -18°

Otázka: *Kdy nenastává v našich zeměpisných šířkách astronomická noc?*

Tip: zaměřte se na období okolo červnového slunovratu.

Žáci použijí pro hledání odpovědi na tuto otázku aplikaci Noční obloha. Začnou datem odpovídajícím červnovému slunovratu, tzn. 20. nebo 21. června. Změnou data směrem zpět budou hledat okamžik, kdy se na obrázku objeví délka astronomické noci. Pro rok 2013 to nastane z 29. na 30. května. Opačným směrem to bude noc z 11. na 12. července.

Astronomická noc nenastává v našich zeměpisných šířkách (hledáno pro 50° severní zeměpisné šířky) od 30. května do 11. července, tj. 44 dnů.

Touto otázkou se vůbec nezabývalo 17 % účastníků. Deset procent uvedlo odpověď „červen, červenec“, což jsem ovšem nemohl považovat za správnou, protože toto období končí před polovinou července, okolo 11. července. Správnou odpověď uvedlo 44 % účastníků:

1. 28. 5. – 12. 7.
2. 29. 5. – 12. 7.
3. 30. 5. – 10. 7.
4. 31. 5. – 9. 7.
5. 1. 6. – 6. 7.
6. 1. 6. – 8. 7.
7. 1. 6. – 12. 7.
8. 2. 6. – 7. 7.
9. 3. 6. – 7. 7.
10. 3. 6. – 6. 7.
11. 4. 6. – 6. 7.
12. cca červen, červenec, kolem červnového slunovratu
13. celý červen až do 13. července
14. červen a začátek července
15. červen, do půlky července
16. konec května - začátek července
17. přibližně od poč. července – 1 týden a něco července
18. začátek června do 11. července

Za chybné nebo neúplné odpovědi jsem považoval následující:

19. 13. – 28. 6.
20. 15. – 25. 6.
21. 19. – 23. 6.
22. 21. 6.

23. 31. 5. – 9. 6.
24. cca 5 hod ráno
25. při letním slunovratu (cca 7:50)
26. červen a červenec
27. v červnu
28. červenec
29. kolem červnového slunovratu
30. nenastává
31. nenastává během červnového slunovratu
32. od určité zeměpisné šířky může dojít ke splynutí večerního soumraku a ranního svítání = bílá noc. Když se blíží slunovrat.
33. pokud neklesne pod 18°
34. v létě 21. 6.

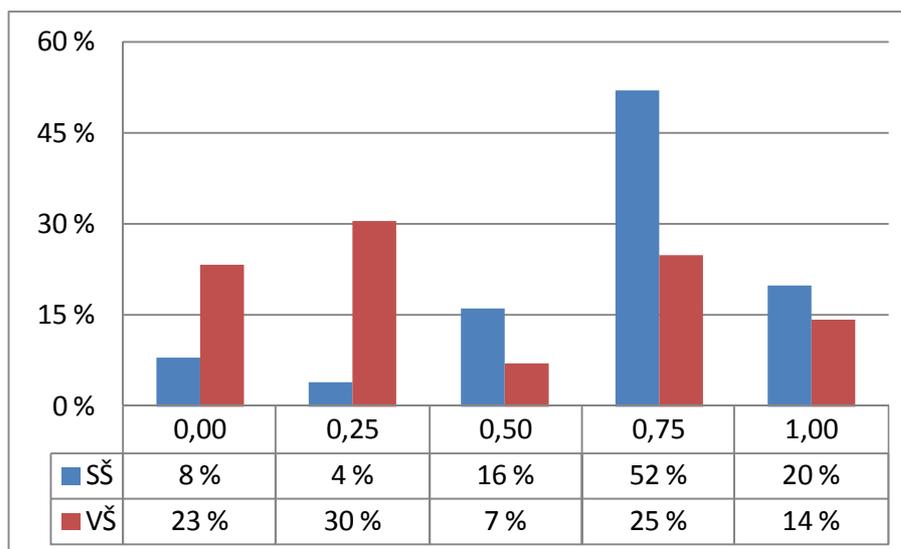
Odpovědi 19 až 23 zahrnují pouze červen, správná odpověď sahá až k 11. červenci. Odpovědi 24 a 25 vůbec neodpovídají na položenou otázku, okolo páté hodiny ranní dochází k východu slunce při letním slunovratu. Odpovědi 26 až 28 obsahující pouze údaj o měsíci jsou chybné, protože ohraničení tohoto období lze definovat přesněji. Odpověď 29 je pouze částečně správná, víceméně opisuje nápodvedu z otázky. U odpovědi 30 je řečeno, že „nenastává“, což není správně. Odpověď 32 má na mysli zeměpisnou šířku nad polárním kruhem, otázka měla ovšem omezení na zeměpisné souřadnice České republiky. Odpověď 33 by šla považovat za správnou, takto je definována astronomická noc, nicméně v odpovědi jsem požadoval konkrétní časový údaj.

5. Zjistěte a zapište do tabulky okamžiky, kdy je slunce nejhluběji pod obzorem pro jednotlivé měsíce (zkoumejte pro 20. den v měsíci).

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Čas / hloubka	0:11 -60°	0:12 -51°	0:06 -40°	0:58 -28°	0:55 -20°	1:01 -17°	1:06 -20°	1:02 -28°	0:53 -39°	0:44 -51°	23:45 -60°	23:57 -63°

Jedná se o poslední úkol tohoto pracovního listu. Jeho vyplnění mohlo být ovlivněno nedostatkem času. U účastníků z gymnázia toto neplatí, 92 % splnilo tento úkol. U účastníků z univerzity se jednalo jen o 77 %, to je způsobené tím, že nebyla k dispozici pro všechny účastníky výpočetní technika, bez které je tento úkol nemožné řešit.

Ukazuje se, že účastníci gymnázia byli úspěšnější než účastníci univerzity. Jestliže vezmu v úvahu jen nadpoloviční splnění úkolu, je to v poměru 72 % ku 39 % ve prospěch gymnázia. První část úkolu byla zaměřena na práci z grafem, změnou data a vyplnění tabulky potřebnými údaji. Tabulku správně vyplnilo 80 % účastníků gymnázia a jen 36 % účastníků univerzity. Mezi univerzitními účastníky se našla téměř polovina, která tento úkol vůbec neřešila.



Obr. 9.47: Porovnání úspěšnosti odpovědí u první části úkolu 5 mezi SŠ a VŠ

Otázka: *V jakém měsíci je slunce během noci nejhluběji pod obzorem? Proč je v některých měsících tento okamžik okolo půlnoci, v jiných až okolo 1 hod?*

Nejhluběji klesne slunce pod obzor v prosinci, více než 60° .

Rozdíl v okamžiku, kdy je slunce nejhluběji pod obzorem (okolo půlnoci nebo okolo 1 hod v noci), je způsoben pravidelnou změnou času, kdy středoevropský pásmový čas měníme na středoevropský letní čas a naopak.

Zde se určitě hodí zmínka o pojmu „zimní čas“. Ten se prakticky nepoužívá. V Česku byl zaveden pouze jednou, v období od 1. prosince 1946 do 23. února 1947, kdy zde platil čas o hodinu pozadu než středoevropský čas. Zákon č. 212/1946 Sb. o zimním čase nebyl zrušen a stále umožňuje vládě v případě potřeby zimní čas zavést.

Druhá část se týkala prací s tabulkou získanou v předchozí části úkolu. Účastníci měli určit měsíc, ve kterém je slunce během noci nejhluběji pod obzorem. Tři čtvrtiny účastníků uvedlo správnou odpověď – prosinec. Mezi chybnými odpověďmi v řádu jednoho až dvou procent se objevil listopad, leden a přelom prosinec/leden. Necelá pětina (19 %) účastníků neuvvedla žádnou odpověď.

Druhá otázka se týkala uvedení důvodu, proč je v některých měsících slunce nejhluběji pod obzorem okolo půlnoci, v jiných až okolo 1 hod. Na tuto otázku neodpovědělo 69 % účastníků. Nejčastěji (v 15 % případů) uváděli jako důvod změnu letního času na zimní, viz odpovědi 1 až 10, což je nepřesná odpověď, nicméně bral jsem ji také za správnou. Zcela chybné odpovědi (11 až 17) uvedlo 9 % účastníků. Pouze 7 % účastníků uvedlo terminologicky správnou odpověď (18 až 23).

1. kvůli měnění letního a zimního času
2. letní a zimní čas
3. kvůli změně času na letní a zimní
4. změna času letní x zimní
5. změna času letní-zimní
6. protože se šoupe letní čas na zimní
7. kvůli střídání letního a zimního času

8. *pravděpodobně kvůli změně letního a zimního času*
9. *změna času z letního na zimní*
10. *změna času: letní, zimní*
11. *nevím*
12. *podle ročního období*
13. *kvůli natočení Země*
14. *kvůli natočení zemské osy*
15. *slunce zapadá v jiný čas – naklonění osy*
16. *podle toho, jak Slunce zapadá*
17. *mění se spolu se vzdáleností Země od Slunce*
18. *přechod na letní čas*
19. *změna času (letní čas)*
20. *způsobeno posunem času*
21. *kvůli změně času (CET, CEST)*
22. *protože se mění čas*
23. *změna na letní čas*

Z. Zpětné vazby v podobě komentáře v závěru jsem se dočkal od 43 % účastníků. Jejich reakce byly následující:

1. *Dobré*
2. *Pěkná práce*
3. *Šlo to skvěle*
4. *Bez problémů!*
5. *To bylo v pohodě, těžce*
6. *Malé kolonky na výsledky*
7. *Úkol mě bavil, jen větší okénka na doplňování*
8. *V pořádku, nastavení rychlosti pro animaci*
9. *Zábavná, lehce řešitelná, dostatek času*
10. *Je to na celý den*
11. *Klidná klikací práce.*
12. *Nebyl čas*
13. *S internetem se pracuje velice dobře, nesnáze asi jen s mojí matematikou.*
14. *Na práci s internetovou stránkou astronomia.zcu.cz není nic těžkého. Nesnáze nebyly.*
15. *Problematická místa žádná*
16. *Přečetla jsem otázku, koukla na internet, našla, napsala do papíru*
17. *Nesnáze: žádné, průběh: vše se dalo lehce opsat ze stránek astronomia.zcu.cz*
18. *Bylo to jenom o hledání na internetu, takže do 5 min o tom nic nevím.. Vylepšení? Míň úloh, trochu praktičtější úlohy, abych si pod tím něco představil.*
19. *Složitě, úloha 2., žádné*
20. *Řešení jasně, snadno vyhledatelné*
21. *Stránky jsou nepřehledné, něco tam najít je vážně umění. Pro člověka, kterého to nezajímá a neumí pracovat s grafy, je to ztráta času. Jen představa, že bych musela přečíst ten text, abych něco našla, je příšerná.*
22. *Používání strýčka Googla a astronomia.zcu.cz. Málo času, nevšiml jsem si druhé strany.*
23. *Nemůžu nikde najít úkol č. 5*
24. *Málo času na složité otázky.*
25. *Úloha se prováděla dobře, práce s internetem to usnadnila.*

Z některých výše uvedených odpovědí (1 až 5, 7 až 9, 14 až 17, 20, 25) plyne, že úloha byla bez problémů a snadno vyřešitelná. Objevují se i náměty na vylepšení pracovního listu (odpovědi 6 a 7) v podobě zvětšení okének na doplňování. K zamyšlení je určitě odpověď 18. Pokud to účastník (v tomto případě z gymnázia, který splnil zadání pracovního listu na 55 %) považoval jen za hledání informací na internetu a nedonutilo jej to k zamyšlení nad tím, co a proč hledá, pak je otázka, zda je chyba v pracovním listu nebo v přístupu účastníka.

Odpověď 21 (účastnice z gymnázia, splnila zadání pracovního listu na 20 %) je dosti zarážející. Pokud žákyně nechce číst zadání jednotlivých úkolů, je otázkou, jakou úpravu by si představovala. Jsem přesvědčen, že práce s grafy patří mezi základní znalosti středoškolsky vzdělaného člověka. Jak uvádím ve své rigorózní práci (2011), naprostá většina účastníků uvedla, že stránky Astronomia věnované katalogům astronomických objektů jsou přehledné.

Ještě se zastavím u odpovědi 22, zejména druhé věty. Ta svědčí o nepozornosti některých účastníků. Každý pracovní list totiž obsahuje ve spodní pravé části na první straně text „otočte prosím...“. Kromě ústního upozornění žáků nebo studentů mne nenapadá další efektivnější způsob, jak je upozornit, aby si všimli zadání na druhé straně listu.

Během provádění praktické úlohy mohou nastat některé situace, na které by měl být učitel připraven: nedostatek času (žáci mohou některé části dokončit jako domácí úkol), nefunkční internet (učitel může mít dopředu připravené obrázky z webové aplikace a s žáky pouze nad nimi diskutovat nebo provádět některé výpočty), nefunkční webové stránky Astronomia či nedostupnost počítačové učebny. Bez výpočetní techniky je využití této úlohy složité, plnohodnotná modifikace úlohy bez použití počítače není bohužel možná. Tento výpadek lze nahradit pouze částečně, a to předem připravenými obrázky a následná diskuze nad nimi.

Na žáky nejsou obecně kladeny vysoké nároky na znalosti, nicméně pro hladký průběh hodiny doporučuji následující vědomosti:

- základní znalost práce s prohlížečem a internetem (vlození adresy)
- základní znalost aplikace Excel (není nutná, lze použít pro výpočet časových rozdílů)

9.8 Excel: HR diagram

Excel je tabulkový procesor, který nám umožňuje zpracovávat tabulku informací. Samotný pojem „tabulkový procesor“ může v někom evokovat představu něčeho nepříjemného ve tvaru tabulky. V tomto programu sice můžeme nejenom vytvářet (více či méně objemné) tabulky, ale i je snadno editovat a analyzovat. Z těchto dat lze vytvořit graf, který nám je pomůže vizualizovat. Považuji znalost tohoto typu programu za základní předpoklad v ovládnání výpočetní techniky.

Pro sestrojení HR diagramu z katalogu hvězd máme k dispozici velké množství dat, z nichž některé musíme ještě dopočítat a následně vytvořit graf včetně přizpůsobení os, aby výsledný obrázek odpovídal zažitým zvyklostem. K tomu lze s výhodou využít tabulkového procesoru, který nám řadu úkonů ulehčí, některé možná lehce zkomplikuje.

9.8.1 Cíle

Žák si osvojí orientaci při používání grafů.

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák se naučí sestrojít graf z velkého množství dat.

Žák pochopí vliv výběrového efektu na stanovení závěrů.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o logaritmech).

Žák si osvojí kritické myšlení při přijímání a hodnocení vypočítaných hodnot.

Žák se naučí vyhledat minimální, maximální a průměrnou hodnotu z řady čísel.

Žák prohloubí své kompetence při práci s grafy, porovnávání části grafu a vyvozování závěrů.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při používání tabulkového procesoru k analýze dat (otevření souboru; funkce na zjištění minimální, maximální a průměrné hodnoty; vložení vzorce do buňky; seřazení dat; nalezení konkrétní hodnoty v datech; sestrojení a následná práce s grafem).

Žák pochopí význam následujících pojmů: absolutní a pozorovaná hvězdná velikost, paralaxa, spektrální třída, efektivní teplota, barevný index, minimální, maximální a průměrná hodnota.

9.8.2 Zadání

1. Zkopírujte potřebná data (ve formátu CSV) pro blízké hvězdy (do 100 pc) na stránce astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/138-katalog-hipparcos.
2. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota pozorované hvězdné velikosti?
3. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota barevného indexu? Jakým spektrálním třídám odpovídají? Jakým efektivním teplotám odpovídají? Použijte vztah $T = 7200(I + 0,64)$, kde T je efektivní teplota v Kelvinech a I je barevný index.
4. Z paralaxy π vypočítejte u všech hvězd jejich vzdálenost r . Dejte pozor na jednotky použité ve vztahu mezi paralaxou a vzdáleností, $r = 1/\pi$. Podívejte se, v jakých jednotkách je paralaxa uvedena v katalogu.
5. Z pozorované hvězdné velikosti a vzdálenosti vypočítejte absolutní hvězdnou velikost pro všechny hvězdy ze souboru.
6. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota absolutní hvězdné velikosti? Jakým zářivým výkonům odpovídá? Použijte vztah: $\log L = -0,4M + 1,884$, kde L je zářivý výkon hvězdy v násobcích zářivého výkonu Slunce a M je absolutní hvězdná velikost.

7. Zobrazte HR diagram, tzn. bodový graf závislosti absolutní hvězdné velikosti na barevném indexu. Dbejte na správné zobrazení a konfiguraci os tak, jak jsme na ně u HR diagramu zvyklí.
8. Na grafu vyznačte pomocí značky polohu Slunce a páté nejjasnější hvězdy (dle pozorované hvězdné velikosti, použijte v Excelu seřazení dat).
9. Zobrazte HR diagram i pro vzdálené hvězdy (mezi 100 a 400 pc).
10. Porovnejte HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd. Proč se HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd liší? Objasněte.
11. Oba grafy pošlete mailem zadavateli úlohy ve formátu XLS i PDF (jako obrázek), včetně odpovědí na položené otázky.

9.8.3 Metodické informace k úloze

Úlohy na procvičení Excelu věnované HR diagramu (viz kapitola 9.8) a Kirkwoodovým mezerám (viz kapitola 9.9) byl ověřen na pěti účastnících Mezinárodní olympiády v astronomii a astrofyzice (IOAA), jejíž součástí byla v roce 2013 soutěž v analýze dat pomocí Excelu. Účastníky výběrového soustředění astronomické olympiády konaném v roce 2013 na hvězdárně ve Valašském Meziříčí jsem korespondenčně požádal o vyřešení těchto úloh využívající katalogy hvězd a planetek. Žáci si mohli vybrat libovolnou úlohu, stačila jedna, i když každá obsahuje odlišné použití Excelu.

1. Žáci zkopírují potřebná data ve formátu CSV pro blízké hvězdy (do 100 pc) ze stránky astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/138-katalog-hipparcos.

Vyhledávací formulář neobsahuje kolonku pro zadání vzdálenosti. Můžeme ji převést na paralaxu a zadat do okénka Plx. Platí, že

$$r = \frac{1}{\pi} \Rightarrow \pi = \frac{1}{r}, \quad (9.8)$$

kde r je vzdálenost hvězdy v parsecích a π je paralaxa hvězdy v obloukových vteřinách.

Převrácená hodnota 100 pc je 0,01". Jelikož se údaj do formuláře zadává v tisícinách úhlových vteřin, převedeme na 10 mas (**miliarcsecond**). Z důvodu převrácené hodnoty zadáme do kolonky „od“. Formát výstupních dat nastavíme na „CSV“ a Počet záznamů na „vše“. Získáme textový soubor čítající 22 982 položek.

2. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota pozorované hvězdné velikosti?

Použijeme Excel funkci =MAX(F5:F22986) pro zjištění minimální hodnoty pozorované hvězdné velikosti. Vyjde 13,39. Funkce =MIN(F5:F22986) zjistí maximální hodnotu pozorované hvězdné velikosti, získáme -1,44. Průměrnou hodnotu získáme funkcí =PRŮMĚR(F5:F22986) a vyjde 8,24.

3. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota barevného indexu? Jakým spektrálním třídám odpovídají? Jakým efektivním teplotám odpovídají? Žáci použijí vztah

$$T = 7200 / (I + 0,64), \quad (9.9)$$

kde T je efektivní teplota v Kelvinech a I je barevný index.

Pro barevný index použijeme stejných funkcí jako v bodu 2. Na rozdíl od hvězdné velikosti, funkce MAX nám zjistí maximální hodnotu, funkce MIN minimální. Pro efektivní teplotu přepíšeme vzorec (9.9) do Excelu jako =7200/(Lxxxx+0,64), kde Lxxxx jsou buňky obsahující maximální a minimální hodnoty barevného indexu.

	Barevný index	Teplota	Spektrální třída
MIN	-0,4	30 000 K	G0 (z katalogu Hipparcos)
MAX	3,5	1 739 K	K0 (z katalogu SIMBAD)
PRŮMĚR	0,7	5 413 K	G5

Zde přichází na řadu kritické myšlení u žáků, aby správně vyhodnotili a určili spektrální třídy hvězd. Minimální hodnotě (-0,4) barevného indexu odpovídá z katalogu Hipparcos pouze jedna hvězda s označením HIP 67527, u které je uvedena spektrální třída G0V. Zde je ovšem rozpor mezi odhadnutou efektivní teplotou a spektrální třídou, která by se měla u hvězdy typu G pohybovat mezi 5 200 K a 5 900 K²⁵. Jestliže použijeme pro ověření databázi SIMBAD²⁶, zjistíme, že spektrální třída je shodná s hodnotou v databázi Hipparcos, tzn. G0V. Rozdíl ovšem je v hodnotách hvězdných velikostí, pro filtr v pásmu B je 8,91 mag, pro filtr v pásmu V je 8,33 mag. Jejich rozdíl roven barevnému indexu činí 0,58, což už odpovídá uvedené spektrální třídě.

Obdobná situace nastane u maximální hodnoty (3,5) barevného indexu. Podmínce vyhovuje jedna hvězda s označením HIP 50798, která nemá v katalogu Hipparcos uvedenu žádnou spektrální třídu. Při pohledu do databáze SIMBAD²⁷ zjistíme u této hvězdy spektrální třídu K, které by měla odpovídat efektivní teplota 3 900 K až 5 200 K. Barevný index je u obou katalogů shodný.

Průměrné hodnotě (0,7) barevného indexu odpovídá 79 hvězd. Jejich spektrální třídy jsou různé – F (6krát), G (67krát) a K (6krát). Dle odhadnuté efektivní teploty nejlépe odpovídá spektrální třída G, která má i největší procentuální zastoupení (85 %). Nejčastěji se objevuje spektrální třída G5 (33 %), následovaná G0 (22 %). Ostatní jsou pod 10 %.

4. Z paralaxy žáci vypočítají u všech hvězd jejich vzdálenost. Dají pozor na jednotky použité ve vztahu mezi paralaxou a vzdáleností. Žáci se podívají, v jakých jednotkách je paralaxa uvedena v katalogu.

Žáci v Excelu přidají nový sloupec P s nadpisem „Dist“, do kterého vepíší vzorec =1/(I5/1000). Ten zkopírují i do dalších buněk. Lze udělat tím, že označí zbytek sloupce a stisknou Ctrl+D. Paralaxa je uvedena v katalogu v tisícinách úhlových vteřin (mas), proto se ve vzorci hodnota dělí 1000 pro převod na úhlové vteřiny.

²⁵ Na adrese astronomia.zcu.cz/hvezdy/charakteristika/4-spektralni-typy-hvezd

²⁶ Na adrese astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/141-vysledek-vyhledavani?hip_text=HIP+67527

²⁷ Na adrese astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/141-vysledek-vyhledavani?hip_text=HIP+50798

5. Z pozorované hvězdné velikosti a vzdálenosti žáci vypočítají absolutní hvězdnou velikost pro všechny hvězdy ze souboru.

Žáci v Excelu přidají nový sloupec O s nadpisem „M“, do kterého vepíší vzorec $=F5+5*(1-LOG(P5))$. Ten opět zkopírují do dalších buněk podle pomůcky uvedené v bodu 4.

6. Jaká je maximální, minimální a průměrná hodnota absolutní hvězdné velikosti? Jakým zářivým výkonům odpovídá? Žáci použijí vztah

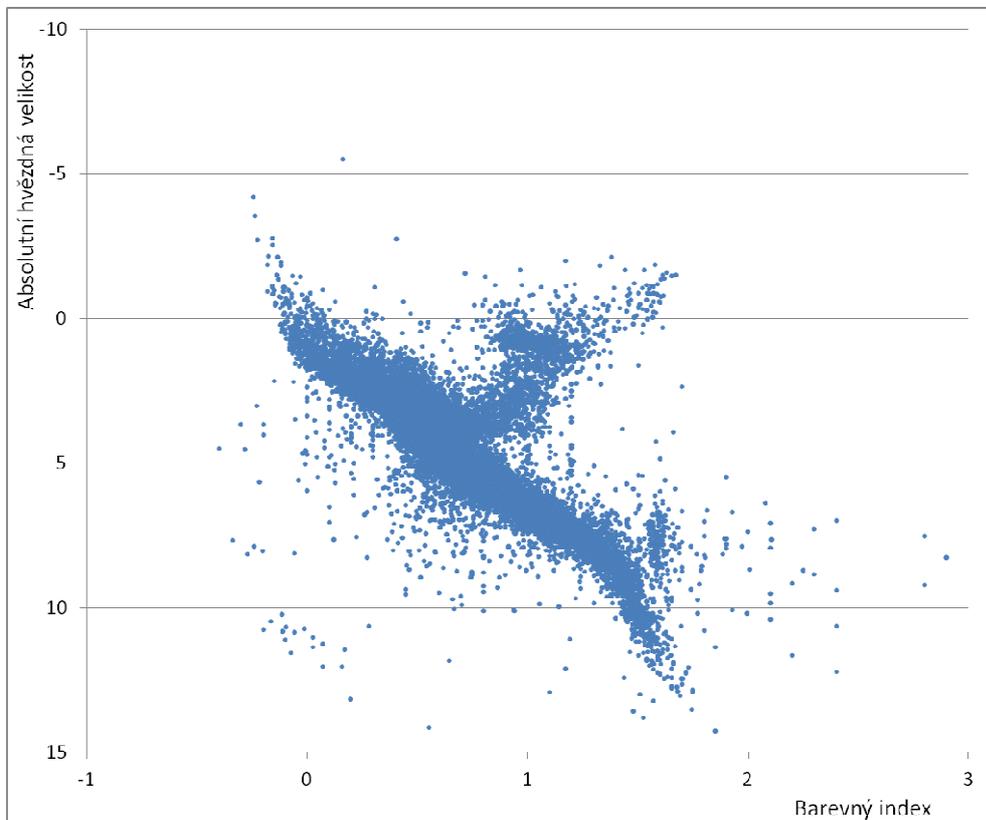
$$\log L = -0,4M + 1,884, \quad (9.10)$$

kde L je zářivý výkon hvězdy v násobcích zářivého výkonu Slunce ($3,846 \cdot 10^{26}$ W) a M je absolutní hvězdná velikost.

Použitím stejných funkcí jako v bodu 2 dojdou žáci k následujícím hodnotám:

	Absolutní hvězdná velikost	Zářivý výkon
MIN	15,45	$5 \cdot 10^{-5} L_S$
MAX	-5,53	$1 \cdot 10^4 L_S$
PRŮMĚR	4,44	$1,3 L_S$

7. Žáci zobrazí HR diagram, tzn. bodový graf závislosti absolutní hvězdné velikosti na barevném indexu. Žáci dbají na správné zobrazení a konfiguraci os tak, jak jsme na ně u HR diagramu zvyklí.



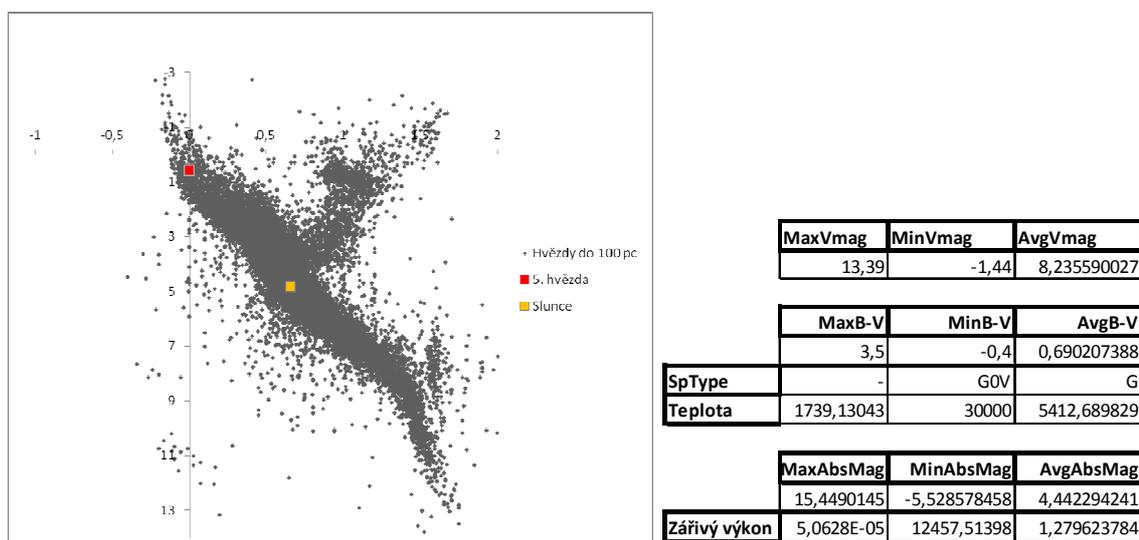
Obr. 9.48: HR diagram v Excelu pro hvězdy do 100 pc

Zvyklostí je, že se na vodorovnou osu vynáší „Barevný index“ a na svislou „Absolutní hvězdná velikost“, měřítka os žáci přizpůsobí (barevný index vychází nejlépe od -1 do $+3$, u absolutní hvězdné velikosti jsou hodnoty v obráceném pořadí, minimum -10 , maximum $+15$). Žáci zvolí vhodnou barvu, tvar a velikost značky.

Podrobný postup jednotlivých úkonů při tvorbě HR diagramu v Excelu je uveden v rigorózní práci Využití katalogů astronomických objektů ve výuce (Kéhar, 2011).

8. Na grafu vyznačte pomocí značky polohu Slunce a páte nejjasnější hvězdy (dle pozorované hvězdné velikosti, použijte v Excelu seřazení dat).

Na přelomu června a července 2013 se mi vrátily čtyři odpovědi (4krát HR diagram, 1krát Kirkwoodovy mezery). Sice se v tomto případě nejedná o statisticky významný vzorek dat, i tak považuji za zajímavé uvést řešení v podání účastníků mezinárodní olympiády. Nebudu uvádět odpovědi k jednotlivým bodům zadání, pouze výsledky, případně můj komentář.



Obr. 9.49: Tabulka s hodnotami a HR diagram do 100 pc v podání Ondřeje Theinera

Ondřej Theiner (obdržel bronzovou medaili na 7. IOAA)²⁸ ještě v mailu dodává:

„Zasílám první část excelovských úloh. Konkrétně HR diagram. V xlsx souboru HR–do 100 pc jsou vpravo tabulky, ve kterých jsou jednotlivé odpovědi zaznamenány.“

Vysvětlivky:

MaxVmag – maximální vizuální magnituda, MinVmag – minimální vizuální magnituda, AvgVMag – průměrná vizuální magnituda

MaxB-V – maximální hodnota B-V indexu, MinB-V – minimální hodnota B-V indexu, AvgB-V – průměrná hodnota B-V indexu.

Pod tlustou čarou jsou pak pro příslušné hodnoty B-V odpovídající vypočtené teploty (Teplota) a spektrální typ. S tím souvisí můj první dotaz. Jde nějakým

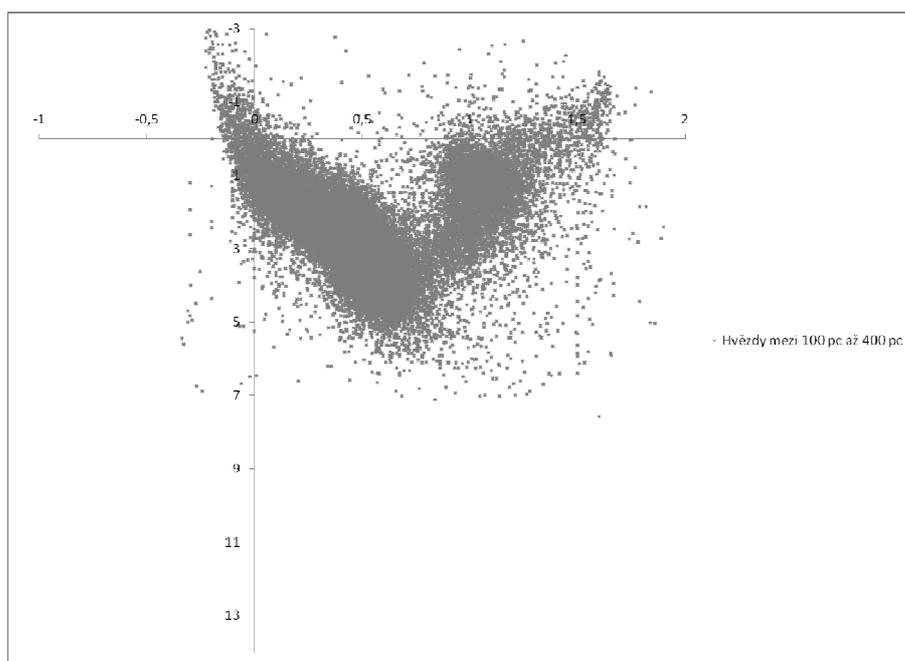
²⁸ Více na <http://www.astro.cz/clanek/5900>

způsobem přiřadit k vyhledané hodnotě (např. maximální B-V) odpovídající spektrální typ, který lze najít v tabulce ve stejném řádku, jako se nachází právě třeba ona maximální hodnota B-V? Já jsem to dělal tak, že maximum a minimum jsem vyhledal pomocí funkcí MIN() a MAX() a pak jsem si "ručně" dohledal odpovídající spektr. typ (SpType). S maximální a minimální hodnotou to je snadné, protože si můžu data seřadit, kdybych ale měl nějaké složitější výběrové kritérium, už by to bylo horší. Dá se toto nějak efektivně řešit?

MaxAbsMag – maximální absolutní magnituda, dále obdobné značení jako u B-V, nebo Vmag

Pod tlustou čarou jsou pro příslušné abs. magnitudy vypočteny zářivé výkony (Zářivý výkon).

Rozdíl v HR diagramech je na první pohled zřejmý. V tom, který je pro hvězdy od 100 do 400 pc se nevyskytují hvězdy s malým zářivým výkonem. Můžeme zde najít pouze červené obry a hvězdy hlavní posloupnosti s velkým zářivým výkonem. Zatímco v diagramu pro hvězdy do 100 pc jsou zastoupeny téměř všechny typy hvězd. Toto je způsobeno výběrovým efektem. Máme nereprezentativní vzorek, a to buď pouze z blízkého okolí, nebo okolí vzdáleného. Obdobný případ jako s rybami v jezeře (viz loňská a předloňská přednáška na soustředění AO).“



Obr. 9.50: HR diagram od 100 pc do 400 pc v podání Ondřeje Theinera

Odpověď na položenou otázku ohledně efektivního vybírání dat ve sloupci zní, že k tomuto účelu se hodí Automatický filtr, který představuje rychlý a snadný způsob vyhledání a práce s podmnožinou dat v oblasti buněk nebo sloupci tabulky. Vyvození závěrů při hledání spektrálních tříd podle barevného indexu je popsáno v kapitole 9.8.3.

Úkol 2

Vmag min	Vmag max	Vmag avg
-26,74	13,39	8,23

Úkol 3

B-V min	B-V max	B-V avg
-0,400	3,500	0,690
T max [K]	T min	T avg
30000	1739	5413
SpTyp		
O	L	G5

Podle stránek <http://www.stsci.edu/~inr/intrins.html>;
http://en.wikipedia.org/wiki/Color_index;
http://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_classification SpTyp
 dle T neodpovídá přesně SpTyp dle B-V.

Úkol 6

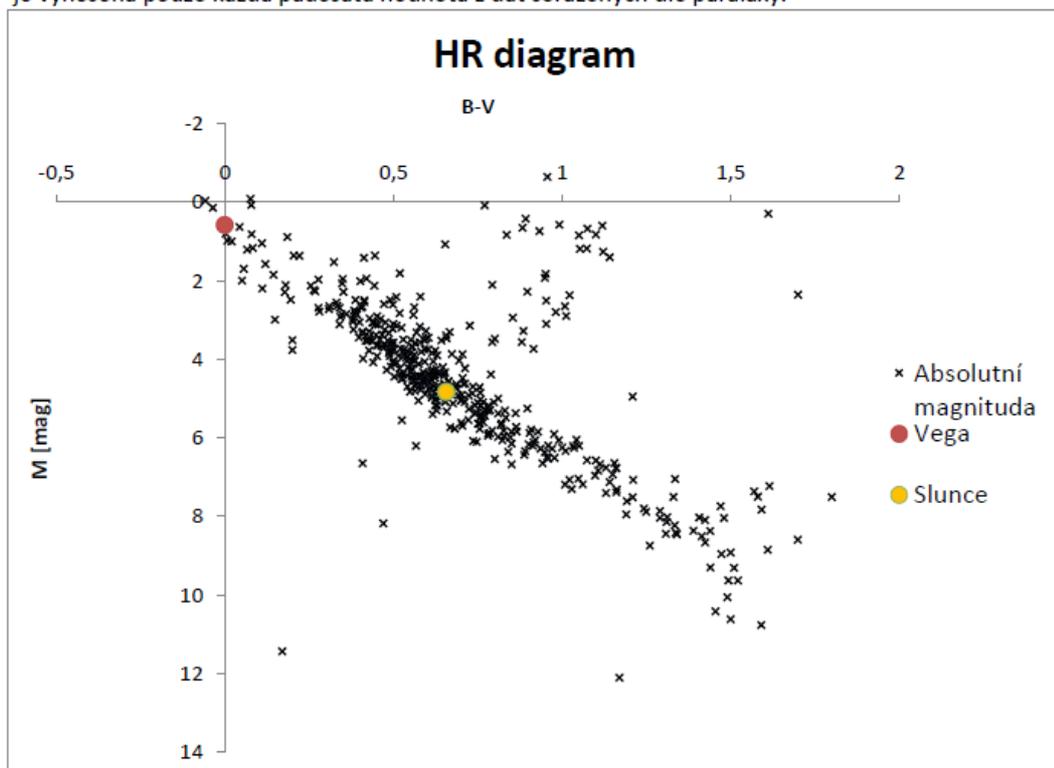
M min	M max	M avg
-5,53	15,45	4,44
L		
12457,51	5,06284E-05	1,28
L [W]		
4,77E+30	1,94E+22	4,90E+26

Obr. 9.51: Tabulka s odpověďmi pro úlohu HR diagram v podání Miroslava Hanzelky

Miroslav Hanzelka si u hledání spektrálních tříd správně všimá, že si vyhledané hodnoty příliš neodpovídají.

Úkol 7, 8

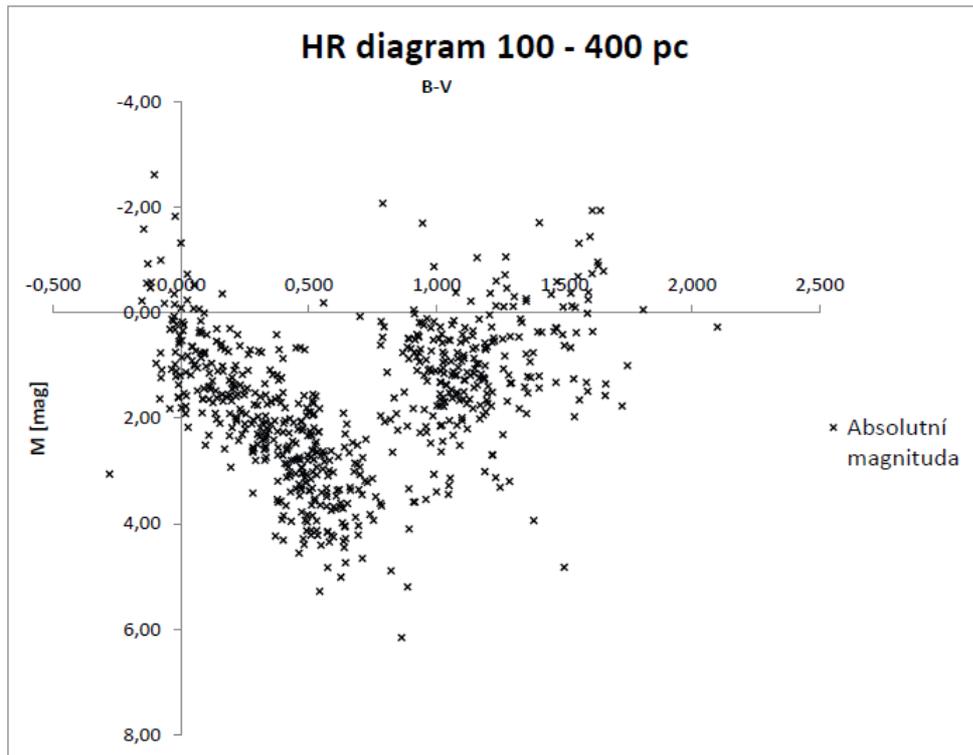
Kvůli nízkému výkonu počítače jsem nemohl pracovat s celým souborem cca 23000 hodnot. V grafu je vynesena pouze každá padesátá hodnota z dat seřazených dle paralaxy.



Obr. 9.52: HR diagram do 100 pc v podání Miroslava Hanzelky

Úkol 9

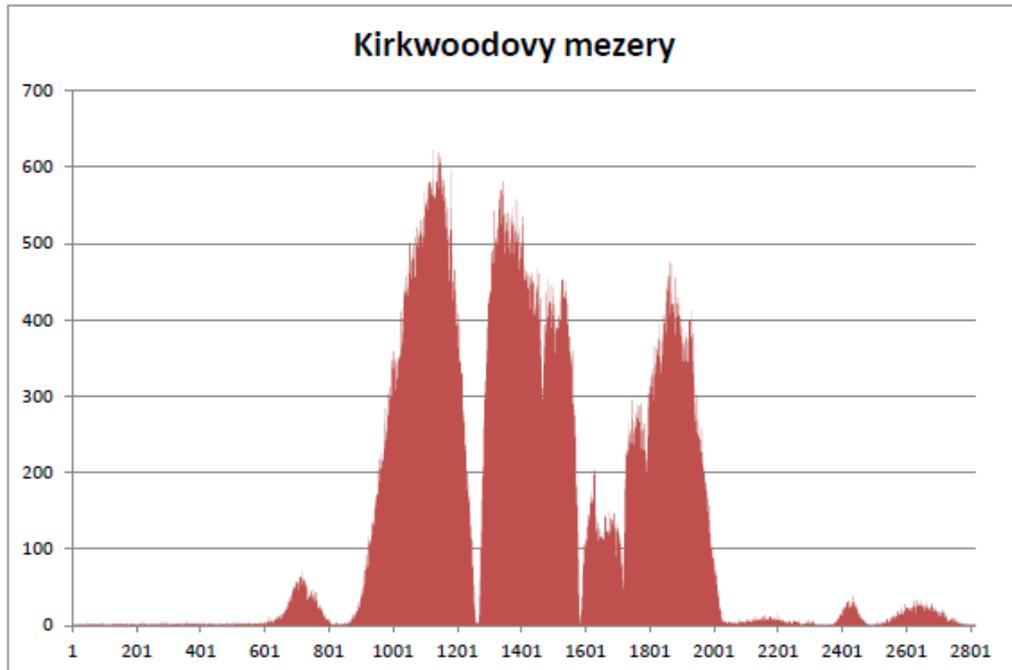
Graf pro každou stou hodnotu.



V blízkém okolí se vyskytují hvězdy podobného stáří jako Slunce (oblast největší intenzity v první grafu). Ve vzdálenosti 100 – 400 pc už narážíme na hvězdy v pozdějších stádiích vývoje. Proto je na druhém grafu patrná část odpovídající červeným obrům.

Obr. 9.53: HR diagram od 100 pc do 400 pc v podání Miroslava Hanzelky

Úkol 3



Vodorovnou osu se mi bohuže nepodařilo správně naformátovat (nesedělo měřítko), takže je na ní místo poloosy vyznačeno pořadové číslo buňky.

Obr. 9.54: Kirkwoodovy mezery v podání Miroslava Hanzelky

I když se Miroslav Hanzelka zabýval na Obr. 9.54 správným měřítkem, i tak se mu to nepodařilo dokonale. Zejména oblast okolo čísla 2600, odpovídající Trojanům, by měla být podstatně dále od levého lokálního maxima, to jsou planety skupiny Hilda. Funkční způsob vykreslení grafu ve správném měřítku je uveden v kapitole 9.9.3.

Úkol 4

těleso	ob. doba [d]	vzd [AU]
Merkur	87,9	0,387
Venuše	224,5	0,723
Země	365,2	1,000
Mars	687,1	1,524
mezera	1443,6	2,500
Jupiter	4334,4	5,203
Saturn	10756,3	9,537
Uran	30703,9	19,191
Neptun	60217,8	30,069

Oběžná doba tělesa, které by se nacházelo v Kirkwoodově mezeře, je v poměru 1:3 vůči oběžné době Jupiteru.

Úkol 5

dist [AU]	STDDEV	interval	ob. doba
3,964	0,025	3,890	2801,4
		4,038	2963,1

Podle oběžné doby vidíme, že skupina Hilda je opravdu v dráhové rezonanci 2:3 s Jupiterem. Hranice intervalu určeného pomocí trojnásobku směrodatné odchylky jsou poměrně blízké minimální poloose (3,809 AU) a maximální poloose (4,060 AU). Jelikož se rozložení asteroidů kolem rovnovážné polohy (2:3) chová gaussovsky, měl by trojnásobek směrodatné odchylky zahrnovat ne 95 %, ale 99,7 % celého souboru, což odpovídá.

Obr. 9.55: Odpovědi na úkoly 4 a 5 v podání Miroslava Hanzelky

Poslané zadání účastníkům obsahuje překlep v podobě trojnásobku směrodatné odchylky a uvedení procentuální hodnoty 95. Nové zadání je již upraveno na dvojnásobek. Je příjemné zjistit, že i když se v zadání objevila chyba, Miroslav si ji byl schopen všimnout a svůj výsledek správně zdůvodnil.

dist [AU]	STDDEV	interval	ob. doba
5,207	0,057	5,037	4128,4
		5,376	4552,7

Trojané jsou v rezonanci 1:1, interval sedí s maximy a minimy (5,043 AU a 5,377 AU) ještě lépe než u předchozí skupiny.

Obr. 9.56: Odpověď na úkol 5 (pokr.) v podání Miroslava Hanzelky

Úkol 6

	Trojané	Hilda
průměr [km]	21,1	10,2
odchylka	16,2	11,7

Úkol 7



Obr. 9.57: Odpovědi na úkoly 6 a 7 v podání Miroslava Hanzelky

Miroslav Hanzelka ještě v průvodním mailu dodává: „Kvůli menším problémům s výkonem PC jsou některé grafy sestaveny pouze z části používaných dat. Na nejasnost při řešení jsem narazil pouze u posledního úkolu ke Kirkwoodovým mezerám, kde měl být sestaven graf pro planety s poloosou větší než Mars a menší než Jupiter. Při takovém výběru by došlo k rozpůlení skupiny Trojanů, takže jsem ji nakonec úplně vynechal.“

Další s účastníků, Lukáš Timko, poslal mail s řešením: „Posílám téměř vypracovaný úkol číslo 1. Bohužel při pokusu o vložení grafu (HR diagram) mi Excel vždy zamrzl, takže tyto úkoly nemám. Nicméně odpověď na otázku, v čem se liší HR diagram pro blízké a vzdálené hvězdy, je ta, že diagram pro blízké hvězdy neobsahuje větev obrů. Ti se totiž nacházejí převážně v kulových hvězdokupách v galaktickém halu.“

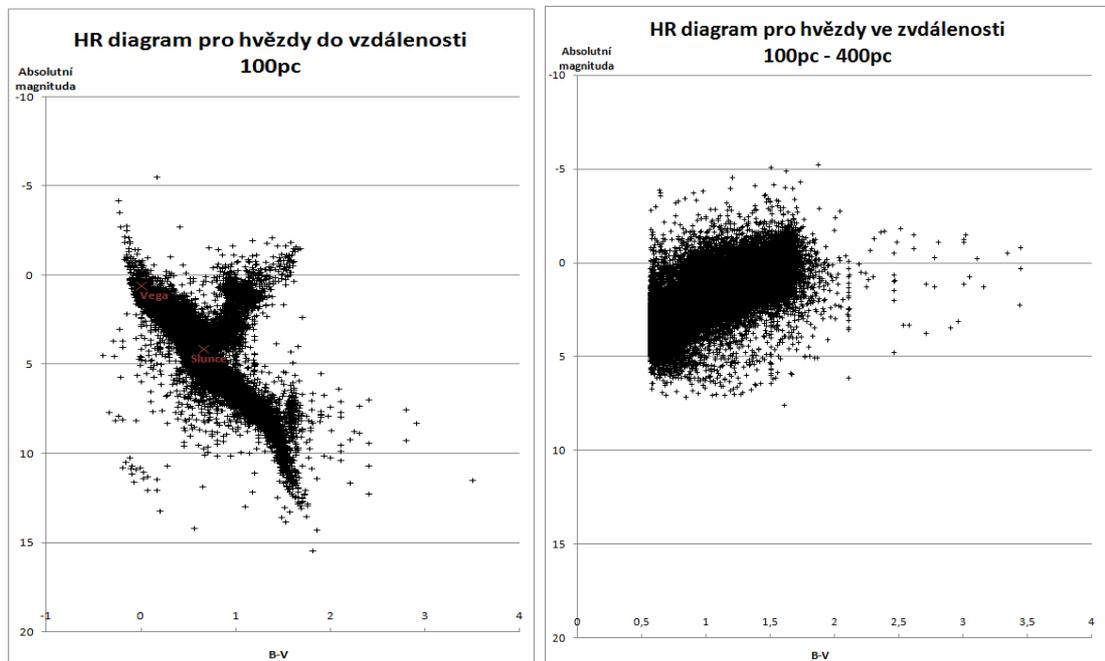
Potíže s tabulkovým procesorem Excel popisují ve své rigorózní práci (Kéhar, 2011). Zdůvodnění rozdílu HR diagramů blízkých a vzdálených hvězd není přesné. Hvězdní obři a nadobři se sice nacházejí v kulových hvězdokupách v galaktickém halu, ale pravou příčinou je výběrový efekt.

Vmag			
	min	max	prumer
	-1,44	13,31	8,238571
B-V			
	min	max	prumer
	-0,4	3,5	0,688865
spektr. Typ	G0V	0	G5V
teplota	30000	1739,13	5418,156
abs. Hv. Vel			
	min	max	prumer
	-5,52858	15,44901	4,440987
zarivy vykon	12457,51	5,06E-05	1,281165

Obr. 9.58: Tabulka s odpověďmi pro úlohu HR diagram v podání Lukáše Timka

K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
<p>Vzorec v R5 až R7 funguje jen za předpokladu, že je tabulka seřazena od nejmenší hodnoty po největší ve sloupci E; pro spektrální třídu průměru podle mě žádný vzorec použít nelze.</p>													
Pozorovaná hvězdná velikost		Barevný index		Sp. třída		Sp. Třída c		Ef. teplota		Absolutní magnituda Zářivý výkon [L _s]			
maximální: 13,39		maximální: 3,5		M5		L		1739 K		maximální: 15,449		5,06E-05	
minimální: -1,44		minimální: -0,4		#N/A		O		30000 K		minimální: -5,529		12457,51	
průměrná: 8,24		průměrný: 0,69021				G2		5413 K		průměrná: 4,442		1,28	
				Slunce									
				Abs. mag. B-V									
				4,1		0,656							

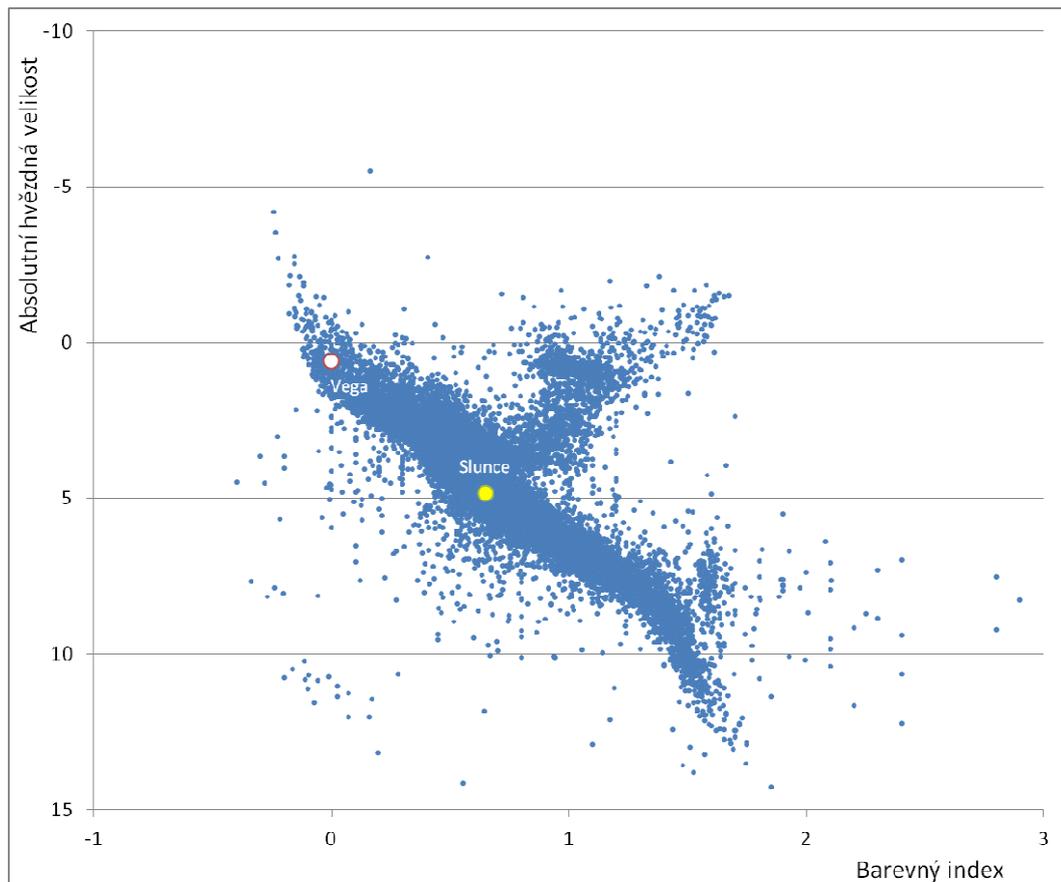
Obr. 9.59: Tabulka s odpověďmi pro úlohu HR diagram v podání Anny Juráňové



Obr. 9.60: HR diagramy v podání Anny Juráňové

Anna Juraňová k diagramům dodává: „V grafu vzdálených hvězd chybí hvězdy o větší abs. magnitudě (přes asi 8,5 mag), protože takové hvězdy jsou ve velkých vzdálenostech příliš slabé na to, aby bylo možné je detekovat. Na hvězdy ve

větších vzdálenostech bude pro pozorování ze Země také působit vliv prachu a plynu vyskytujícího se ve vesmíru, který tak naměřené hodnoty zneprěsňuje.“



Obr. 9.61: HR diagram v Excelu pro hvězdy do 100 pc s vyznačenými polohami dvou hvězd

Seřazení dat uskutečníme podle sloupce Vmag, seřadit od nejmenšího k největšímu. Pátá nejjasnější hvězda je Vega ze souhvězdí Lyrý nacházející se ve vzdálenosti necelých 8 parseků. Na obloze se nám jeví jako hvězda nulté hvězdné velikosti (0,03). Dle absolutní hvězdné velikosti (0,6) usoudíme, že hvězda je mnohonásobně jasnější než Slunce, nicméně stále je to hvězda hlavní posloupnosti.

Pro Slunce musíme najít hodnoty absolutní hvězdné velikosti (4,83) a barevného indexu (0,647), to je možné např. v Gliesově katalogu.

Vegu i Slunce přidáme do grafu jakou dvě nové řady dat vždy čítající jen jednu položku. Ukázka bude provedena pro Slunce, které jsem přidal do listu „data_22982polozek_2228kb“ jako řádek s číslem 22984.

Postup při přidávání nové řady grafu v aplikaci Excel 2007 nebo 2010 je následující:

Nástroje grafu – Návrh – Vybrat data – Položky legendy (řady) – Přidat

Název řady: =data_22982polozek_2228kb!\$C\$22984

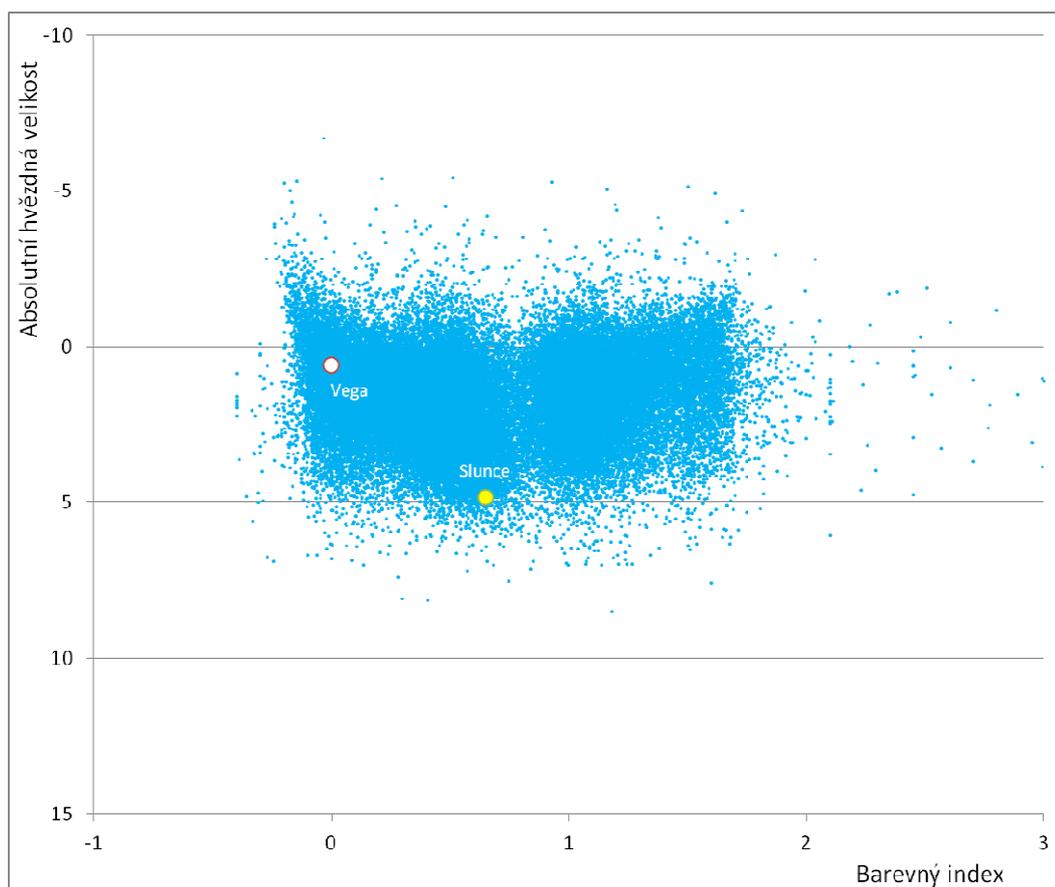
Hodnoty X řad: =data_22982polozek_2228kb!\$L\$22984

Hodnoty Y řad: =data_22982polozek_2228kb!\$Q\$22984

U každého takto vloženého bodu zvolíme Přidat popisky dat. V nabídce Formát popisků dat zaškrtneme v Možnosti štítku, Obsah popisku volbu Název řady a odškrtneme Hodnota Y. Můžeme změnit tvar a barvu značky.

9. Žáci zobrazí HR diagram i pro vzdálené hvězdy (mezi 100 a 400 pc).

Jak již bylo uvedeno v bodu 1, vyhledávací formulář neobsahuje kolonku pro zadání vzdálenosti. Žáci opět převedou vzdálenost na paralaxu a zadají do okének od a do u Plx.



Obr. 9.62: HR diagram v Excelu pro hvězdy od 100 pc do 400 pc

Pro 100 pc je paralaxa $0,01'' = 10 \text{ mas}$, pro 400 pc je paralaxa $0,0025'' = 2,5 \text{ mas}$. Díky převrácené hodnotě zadáme do kolonky „od“ hodnotu 10 a „do“ hodnotu 2,5. Formát výstupních dat nastavíme na „CSV“ a Počet záznamů na „vše“. Získáme textový soubor čítající 65 740 položek.

S ohledem na omezení aplikace Excel 2003 a 2007 (32 000 položek ve 2D grafu) musíme rozdělit graf do více řad, minimálně 3. U aplikace Excel 2010 a vyšší verze tato omezení nejsou.

Pro porovnání jsem v grafu nechal i pátou nejjasnější blízkou hvězdu a Slunce, výsledný HR diagram vzdálených hvězd je na Obr. 9.62.

V případě libovolných komplikací se lze obrátit na přesný postup uvedený v rigorózní práci Využití katalogů astronomických objektů ve výuce (Kéhar, 2011).

- 10.** Porovnejte HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd. Proč se HR diagramy blízkých a vzdálených hvězd liší? Objasněte.

Mezi HR diagramy (Obr. 9.61 a Obr. 9.62) je velký rozdíl. U HR diagramu blízkých hvězd se nám zobrazí téměř celá hlavní posloupnost. U HR diagramu vzdálených hvězd se naopak objevují hvězdy s barevným indexem 0–2 a absolutní hvězdné velikosti větší než +5, převládají obři. Naopak zcela chybějí bílí trpaslíci a méně jasné hvězdy. Uplatňuje se zde tzv. výběrový efekt. Málo jasné hvězdy (s absolutní hvězdnou velikostí pod +5) jsou mimo dosah našich dalekohledů.

- 11.** Žáci oba grafy vytvoří ve formátu XLS, případně i jako obrázek (nebo PDF), včetně odpovědí na výše položené otázky.

9.9 Excel: Kirkwoodovy mezery

Kontingenční tabulka představuje jeden z nejmocnějších nástrojů na efektivní analýzu a třídění velkého množství dat. Umožňuje vytvářet přehledy z rozsáhlých databází, přičemž jednotlivé hodnoty shrnuje do zvolených kategorií ve sloupcích a řádcích. Jinak řečeno, kontingenční tabulka je zobrazení statistického vzájemného vztahu mezi daty. Výsledná data v tabulce je možné dále zpracovávat.

Rozdělení (četnosti) hlavního pásu planetek na velké poloose obsahuje řadu mezer (poklesů). Poprvé si tohoto uspořádání planetek všiml americký astronom Daniel Kirkwood již v roce 1857, kdy bylo známo okolo 50 planetek. V časopise *Astronomical Journal* publikoval v červenci 1860 dvě krátké poznámky ohledně planetkových rezonancí, přičemž na seznamu planetek odhaloval zřejmý nedostatek planetek v jednoduché rezonanci s Jupiterem, zatímco planety v rezonanci s Marsem byly samozřejmostí. První oficiální zveřejnění objevu bylo až v roce 1866 (na setkání Americké společnosti pro pokrok vědy); na konci tohoto roku bylo známo 91 planetek (uvádí se ovšem 87 planetek, toho bylo dosaženo v květnu 1866).

Pro necelou stovku planetek z roku 1866 by snad ani kontingenční tabulka nebyla třeba. Pro analýzu několika stovek tisíc očíslovaných planetek, které známe dnes, se bude určitě hodit. Nemálo překvapení nám přinese sestrojení sloupcového grafu z dat z kontingenční tabulky, případně uložení desetinných čísel v počítači.

9.9.1 Cíle

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák se naučí používat kontingenční tabulky.

Žák se naučí sestrojít graf z velkého množství dat.

Žák pochopí vliv výběrového efektu na stanovení závěrů.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o logaritmech).

Žák prohloubí své znalosti při práci s grafy a vyvozování závěrů.

Žák si osvojí kritické myšlení při přijímání a hodnocení vypočítaných hodnot.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při používání internetového prohlížeče k získání dat.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při používání tabulkového procesoru k analýze dat (vlození sloupce; sestrojení grafu; statistické výpočty).

Žák se naučí vyhledat minimální, maximální a průměrnou nebo střední hodnotu z řady čísel.

Žák pochopí význam následujících pojmů: velká poloosa, četnost, aritmetický průměr, střední hodnota, směrodatná odchylka, dráhová rezonance, absolutní hvězdná velikost, albedo, výstřednost.

9.9.2 Zadání

1. Na stránce astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-planetek získejte potřebná data o planetkách ve formátu CSV. Omezte se na velkou poloosu do 10 AU a parametry: ID, hvězdná velikost, výstřednost, velká poloosa a označení. Pro otevření získaného souboru použijte Excel verze 2007 a vyšší, pro verzi 2003 je překročen počet řádků (lze to řešit i v této verzi, ale je to složitější).
2. Vytvořte nový sloupec, ve kterém bude zaokrouhlena (nebo oříznuta) hodnota velké poloosy na tři desetinná čísla. Zjistěte četnost zastoupení planetek podle velké poloosy – lze využít kontingenční tabulku.

3. Zobrazte graf (histogram) závislosti četnosti planetek na velké poloose. Pokud se nepodaří vytvořit pomocí kontingenční tabulky, můžete získat potřebná data na stránce pomocí speciální nabídky: Kirkwoodovy mezery.
4. Najděte výrazné lokální minimum – Kirkwoodovu mezeru, vezměte v úvahu nejvýraznější lokální minimum z levé strany histogramu. Pomocí třetího Keplerova zákona vypočítejte oběžnou dobu odpovídající poloze tohoto lokálního minima. Jak tato dráha souvisí s planetami sluneční soustavy? Náповěda: porovnejte oběžné doby mezery a planet.
5. V grafu Kirkwoodových mezer se nacházejí dvě skupiny planetek (Trojané a Hilda), u kterých komensurabilita s Jupiterem vede k vytvoření stabilní skupiny planetek. Zjistěte střední hodnotu velké poloosy těchto dvou skupin. Jaká je směrodatná odchylka? V jakém intervalu velkých poloos leží 95 % planetek dané skupiny?
Náповěda I: 95 % uvažujte jako dvojnásobek směrodatné odchylky. Jak souvisí tento interval s minimální a maximální hodnotou velké poloosy dané skupiny planetek?
Náповěda II: Parametry výše uvedených skupin planetek lze získat a uložit separátně pomocí Typ planetky.
6. Jaká je průměrná velikost planetek skupin uvedených v předchozím bodu? Albedo uvažujte o velikosti 0,06 pro Hildinu skupinu a 0,04 pro Trojány. Pro výpočet velikosti planetky použijte vztah $D = \frac{1329}{\sqrt{p}} 10^{-0,2H}$, kde p je albedo, H absolutní hvězdná velikost planetky a D je průměr planetky v kilometrech.
7. Vytvořte graf závislosti velké poloosy na výstřednosti pro planetky s velkou poloosou mezi drahami Marsu a Jupiteru.
8. Pošlete mailem zadavateli úlohy vytvořené histogramy a grafy jako PDF soubor, včetně odpovědí na položené otázky.

9.9.3 Metodické informace k úloze

1. Na stránce astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-planetek získají žáci potřebná data o planetkách ve formátu CSV. Pomocí posuvníků omezí velkou poloosu na 10 AU a parametry při ukládání na: ID, hvězdná velikost, výstřednost, velká poloosa a označení. Pro otevření získaného souboru (obsahuje stovky tisíc řádek, velikost je řádu několika desítek MB dat) použijí žáci Excel verze 2007 a vyšší, pro verzi 2003 je překročen počet řádků (lze to řešit i v této verzi, ale je to složitější).

2. Žáci vytvoří nový sloupec, ve kterém bude zaokrouhlena (nebo oříznuta) hodnota velké poloosy na tři desetinná čísla.

Zaokrouhlení se provede =ZAOKROUHLIT(D2;3), oříznutí =USEKNOUT(D2;3). Zkopírování do ostatních buněk provedeme jejich označením a následným stiskem Ctrl+D. Celý tento sloupec pojmenujeme v prvním řádku např. „a“.

Žáci zjistí četnost zastoupení planetek podle velké poloosy – mohou využít kontingenční tabulku, která tuto analýzu provede velmi rychle a efektivně.

Následující postup je platný pro Excel 2007. Nejdříve žáci označí data, která chtějí analyzovat. V našem případě sloupec obsahující zaokrouhlené nebo oříznuté hodnoty velké poloosy. V záložce Vložení je v levé části Kontingenční tabulka, pro naši potřebu zvolíme z kontextového menu Kontingenční tabulka. Zobrazí se formulář, kde stačí kliknout na OK, protože oblast dat jsme již zvolili v předchozích krocích. Vytvoří se nový list, který v levé části obsahuje obrázek tabulky, v pravé

části je Seznam polí kontingenční tabulky. V horní části je oblast pojmenovaná „Zvolte pole...“, kde se nachází naše velká poloosa *a*. Chytíme ji myší a přeneseme do oblasti nazvané Popisky řádků. Změní se i tabulka v levé části. Jelikož chceme četnost, vezmeme myší naši velkou poloosu ještě jednou a přeneseme do oblasti nadepsanou Hodnoty. Pokud se rovnou nezobrazí Počet z *a*, zvolíme tuto možnost v nabídce Nastavení polí hodnot. Nyní máme provedenou požadovanou analýzu.

3. Žáci zobrazí graf (histogram) závislosti četnosti planetek na velké poloose.

Analýzu provádíme pro velkou poloosu od 0,6 AU do 9,8 AU. Pohledem na data v kontingenční tabulce zjistíme, že se mezi 0,6 AU a 1,0 AU nachází pouze 127 planetek, což představuje 0,3 promile. Dále mezi 5,5 AU až 9,8 AU se nachází 14 planetek. Výsledný graf zobrazíme pouze pro oblast 1,0 AU až 5,5 AU.

Použijeme sloupcového grafu. Abychom zachovali správné proporce výsledného grafu, musíme ještě provést úpravu dat, zejména přidání nulových hodnot.

Zkopírujeme data z kontingenční tabulky a vložíme jejich hodnoty vedle tabulky (např. sloupce E a F).

Připravíme si sloupec hodnot od 1,000 do 5,500 po 0,001. To učiníme tak, že vložíme do jedné buňky (I4) hodnotu 1,000 a pod ní =ZAOKROUHLIT(I4+0,001;3). Tento způsob volíme s ohledem na způsob výpočtu Excelu s desetinnými čísly. Označíme buňku I5 a chytíme myší za obdélníček nacházející se v pravé části označení. Táhneme myší tak dlouho, dokud nebudeme na řádku 4504.

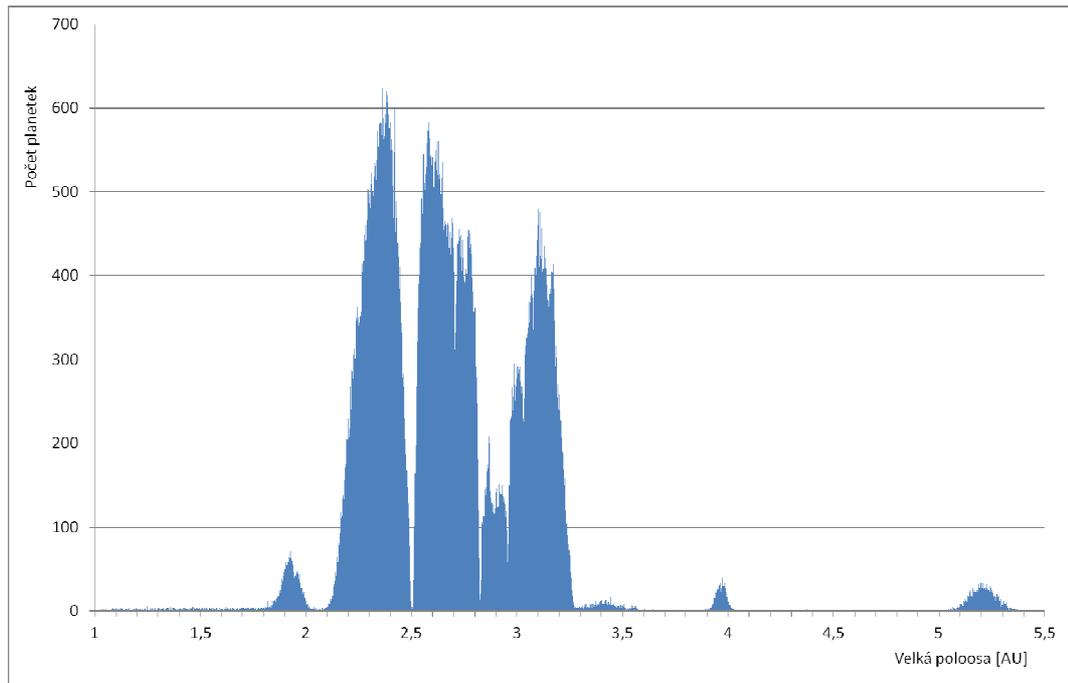
Do buňky J4 vložíme následující vzorec:

```
=KDYŽ(JE.NEDEF(SVYHLEDAT(I4;$E$4:$F$2828;2;NEPRAVDA));0;SVYHLEDAT(I4;$E$4:$F$2828;2;NEPRAVDA))
```

Použili jsme funkci SVYHLEDAT(hledat, tabulka, sloupec, typ), která vyhledá v prvním sloupci tabulky zadanou hodnotu a vrátí hodnotu odpovídající buňky ve stejném řádku jiného sloupce tabulky. Pokud tato funkce nic nenajde, vrátí hodnotu #N/A. K odhalení těchto situací využijeme funkci JE.NEDEF. Jestliže tato situace nastane (kontrolujeme funkcí KDYŽ), vrátíme hodnotu 0, jinak vybereme správnou hodnotu z tabulky opět pomocí funkce SVYHLEDAT.

Označíme zbytek sloupce J a stisknutím Ctrl+D zkopírujeme tento vzorec do ostatních buněk. Tím máme připravena data pro sloupcový graf.

Označíme data ve sloupci J a vložíme sloupcový graf, vybereme skupinový sloupcový. Nově vzniklý graf přesuneme do nového listu. Smažeme položku legendy. Klikneme na vodorovnou osu a zvolíme Formát osy. V možnostech osy zapíšeme 100 do Interval mezi značkami a 500 do Zadejte jednotku intervalu (zvolíme místo Automaticky). Klikneme na Vybrat data a zvolíme Upravit v části Popisky vodorovné osy (kategorie). Do Oblast popisku osy zapíšeme =List1!\$I\$4:\$I\$4504. Tzn. sloupec, který obsahuje hodnoty velké poloosy od 1,000 do 5,500 po 0,001.



Obr. 9.63: Histogram závislosti četnosti planetek na velké poloose

Pokud se žákům nepodaří vytvořit data pomocí kontingenční tabulky, mohou získat potřebná data na stránce pomocí speciální nabídky: Kirkwoodovy mezery. V tomto případě stačí postupovat jen podle předešlého odstavce.

4. Žáci najdou výrazné lokální minimum – Kirkwoodovu mezeru, vezmou v úvahu nejvýraznější lokální minimum z levé strany histogramu.

Toto výrazné lokální minimum má velkou poloosu $a = 2,5 \text{ AU}$.

Pomocí třetího Keplerova zákona žáci vypočítají oběžnou dobu odpovídající poloze tohoto lokálního minima.

$$T = \sqrt{a^3} = 3,95 \text{ let} \quad (9.11)$$

Jak tato dráha souvisí s planetami sluneční soustavy? Nápověda: porovnejte oběžné doby mezery a planet.

Žáci budou postupovat podle nápovědy, porovnájí oběžnou dobu mezery a planet.

	Velká poloosa	Oběžná doba	Poměr s 3,95 let
Merkur	0,39 AU	0,24 let	0,062
Venuše	0,72 AU	0,61 let	0,155
Země	1,00 AU	1,00 let	0,253
Mars	1,52 AU	1,87 let	0,474
Jupiter	5,20 AU	11,86 let	3,00
Saturn	9,58 AU	29,7 let	7,51
Uran	19,23 AU	84,3 let	21,3
Neptun	30,10 AU	165 let	41,8

Z tohoto seznamu je nejzajímavější výsledek u planety Jupiter, kde vychází celé číslo s přesností na 2 desetinná místa. Dochází zde k rezonanci v poměru 3:1.

5. V grafu Kirkwoodových mezer se nacházejí dvě skupiny planetek – Trojané a Hilda, u kterých komensurabilita²⁹ s Jupiterem vede k vytvoření stabilní skupiny planetek.

Žáci zjistí střední hodnotu velké poloosy těchto dvou skupin. Jaká je směrodatná odchylka? V jakém intervalu velkých poloos leží 95 % planetek dané skupiny?

Nápověda I: 95 % uvažujte jako dvounásobek směrodatné odchylky. Jak souvisí tento interval s minimální a maximální hodnotou velké poloosy dané skupiny planetek.

Nápověda II: Parametry výše uvedených skupin planetek lze získat a uložit separátně pomocí Typu planetky.

V srpnu 2013 je známo 3 588 očíslovaných planetek skupiny Trojánů. Jejich parametry získáme pomocí aplikace Analýza planetek.

Střední hodnotu vypočítáme v Excelu funkcí =MEDIAN(D2:D3589). Výsledek je 5,206 AU. Kdybychom použili funkci =PRŮMĚR(D2:D3589), což je aritmetický průměr, získáme nepatrně odlišnou hodnotu 5,207 AU.

Pro směrodatnou odchylku použijeme funkci =SMODCH(D2:D3589), pomocí které získáme hodnotu 0,057 AU. Dvounásobek je 0,114 AU. Interval, ve kterém leží 95 % Trojánů, je 5,092 AU až 5,320 AU. Žáci mohou ověřit výběrem v Excelu, kdy se jim vybere 3 445 planetek představující 96 %.

Podobnou analýzu lze udělat pro planetky skupiny Hilda nebo jakoukoli jinou.

6. Jaká je průměrná velikost planetek skupin uvedených v předchozím bodu? Albedo žáci uvažují o velikosti 0,06 pro Hildinu skupinu a 0,04 pro Trojány. Pro výpočet velikosti planetky použijí žáci empirický vztah

$$D = \frac{1329}{\sqrt{p}} 10^{-0,2H}, \quad (9.12)$$

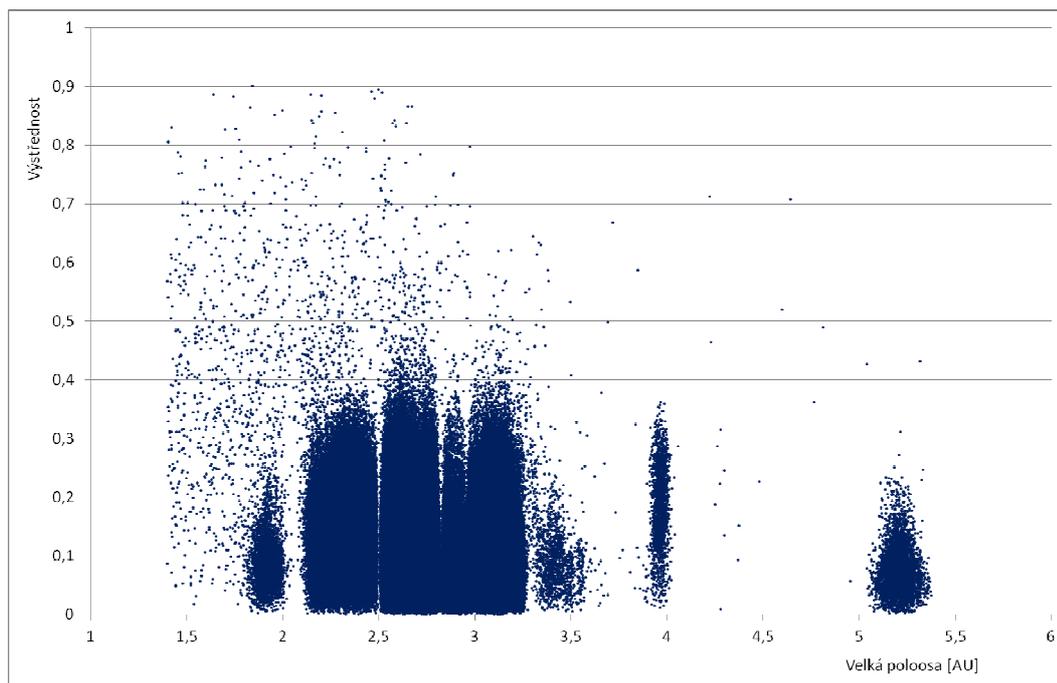
²⁹ Dráhová rezonance.

kde p je albedo, H absolutní hvězdná velikost planety a D je průměr planety v kilometrech.

Z aplikace Analýza planetek zjistíme rozsah absolutních hvězdných velikostí pro dané skupiny planetek. Pro Trojány je tento interval 7,2 mag až 14,9 mag. Po dosazení do vztahu uvedeném výše nám vyjde 241 km až 7 km. Střední hodnota počítaná funkcí MEDIAN vychází 14 km.

Pro planety skupiny Hilda je interval absolutních hvězdných velikostí 7,4 mag až 16,2 mag, jimž odpovídají velikosti 180 km až 3 km. Střední hodnota je 7 km.

7. Vytvořte graf závislosti velké poloosy na výstřednosti pro planety s velkou poloosou mezi drahami Marsu a Jupiteru.



Obr. 9.64: Graf závislosti výstřednosti na velké poloose

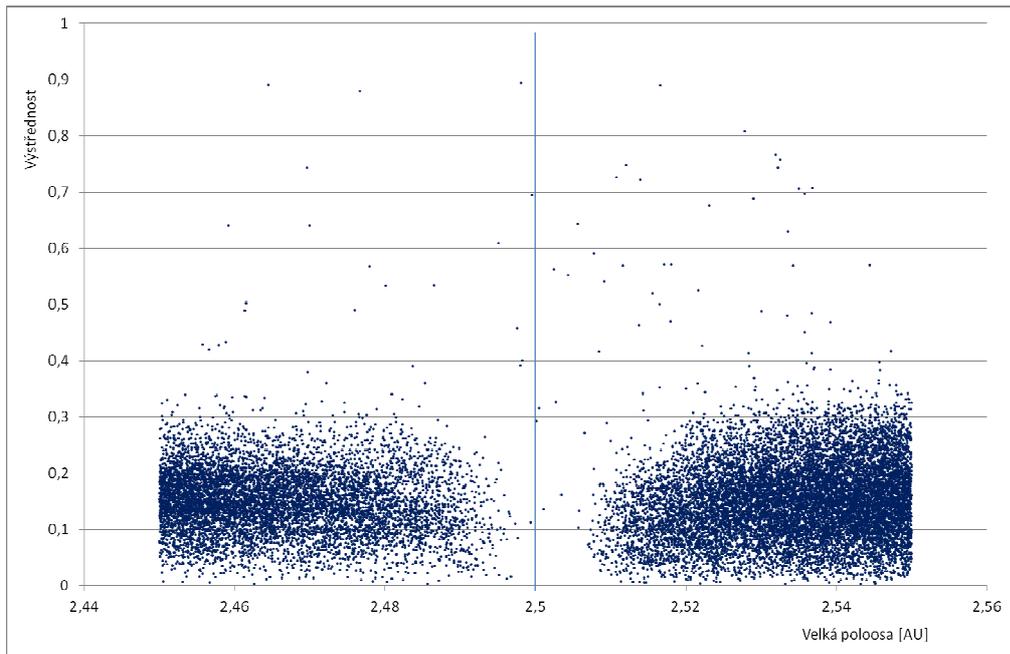
V této části sluneční soustavy se nachází několik stovek tisíc planetek. Vykreslení grafu v Excelu 2007, který má omezení na 32 000 bodů v jedné řadě, představuje vložení více jak 10 řad o maximálním počtu 32 000 položek. U každé takto přidané řady je vhodné změnit následující:

Možnosti značek = Předdefinované kolečko o velikosti 2

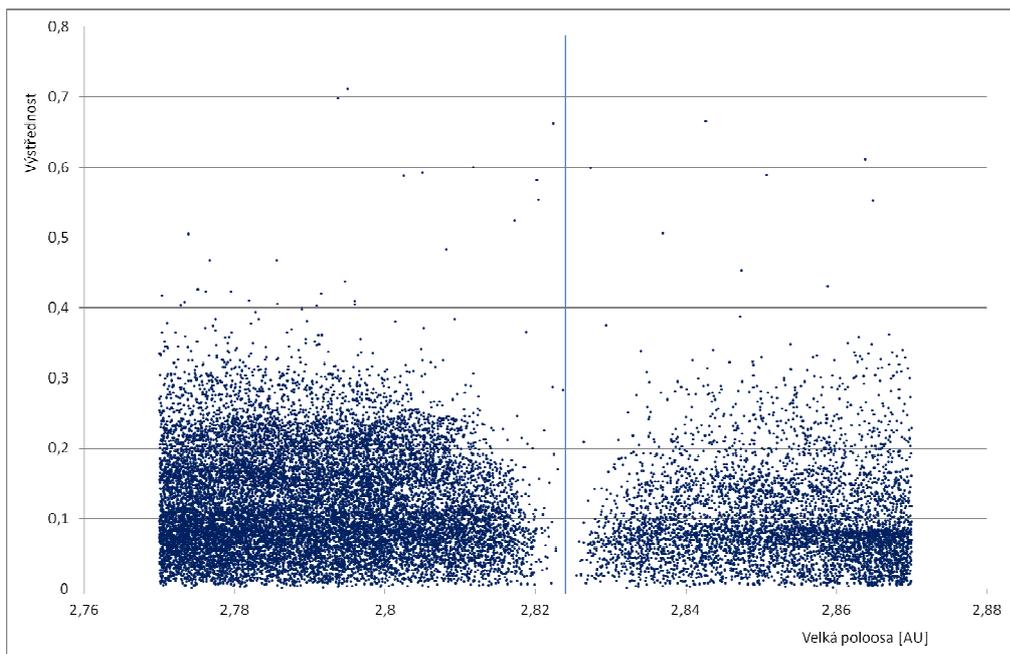
Výplň značky = Souvislá výplň

Barva čar značek = Bez čáry

Jestliže už podobný graf máme připravený, můžeme omezit zdrojová data v listu pomocí automatického filtru a podívat se detailněji na Kirkwoodovy mezery.



Obr. 9.65: Graf závislosti výstřednosti na velké poloose okolo $a = 2,5$ AU



Obr. 9.66: Graf závislosti výstřednosti na velké poloose okolo $a = 2,82$ AU

8. Žáci vytvořené histogramy a grafy uloží jako PDF soubor, včetně odpovědí na položené otázky.

Některé zde uvedené údaje, výsledky či hodnoty se mohou v online aplikacích Astronomia lišit. Důvodem je pravidelná měsíční aktualizace parametrů planetek.

9.10 Slovní úloha: Planetka v opozici

Úlohy s uvedeným postupem nemusí plně odpovídat reálným situacím v životě, kdy je nutné na základě zadání rozhodnout, které informace jsou v textu důležité, případně které musíme doplnit. Měli bychom učit žáky, že součástí řešení je i rozhodnout, které další informace jsou potřeba, a tyto informace najít. Při řešení řady úloh potřebujeme různé hodnoty či konstanty, např. absolutní hvězdnou velikost planety. Není nutné tyto informace uvádět v zadání, žák přece musí sám vědět, kde tyto údaje najde. Dokonce ani není nutné uvést „k řešení této úlohy budete potřebovat absolutní hvězdnou velikost“. Však i vědec nebo vystudovaný inženýr na to musí přijít sám, není nikdo, kdo by mu to řekl. Na podobně koncipované uvažování nejsou žáci pravděpodobně příliš zvyklí. Pokusme se to napravit zadáním slovní úlohy, která obsahuje minimum údajů, ale zase všech, aby je šlo jednoznačně vyřešit.

9.10.1 Cíle

Žák se naučí zdůvodňovat své rozhodnutí.

Žák prohloubí své znalosti z matematiky (učivo o logaritmech).

Žák prohloubí své znalosti při práci s grafy a vyvozování závěrů.

Žák aplikuje znalosti z informatiky při používání internetového prohlížeče.

Žák si osvojí kritické myšlení při přijímání a hodnocení vypočítaných hodnot.

Žák získá kompetence k pochopení významu neznámého (odborného) textu vyhledáním potřebného názvosloví na internetu.

Žák pochopí význam následujících pojmů: opozice, hvězdná velikost, velká poloosa.

9.10.2 Zadání

- „*Pokud by se planetka Rokycany nacházela v opozici, je v dosahu rokycanského dalekohledu?*“

Planetka (15925) Rokycany je pojmenována podle města Rokycany, kde se nachází Hvězdárna v Rokycanech. Na hvězdárně je od roku 2008 dalekohled s objektivem o průměru 508 mm.

- „*Planetka Poloniny se nachází poblíž opozice. Je v dosahu Vihorlatského národního teleskopu?*“

Planetka (22469) Poloniny je pojmenována podle první chráněné oblasti tmavé oblohy na Slovensku, v Národním parku Poloniny, kde se nachází Vihorlatská Hvezdáreň. Na hvězdárně je od roku 2002 dalekohled s objektivem o průměru 1 m.

9.10.3 Metodické informace k úloze

Zadání slovní úlohy rozdělíme na dvě části. Nejprve si rozebereme tu zdánlivě jednodušší část, dosah dalekohledu a vezmeme to obecně.

Dalekohled s objektivem o průměru D má plochu, na kterou dopadá světlo, rovnu $\pi D^2/4$. Zornice oka o průměru d má plochu $\pi d^2/4$. Plocha objektivu dalekohledu nastřádá více světla než oko v poměru

$$\frac{\pi D^2/4}{\pi d^2/4} = \left(\frac{D}{d}\right)^2. \quad (9.13)$$

Rozdíl mezních hvězdných velikostí oka a dalekohledu je

$$2,5 \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right)^2 = 5 \cdot \log\frac{D}{d} = 5 \cdot \log D - 5 \cdot \log d. \quad (9.14)$$

Označíme-li mezní hvězdnou velikost oka m a mezní hvězdnou velikost dalekohledu M , musí platit

$$M = m + 5 \cdot \log D - 5 \cdot \log d. \quad (9.15)$$

Za mezní hvězdnou velikost oka se považuje 5,5 mag (záleží na mnoha faktorech). Výstupní pupilu uvažujme 5,5 mm. Po dosazení do (9.15) nám pro rokycanský „půlmetr“ vychází mezní hvězdná velikost 15,3 mag.

Mezní hvězdnou velikost dalekohledu můžeme kromě ručního výpočtu zjistit na stránce www.cruxis.com/scope/limitingmagnitude.htm. Výpočet na této stránce je více komplexnější a zahrnuje větší množství vlivů (zvětšení, věk pozorovatele, typ dalekohledu apod.). Pro rokycanský dalekohled vychází při zvětšení 100krát mezní hvězdná velikost 15,3 mag.

Následuje rozbor první část věty zadání, kde se hovoří o konkrétní planetce a její opozici. Abychom mohli rozhodnout, zda ji lze nebo nelze pozorovat, potřebujeme znát pozorovanou hvězdnou velikost planetky a tento údaj porovnat s mezní hvězdnou velikostí dalekohledu. Žáci by měli sami rozhodnout, jaká nerovnost by měla platit. Pro hvězdnou velikost obecně platí, že čím je objekt jasnější, tím menší (i zápornou) hodnotu má. Jestliže chceme, aby byl objekt pozorovatelný daným dalekohledem, u kterého známe mezní hvězdnou velikost, musí být pozorovaná hvězdná velikost menší. Lze zapsat nerovností

pozorovaná hvězdná velikost objektu < mezní hvězdná velikost dalekohledu.

Opozicí označujeme vzájemnou polohu dvou objektů, při které jsou od sebe na svých trajektoriích vzdáleny 180°. Znamená to, že jsou na opačných stranách oblohy. Jestliže je planetka (planeta, kometa) v opozici, je v opozici vůči Slunci při pohledu ze Země. Toto období je nejvýhodnější k pozorování, protože planetka je viditelná po celou noc, vychází po západu slunce, kulminuje kolem půlnoci a zapadá při východu slunce. Na své trajektorii se nachází v maximální blízkosti k Zemi. Dosahuje tedy vysokou (nikoli nejvyšší) hodnotu pozorované hvězdné velikosti.

Při znalosti jména planetky využijeme vyhledávání ze seznamu planetek na adrese astronomia.zcu.cz/planety/planetky/1816-hledani-planetky. Po zadání jména „Rokycany“ do vyhledávacího okénka se posléze ocitneme na adrese astronomia.zcu.cz/planety/planetka-15925, která obsahuje tabulku s některými parametry vybrané planetky a její polohu ve sluneční soustavě.

Na obrázku polohy planetky ve sluneční soustavě je nutné najít datum, kdy leží Slunce–Země–planetka na jedné přímce (na Obr. 9.67 znázorněno čárkovanou

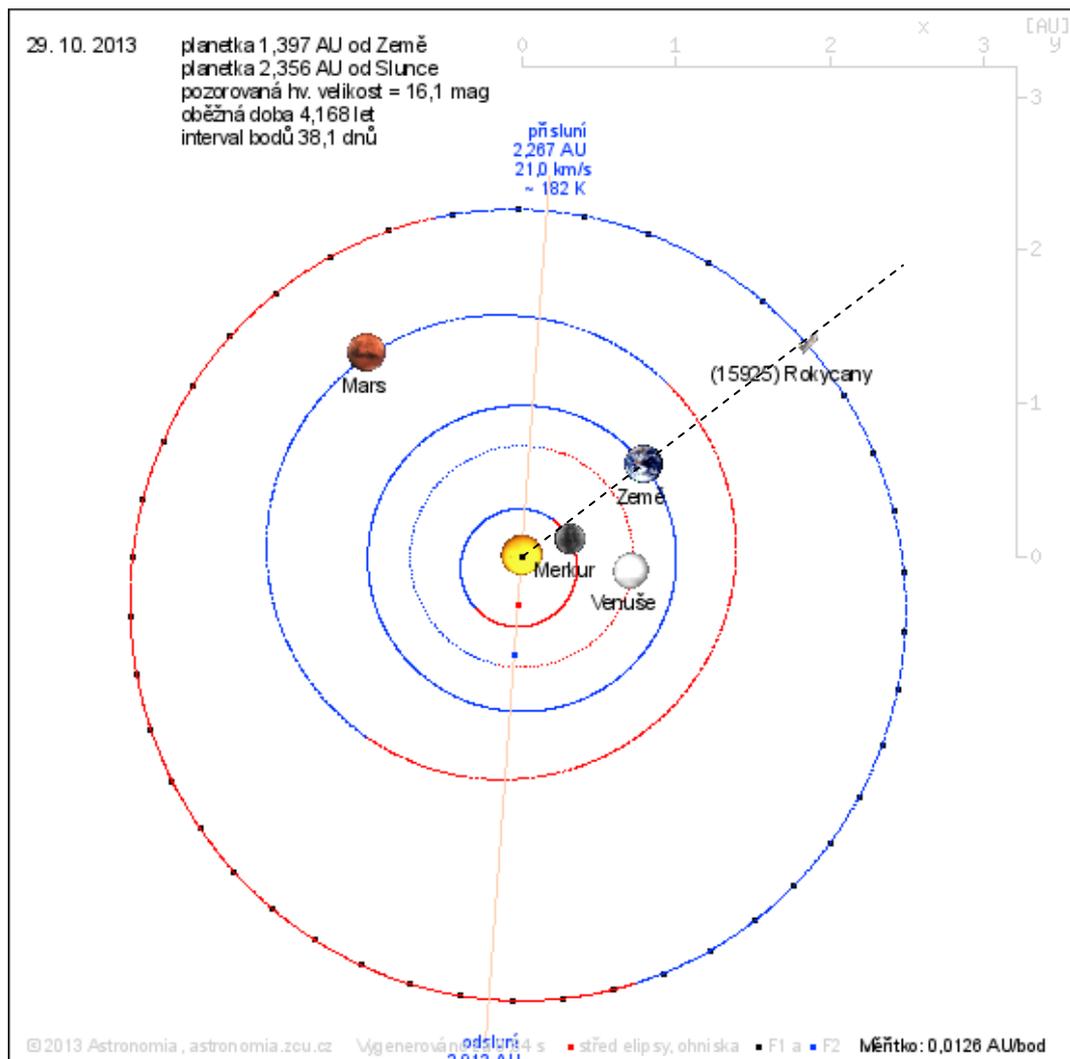
čárou). Nejdříve přidáváme/ubíráme měsíce, posléze jemně doladíme den. V roce 2013 nastane opozice planety Rokycany dne 29. října (viz Obr. 9.67).

Pozorovanou hvězdnou velikost m planety vypočítáme zjednodušeným vztahem

$$m = H + 5 \cdot \log \Delta + 5 \cdot \log r, \quad (9.16)$$

kde H je absolutní hvězdná velikost planety (viz tabulka na stránce planety), Δ je vzdálenost planety od Země v AU a r je vzdálenost planety od Slunce v AU.

Dosazením údajů ($H = 12,9$ mag; $\Delta = 1,397$ AU; $r = 2,356$ AU) platných pro 29. říjen 2013 do vztahu (9.16) nám vyjde $m = 15,5$ mag.



Obr. 9.67: Planetka Rokycany v opozici

Na Obr. 9.67 najdeme v levém horním rohu, že pozorovaná hvězdná velikost planety je ale 16,1 mag. Rozdíl mezi touto hodnotu a námi spočítanou činí 0,6 mag. Je způsobem tím, že vztah (9.16) je zjednodušený a nezahrnuje změnu parametru H , který závisí na fázovém úhlu α (úhel mezi směrem k pozorovateli a směrem ke Slunci, měřený od středu planety).

Lepší pozorovací podmínky mohou nastat v situaci, kdy bude planetka v přísluní nebo v jejím bezprostředním okolí, tzn. při periheliové opozici. Tento okamžik nejsnáze zjistíme tak, že Zemi změnou data umístíme na přímku apsid planety, např. 16. prosince 2013. Pak měníme rok (Země zůstává na stejném místě) a hledáme okamžik, kdy se planetka dostane do blízkosti přísluní. Tato situace nastala 16. prosince 2005 nebo nastane 16. prosince 2030, kdy je pozorovaná hvězdná velikost 15,6 mag, při použití vztahu (9.16) vyjde 15,2 mag.

Odpověď na úvodní otázku slovní úlohy je, že planetka Rokycany není v dosahu rokycanského dalekohledu. To platí ve vizuálním oboru, kdy za okulár dalekohledu umístíme oko pozorovatele. Vylepšením by bylo použít fotografickou metodu, kdy můžeme zvolit delší expoziční dobu, a tím vylepšit pozorovací podmínky.

Stejným způsobem řešíme situaci s jinými planetkami a dalekohledy.

U planety Poloniny a největšího slovenského dalekohledu nastala opozice 18. května 2013. Pozorovaná hvězdná velikost byla 19,9 mag. Mezní hvězdná velikost dalekohledu je pro dvousetnásobné zvětšení rovna 16,8 mag nebo při použití vztahu (9.15) vychází 16,8 mag. I zde je nutné konstatovat, že planetka je mimo dosah uvažovaného dalekohledu v optickém oboru bez použití snímací techniky.

U každé planety je v tabulce uveden datum, kdy došlo k jejímu objevu. Jestliže nastavíme toto datum do formuláře, zobrazí se nám postavení Země a planety v době, kdy ji astronomové objevili. Např. pro planetku Poloniny je to 2. únor 1997, pro Rokycany 10. listopadu 1997.

Z pojmenovaných planetek můžeme vybírat další vhodná jména vztahující se k různým událostem nebo místům. Např. pro Českou republiku jsou to planety: Plzeň, Praha, Brno, Klet', Božena Němcová apod.

Některé zde uvedené údaje, výsledky či hodnoty se mohou v online aplikacích Astronomia lišit. Důvodem je pravidelná měsíční aktualizace parametrů planetek.

10 Ověření pracovních úloh

„Pokud v textu nerozumíte nějakému slovu, nevěste hlavu. Text dává smysl i bez něho! Jestli text bez toho slova smysl nedává, nedával by ho ani s ním.“

Cooperův-Murphyho zákon minima srozumitelnosti

Aby se daly jednotlivé skupiny účastníků porovnávat, vytvořil jsem obecný srovnávací dotazník. Tato kapitola obsahuje vyhodnocení dotazníků a hodnocení účastníků nad přínosem, kvalitou a náročností vykonaných praktických úloh. Ve druhé části jsou definovány pracovní hypotézy, jejich metodika práce a zkoumání. Na základě výsledků z pracovních listů či dotazníků rozhodnu a zdůvodním zamítnutí či potvrzení dané pracovní hypotézy.

10.1 Dotazník

Každému účastníkovi (studentovi nebo žákovi) jsem dal na začátku hodiny vyplnit srovnávací (poznávací) test, který obsahoval 15 otázek. Osm otázek bylo uzavřených, kdy si účastníci vybírali z několika variant odpovědí, přičemž vždy jen jedna odpověď byla správná. Výhodou tohoto typu je jednoduché vyplnění a následné snadné zpracování odpovědí. Na druhou stranu je nutné dbát na skutečnost, že umožňují nahodilé vyplnění. Zbývající otázky byly otevřené, které umožňovaly volnou tvorbu odpovědi. Tento typ odpovědí by měl podněcovat účastníka k hlubšímu zamyšlení se nad tématem. Volnost odpovědí ovšem znesnadňuje následné zpracování. Poslední, dobrovolná otázka byla směřována na vztah účastníka k fyzice a astronomii.

Po absolvování části věnované pracovním listům a samostatné práci jsem studentům rozdál nový test, tentokrát vyhodnocovací. Obsahuje celkem 14 otázek, z nichž osm je uzavřených a zbývajících šest otevřených. V závěrečné části jsou tři škálové otázky zjišťující zajímavost, náročnost a užitečnost hodiny.

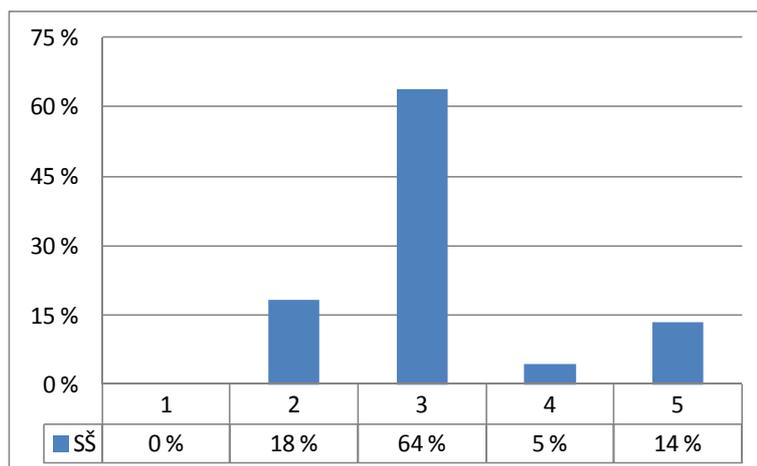
Dále uvedené odpovědi účastníků testování neprošly jazykovou úpravou.

10.1.1 Hodnocení pracovních úloh

Hodnocení pracovních listů považuji za objektivní zpětnou vazbu. U každého typu pracovního listu jsem si stanovil kritéria hodnocení podle stupně správnosti jednotlivých odpovědí. Až 20 bodů mohli získat účastníci u pracovních listů Noční obloha, HR diagram a Planetky. Pracovní list Keplerovy zákony jsem ohodnotil celkem 25 body. V dalším kroku budu pracovat s procentuálními hodnotami, takže mohu výsledky všech pracovních listů mezi sebou porovnat.

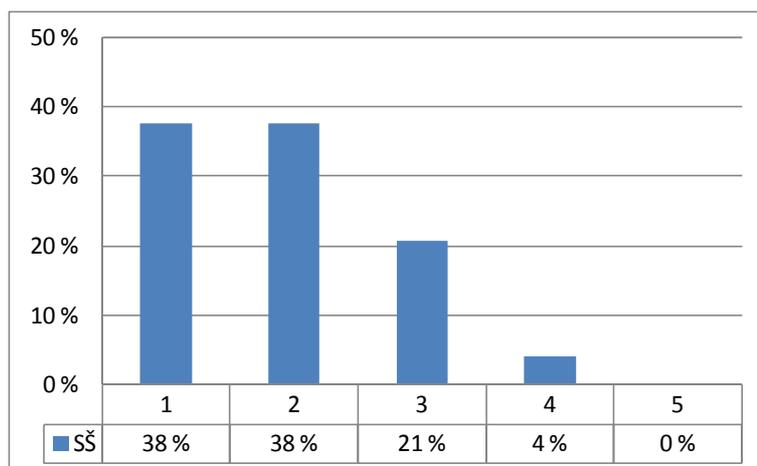
Dle škálových otázek můžeme seřadit jednotlivé pracovní listy podle různých kritérií.

První seřazení (viz Tab. 10.1) je na základě subjektivního hodnocení účastníků z hlediska zajímavosti úlohy – velmi zajímavá (známka 1) či vůbec mne nezaujala (známka 5) hodina, během které plnili úkoly v pracovních listech.



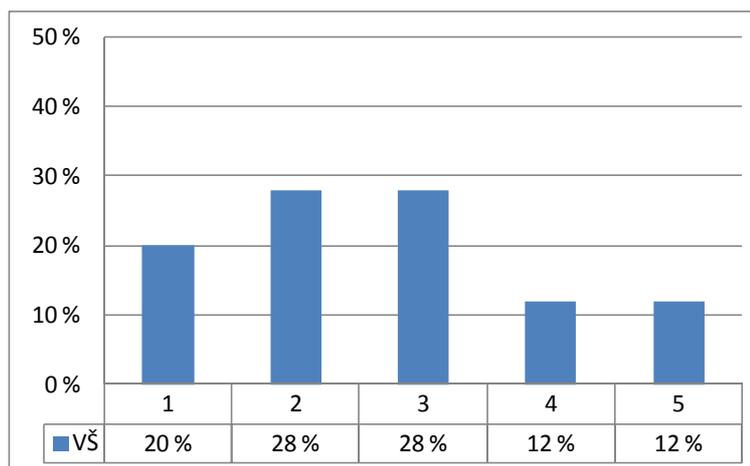
Obr. 10.1: Hodnocení oblíbenosti pracovního listu Noční obloha

U pracovního listu Noční obloha převažuje spíše neutrální stanovisko (Obr. 10.1) ohledně vyjádření účastníků, zda bylo pro ně vykonávání úlohy zajímavé či nikoli. Znamku 3 uvedly téměř dvě třetiny účastníků. Našlo se i 14 % účastníků, které úloha vůbec nezaujala. Svůj vztah k fyzice a astronomii ohodnotili slovy: „Ani o jedno se příliš nezajímám. Neutrální. Fyziku nesnáším, astronomie mě nezajímá.“ Mnohem potěšující je zjištění, že 18 % ohodnotilo známkou 2, přičemž do dotazníku ohledně vztahu k oboru uvedlo, že není nijak vřelý, případně že je vcelku dobrý s preferencí praktického využití fyziky.

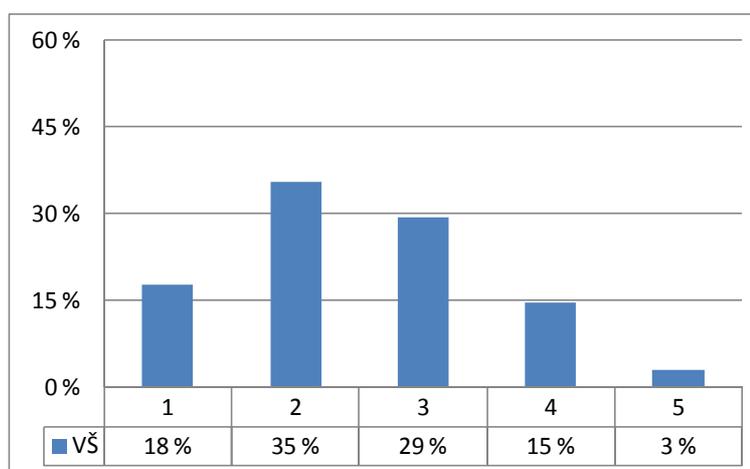


Obr. 10.2: Hodnocení oblíbenosti pracovního listu Keplerovy zákony

Pracovní list Keplerovy zákony je hodnocen velmi pozitivně (Obr. 10.2), přes tři čtvrtiny účastníků uvedlo známkou 1 nebo 2. Neobjevilo se žádné hodnocení známkou 5 a pouze čtyři procenta uvedla známkou 4 (jednalo se o jednoho účastníka, který dle svých slov nemá žádný vztah k astronomii a fyzice).



Obr. 10.3: Hodnocení oblíbenosti pracovního listu HR diagram (částečně i Planetky)



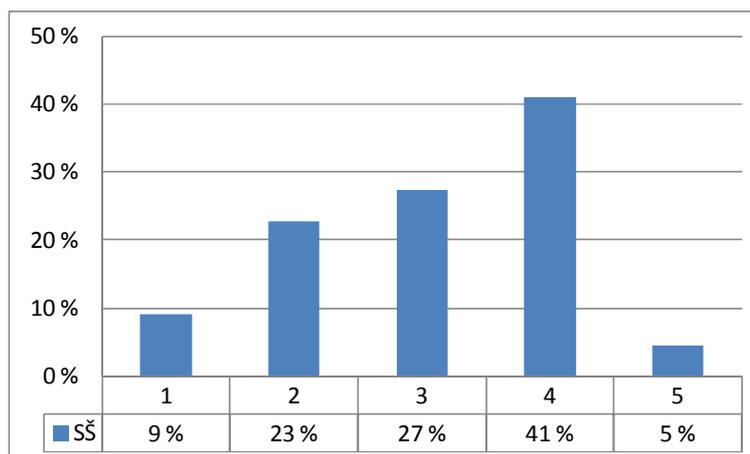
Obr. 10.4: Hodnocení oblíbenosti pracovního listu Planetky

Pracovní list HR diagram a Planetky hodnotili někteří účastníci pomocí jednoho dotazníku (Obr. 10.3), protože oba pracovní listy měli v rámci jednoho testování (jedné hodiny). Naproti tomu pracovní list Planetky byl hodnocen v jiné skupině účastníků i samostatně, tyto výsledky popisuje graf na Obr. 10.4. Průměrná hodnota se pohybuje mezi 2,5 až 2,7. Tomu odpovídá i rozložení známek, kdy více než čtvrtina účastníků hodnotila známkami 2 a 3.

Pořadí	Název listu	Průměrná hodnota
1	Keplerovy zákony	1,9
2	Planetky	2,5
3	HR diagram	2,7
4	Noční obloha	3,1

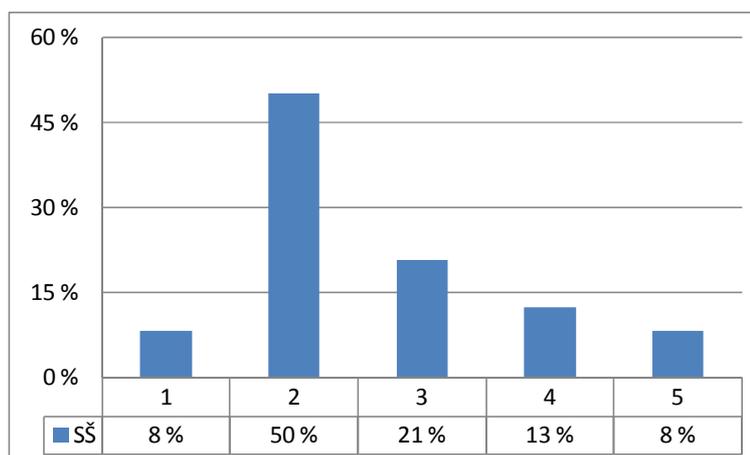
Tab. 10.1: Pořadí pracovních listů podle oblíbenosti

Druhé seřazení (viz Tab. 10.2) je podle náročnosti hodiny. V tomto případě se většinou uvažuje časová náročnost, ale účastníci si mohli představit i variantu v podobě nároků na znalosti. Hodnocení je opět subjektivní na škále – jednoduchá (známka 1) a náročná (známka 5).

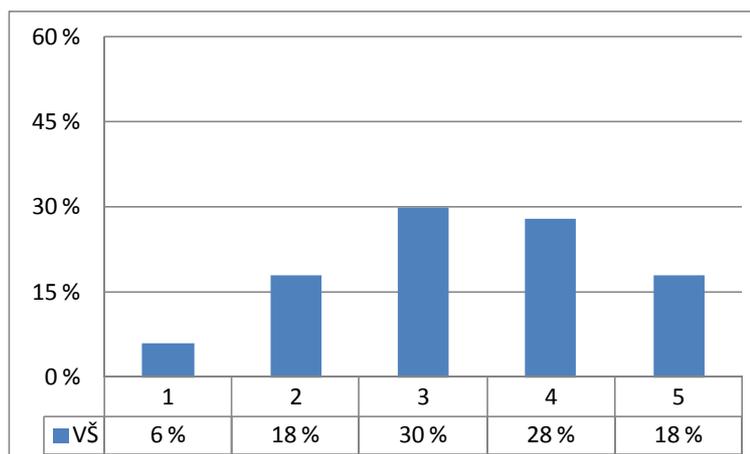
Obr. 10.5: Hodnocení náročnosti pracovního listu *Noční obloha*

Pracovní list *Noční obloha* hodnotilo přes 40 % účastníků jako náročný (známka 4). Po dvou čtvrtinách pak dalo známku 2 nebo 3. Úlohy obsahovaly velké množství práce s tabulkami a grafy. Našlo se i 9 % účastníků, kteří jej ohodnotili jako jednoduché. Tomu odpovídá i bodové hodnocení úspěšného vyplnění pracovního listu, které dosahovalo u jednoho účastníka 95 % se slovy v závěru: „*Nesnáze: žádné, průběh: vše se dalo lehce opsat ze stránek astronomia.zcu.cz*“.

Naproti tomu mnohem méně náročně je hodnocen pracovní list věnovaný Keplerovým zákonům (Obr. 10.6). Polovina účastníků hodnotí známkou 2. Ti, co jej označují za náročný uvádějí v případě svého vztahu k astronomii a fyzice následující: „*Značně negativní.*“ a „*Fyzika je můj nejoblíbenější předmět, ale o astronomii se nijak výrazně nezajímám.*“ Jeden účastník hodnotící známkou 5 uvádí v závěru pracovního listu: „*Byl jsem lehce zmatený.*“ Pracovní list se mu i tak podaří vyplnit z 55 % správně. Naproti tomu zbývající se známkou 4 nebo 5 mají průměrnou úspěšnost vyplnění pracovního listu pouhých 19 %.

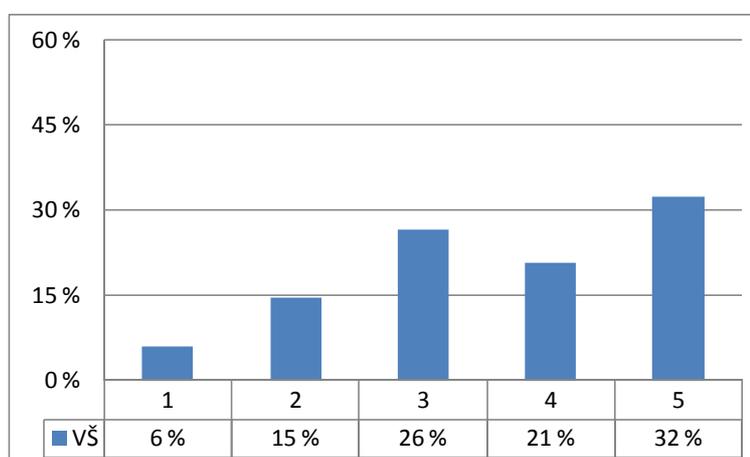
Obr. 10.6: Hodnocení náročnosti pracovního listu *Keplerovy zákony*

Pracovní list HR diagram je hodnocen průměrnou známkou 3,3. Rozložení hodnocení je na Obr. 10.7. Nejvíce zastoupená je s 30 % známka 3, následovaná více jak čtvrtinou známek 4. Téměř pětina účastníků hodnotila jako náročné, známkou 5.



Obr. 10.7: Hodnocení náročnosti pracovního listu HR diagram (částečně i Planetky)

Pracovní list Planetky obsahuje nejvíce hodnocení známkou 5, takto vnímala tuto úlohu téměř třetina účastníků. Jedná se subjektivně o nejvíce náročný pracovní list. Přesto jde o druhý nejoblíbenější pracovní list.



Obr. 10.8: Hodnocení náročnosti pracovního listu Planetky

Pořadí	Název listu	Průměrná hodnota
1	Keplerovy zákony	2,6
2	Noční obloha	3,1
3	HR diagram	3,3
4	Planetky	3,6

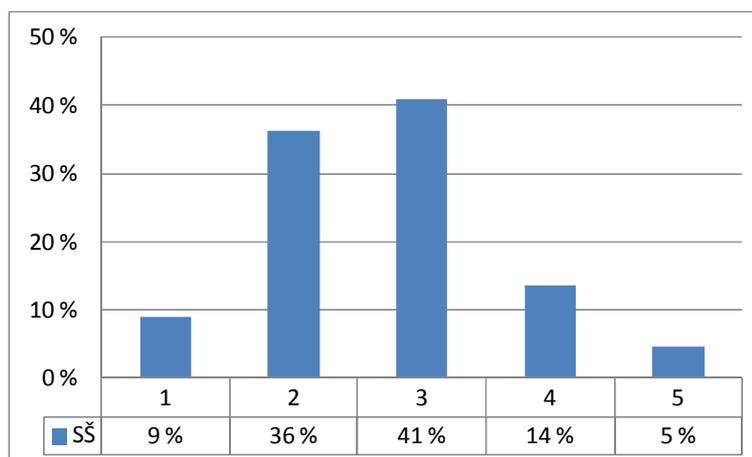
Tab. 10.2: Pořadí pracovních listů podle náročnosti

Pro poslední seřazení (viz Tab. 10.3) pracovních úloh jsem vzal informaci o užitečnosti hodiny dle hodnocení účastníků. Rozmezí bylo od známky 1 (užitečná) až po známku 5 (neužitečná), průměrná hodnota je v intervalu 2,2 až 2,8 a dosahuje nejmenšího rozptylu ze sledovaných ukazatelů.

Pořadí	Název listu	Průměrná hodnota
1	Keplerovy zákony	2,2
2	Planetky	2,5
3	Noční obloha	2,7
4	HR diagram	2,8

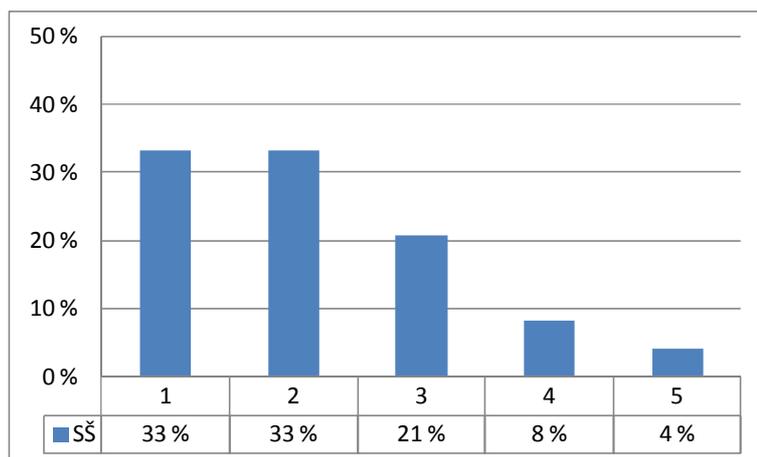
Tab. 10.3: Pořadí pracovních listů podle užitečnosti

Pracovní list Noční obloha věnovaný úkazům na obloze během západu a východu slunce považovalo za neutrálně užitečné 41 % účastníků. Dalších 36 % hodnotilo známkou 2, kterou lze považovat za částečně užitečné. Účastnice hodnotící známkou 5 uvádí, že „fyziku nesnáší, astronomie ji nezajímá.“ Odpovídá tomu i 20% úspěšné vyplnění pracovního listu (uvedla pouze příčinu ročních období včetně dnů, kdy začínají, a správně definovala astronomickou noc) se slovy: „Stránky jsou nepřehledné, něco tam najít je vážně umění. Pro člověka, kterého to nezajímá a neumí pracovat s grafy, je to ztráta času. Jen představa, že bych musela přečíst ten text, abych něco našla, je příšerná.“



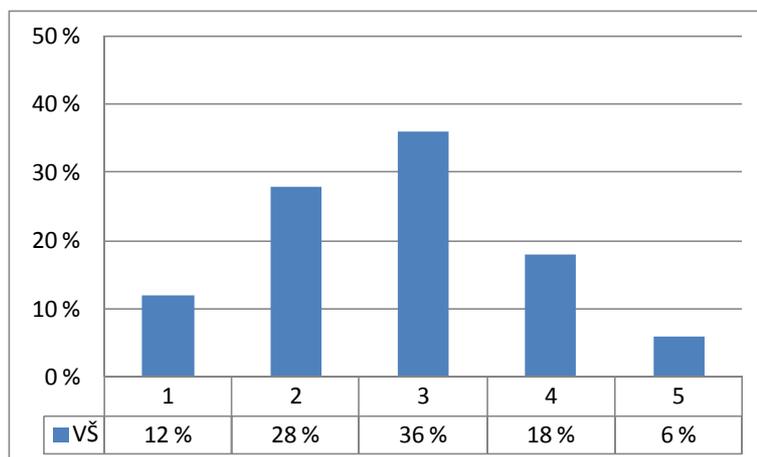
Obr. 10.9: Hodnocení užitečnosti pracovního listu Noční obloha

Význam Keplerových zákonů hraje roli v hodnocení tohoto pracovního listu. Dvě třetiny účastníků hodnotí známkou 1 nebo 2, přes pětinu účastníků má neutrální postoj. Pouze nepatrné množství účastníků hodnotí jako neúžitečné.

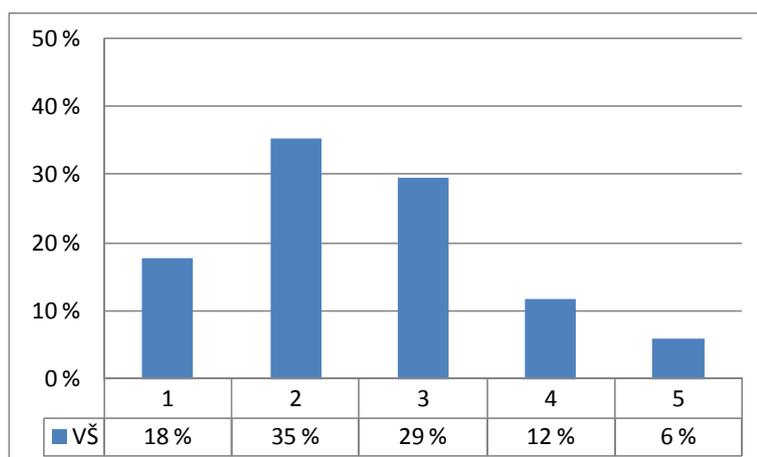


Obr. 10.10: Hodnocení užitečnosti pracovního listu Keplerovy zákony

Přes třetinu účastníků hodnotilo pracovní list Planety neutrálně, známkou 3. Rozložení na Obr. 10.11 odpovídá průměrné známce 2,8. V pořadí na druhém místě se umístila známka 2. Pracovní list Planety byl v tomto směru hodnocen lépe, průměrnou známkou 2,5, protože nejčastěji byla vybrána známka 2, a to více než třetinou účastníků.



Obr. 10.11: Hodnocení užitečnosti pracovního listu HR diagram (částečně i Planety)



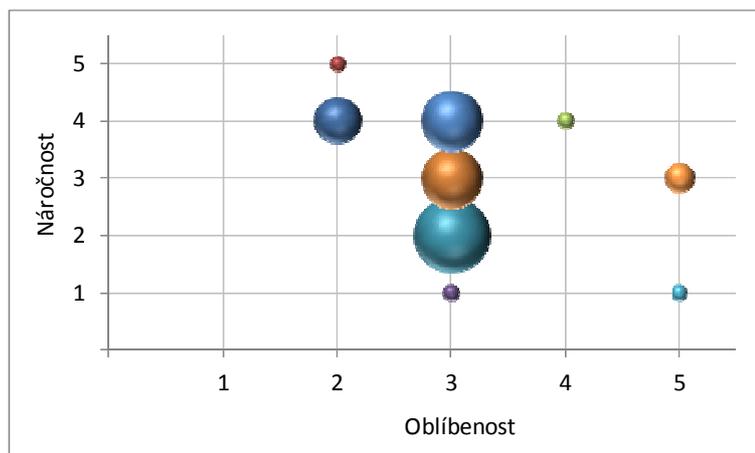
Obr. 10.12: Hodnocení užitečnosti pracovního listu Planety

Z výše uvedených seznamů plyne, že nejlépe hodnocený je pracovní list Keplerovy zákony, následovaný Planetkami, Noční oblohou a HR diagramem. U posledně jmenovaného se lze domnívat, že toto hodnocení může být způsobené tím, že se jedná o složitější téma, které u účastníků vyžaduje jistou abstrakci a

možná odtažitost od reálného použití v životě. HR diagramem v jiném pojetí (sestrojení z dat z katalogu hvězd pomocí Excelu) jsem se zabýval ve své rigorózní práci (Kéhar, 2011), kde průměrné hodnocení účastníků dopadlo následujícím způsobem: zajímavá úloha či hodina (předtím 2,3; nyní 2,7), náročnost (předtím 3,1; nyní 3,3) a užitečnost (předtím 2,6; nyní 2,8). Toto srovnání je pro mne překvapivé, domníval jsem se, že aktivita účastníků v Excelu při počítání a sestrovování diagramu bude méně atraktivní a více náročná, než činnosti s připravenými diagramy a následná práce s nimi. Je možné, že žáci a studenti nepovažují práci s grafy za zajímavý prvek ve výuce. Na druhou stranu pokládám orientaci v grafu a jejich správnou interpretaci za důležitou součást vzdělanosti a je nutné se tomuto tématu věnovat.

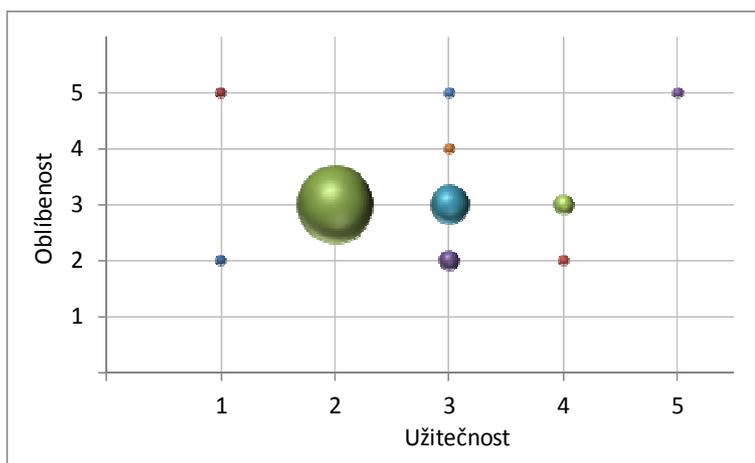
Zajímavé jsou i některé grafy vzájemných závislostí výše uvedených oblastí, tzn. oblíbenosti, náročnosti a užitečnosti.

Nejprve se podíváme na pracovní list Noční obloha a závislosti oblíbenosti na náročnosti (Obr. 10.13) a oblíbenosti na užitečnosti (Obr. 10.14). Tyto grafy znázorňují velikostí bubliny četnost daných kombinací. Z Obr. 10.13 je zřejmé, že nejčastěji účastníci volili neutrální oblíbenost (známkou 3) témata Noční obloha, kdy se náročnost pohybovala od známky 2 do známky 4. Ostatní kombinace mají menší zastoupení.



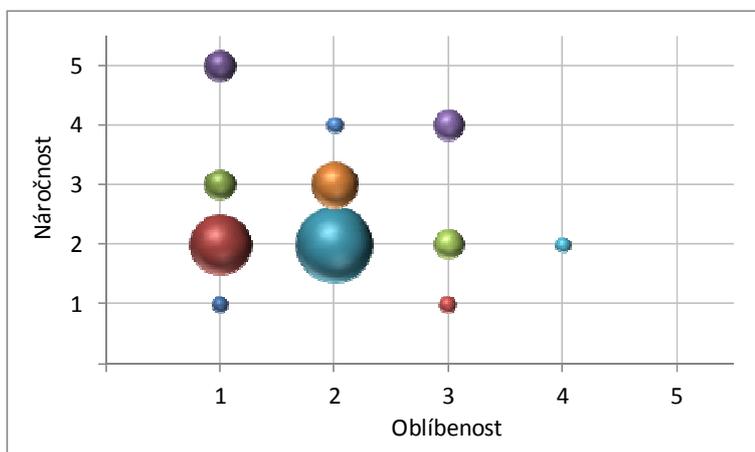
Obr. 10.13: Korelace náročnosti a oblíbenosti pracovního listu Noční obloha

Výrazně jiná je situace při porovnání užitečnosti úlohy na její oblíbenost. Ukazuje se (Obr. 10.14), že nejčastější (více jak třetina účastníků, 36 %) kombinace je neutrální oblíbenost (známka 3) a částečná užitečnost (známka 2). Další v pořadí je neutrální postoj k oběma vlastnostem. Na tom se shodlo 18 % účastníků.

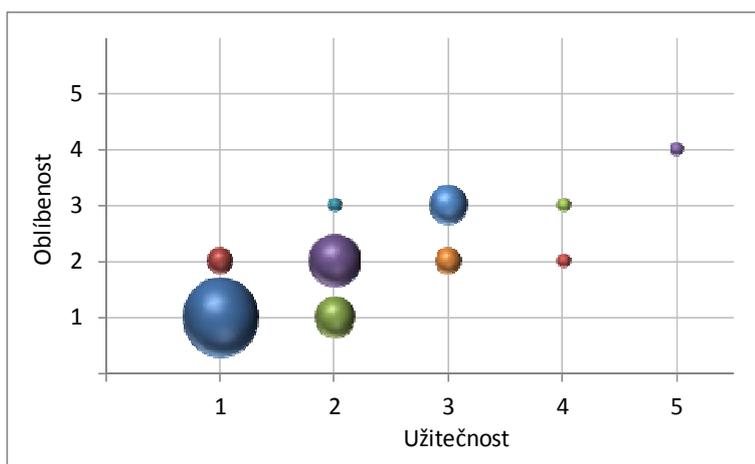


Obr. 10.14: Korelace užitečnosti a oblíbenosti pracovního listu Noční obloha

Oblíbený a zároveň užitečný je pracovní list věnovaný Keplerovým zákonům. Lze si toho všimnout na Obr. 10.15 a Obr. 10.16, kde se výrazné bubliny vyskytují poblíž známek 2. Ještě výraznější je to na Obr. 10.16, kde čtvrtina účastníků hodnotí známkami 1, tzn. velmi zajímavé a užitečné.

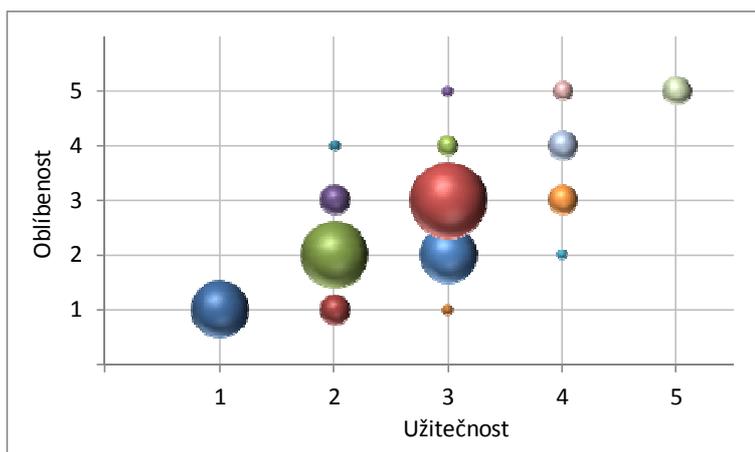


Obr. 10.15: Korelace náročnosti a oblíbenosti pracovního listu Keplerovy zákony



Obr. 10.16: Korelace užitečnosti a oblíbenosti pracovního listu Keplerovy zákony

Vysoký korelační index (0,8) se objevil u pracovního listu HR diagram mezi oblíbeností a užitečností. Ukázalo se (Obr. 10.17), že zde platí přímá úměra. Čím více to bylo pro účastníky zajímavější (nižší známka), tím užitečnější pro ně úloha byla (opět ohodnoceno nižší známkou).



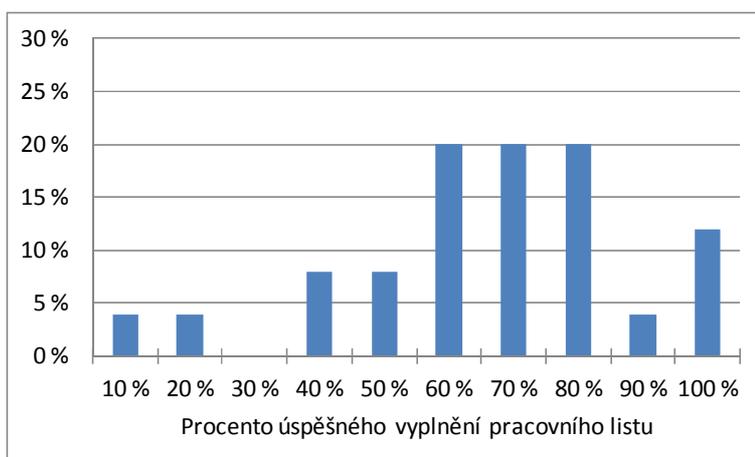
Obr. 10.17: Korelace užitečnosti a oblíbenosti pracovního listu HR diagram

Mezi objektivní hodnocení jsem zařadil procento úspěšnosti vyplnění pracovního listu. Následující tabulka (Tab. 10.4) obsahuje pořadí pracovních listů podle průměrné hodnoty.

Pořadí	Název listu	Průměr	Minimum	Maximum
1	Noční obloha	64 %	10 %	100 %
2	Keplerovy zákony	53 %	8 %	92 %
3	Planetky	41 %	20 %	65 %
4	HR diagram	39 %	13 %	85 %

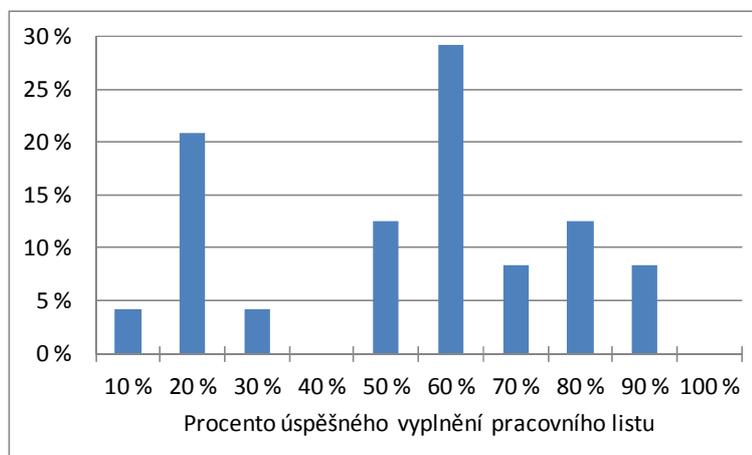
Tab. 10.4: Pořadí pracovních listů podle úspěšnosti vyplnění

Zajímavou závislost jsem objevil u pracovního listu Keplerovy zákony, kde je relativně silná nepřímá úměra mezi úspěšným vyplněním pracovního listu a označení účastníka, že se jedná o náročnou úlohu. Korelační index je $-0,48$, přičemž kritická hodnota pro 24 hodnot je 0,4 pro 95% pravděpodobnost. Platí, že čím náročnější je úloha pro účastníka, tím hůře dopadne vyplnění pracovního listu.



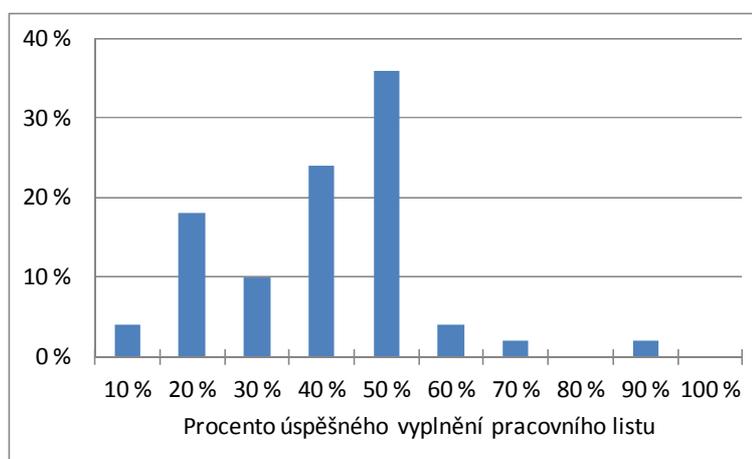
Obr. 10.18: Úspěšnost vyplnění pracovního listu Noční obloha

Průměrná hodnota úspěšného vyplnění (Obr. 10.18) pracovního listu Noční obloha dosahuje hodnoty 64 %. Dokonce se objevilo přes 10 % účastníků, kteří se přiblížili nebo dosáhli na 100% úspěšnost. Pouze necelá čtvrtina účastníků měla méně než 55 %.



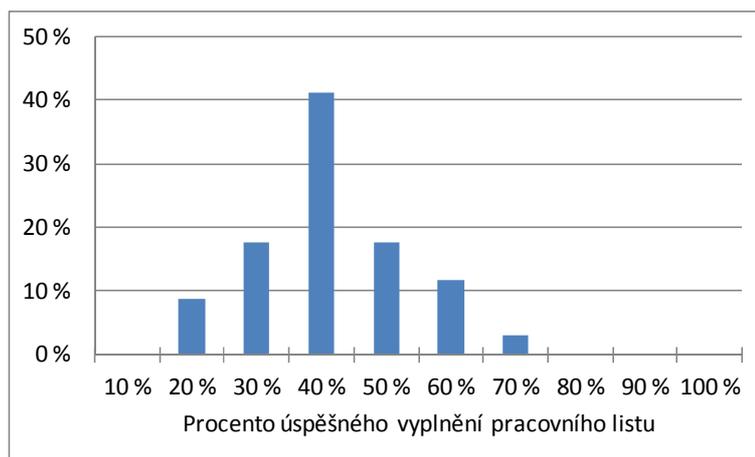
Obr. 10.19: Úspěšnost vyplnění pracovního listu Keplerovy zákony

Pracovní list Keplerovy zákony má dvě lokální maxima v grafu úspěšnosti vyplnění (Obr. 10.19). Jedná se o 20 % a 60 %. První hodnota je spíše znepokojující a pohledem na data nelze s jistotou říci, co bylo příčinou. Vesměs se jednalo o nevyplněnou zadní stranu pracovního listu. Nebylo to pravděpodobně z důvodu náročnosti, protože ta je nejčastěji na známce 2, objevují se i známky 4 a 5 (znamená náročná úloha).



Obr. 10.20: Úspěšnost vyplnění pracovního listu HR diagram

Pracovní list HR diagram je hodnocen jako druhý nejnáročnější. Průměrná úspěšnost vyplnění dosahuje nejnižší hodnoty 39 %. Objevuje se pouze nepatrné množství pracovních listů (do deseti procent), které jsou z více než poloviny správně. Nejvýraznější část, více než třetina, je právě z 50 % v pořádku. Za zmínku ještě stojí 40% vyplnění pracovního listu u necelé čtvrtiny účastníků. Příčinu tohoto stavu se mi nepodařilo zjistit, pravděpodobně to může být způsobené složitostí tématu. Jedná se o záležitost, která není probírána na školách, a proto se účastníci (studenti univerzity) v tomto směru neorientují.



Obr. 10.21: Úspěšnost vyplnění pracovního listu Planetky

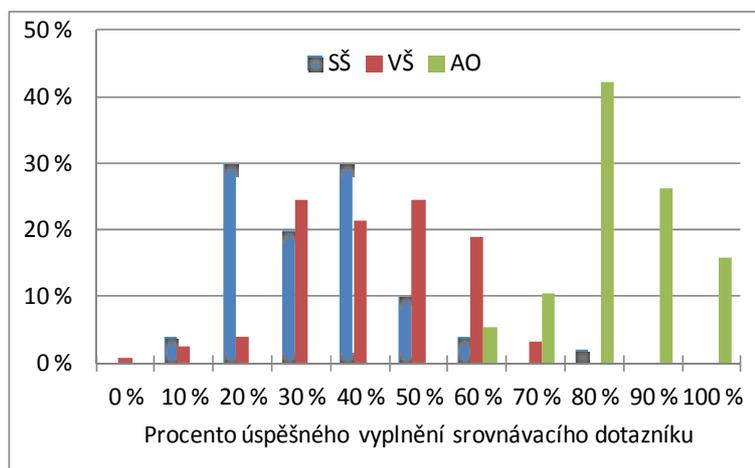
Graf úspěšnosti vyplnění pracovního listu Planetky (Obr. 10.21) je velmi podobný normálnímu rozdělení pravděpodobnosti. Jen škoda, že se maximum nachází pouze na hodnotě 40 % a nikoli výše. Žádný pracovní list nebyl vyplněn z více než 80 %. Může to souviset s tím, že účastníci hodnotili tento pracovní list jako nejnáročnější, průměrnou známkou 3,6, téměř pětina známkou nejvyšší a necelá třetina známkou 4.

10.1.2 Hodnocení účastníků

Hodnocení účastníků jsem provedl na základě vyhodnocení srovnávacích a vyhodnocovacích dotazníků.

Srovnávací dotazník

Na srovnávací dotazník měli účastníci 10 minut na začátku hodiny. Testování se v průběhu roku 2012 zúčastnilo 50 žáků gymnázia, 126 studentů univerzity a 19 účastníků výběrového soustředění astronomické olympiády.



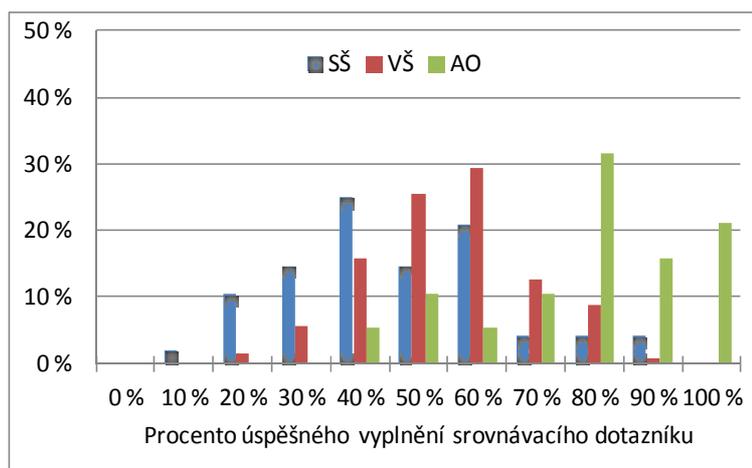
Obr. 10.22: Úspěšnost vyplnění srovnávacího dotazníku

Z Obr. 10.22 lze zjistit výrazný rozdíl v procentu úspěšnosti vyplnění srovnávacího dotazníku mezi nehomogenními skupinami středoškoláků, vysokoškoláků a vážných zájemců o astronomii. Žáci gymnázia mají průměrnou úspěšnost ve výši 33 %, minimální je 8 %, maximální naopak 76 %. Studenti univerzity mají průměr 43 %, minimum jen 4 % a maximum 72 %. Účastníci soustředění dosáhli průměru dokonce 85 %, minimum mají 60 % a maximum 100 %. Z výše uvedeného je zřejmé, že se jedná o dotazník obsahující složitější a náročnější otázky. Ty se týkaly různých témat

z astronomie: jaká je nejbližší hvězda Zemi, co je to jarní bod nebo pozorovaná hvězdná velikost, Keplerovy zákony, kolik měří astronomická jednotka, odkud je pozorovatelné zatmění Měsíce, jakou hmotnost má Slunce v porovnání se sluneční soustavou, asterismy, nejjasnější hvězda na noční obloze, střídání ročních období, rozdíl mezi pojmy Mléčná dráha a Galaxie či století prvního použití dalekohledu.

Vyhodnocovací dotazník

I na vyhodnocovací dotazník měli účastníci 10 minut, tentokrát před koncem hodiny, tedy poté, co absolvovali pracovní úlohy. Testování se v průběhu roku 2012 zúčastnilo 48 žáků gymnázia, 126 studentů univerzity a 19 účastníků výběrového soustředění astronomické olympiády.



Obr. 10.23: Úspěšnost vyplnění vyhodnocovacího dotazníku

Stejně jako u srovnávacího dotazníku, i zde jsou rozdíly ve znalostech mezi jednotlivými skupinami, jak ukazuje Obr. 10.23. Žáci gymnázia mají průměrnou úspěšnost ve výši 46 %, minimální je 12 %, maximální naopak 94 %. Studenti univerzity mají průměr 55 %, minimum 19 % a maximum 88 %. Účastníci soustředění dosáhli průměru 78 %, minimum mají 42 % a maximum 100 %. Opět se ukazuje, že otázky byly vesměs náročné, týkaly se hlavně malých těles ve sluneční soustavě – planetek. Důvod pro volbu tohoto tématu byl ten, že jsem chtěl zjistit rozdíl mezi dvěma homogenními skupinami studentů univerzity při tématu planetek.

Porovnání skupin

V dubnu 2012 jsem provedl srovnání běžné frontální výuky (první skupina) s výukou vedenou pomocí pracovních listů a praktickou činností studentů (druhá skupina). Výuky vedené frontální metodou se zúčastnilo 39 studentů univerzity. Naproti tomu praktické hodiny se účastnilo 35 studentů univerzity. Obě skupiny dostaly na začátku desetiminutový srovnávací dotazník. Poté si první skupina vyslechla přednášku vedenou vesměs frontální metodou na téma malá tělesa ve sluneční soustavě zaměřenou na planetky, od dob Keplerových až po současnost. Druhá skupina pracovala na počítači a zpracovávala pracovní list Planetky (viz kapitola 9.6), přičemž před samostatnou prací jsem jim sdělil informace, které se dozvěděla první skupina, ale tato skupina by se je z pracovního listu nedozvěděla. Před koncem hodiny dostaly obě skupiny desetiminutový vyhodnocovací dotazník.

K vyhodnocení významnosti rozdílu jsem použil t-test nabízený tabulkovým procesorem Excel. Pokud je absolutní hodnota testovacího kritéria „t stat“ menší než

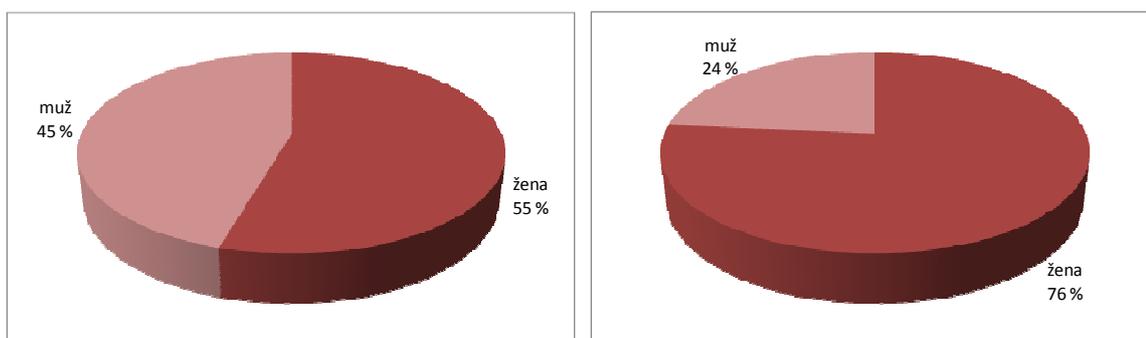
hodnota kritické hodnoty „ $t_{krit}(2)$ “, není rozdíl statisticky významný. Totéž nám potvrdí vysoká p-hodnota, $P(T \leq t) (2) > \alpha$.

Analýze dat mohou podrobit jen 34 studentů první skupiny a 33 studentů druhé skupiny, protože u některých nemám k dispozici oba dotazníky. Pro zjištění nárůstu znalostí mezi srovnávacím a vyhodnocovacím dotazníkem jsem použil dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. Průměrná hodnota úspěšného vyplnění srovnávacího dotazníku u první skupiny byla 43 %, pro vyhodnocovací dotazník 54 %. Výsledek testu ukázal (testovací kritérium = 4,2; kritická hodnota = 2,0; $p = 2 \cdot 10^{-4}$), že se jedná o statisticky významnou změnu, která není záležitostí náhody. Pearsonův korelační koeficient vyšel 0,3, to svědčí o nepříliš těsném vztahu proměnných. Znamená to, že skutečně došlo k nárůstu znalostí.

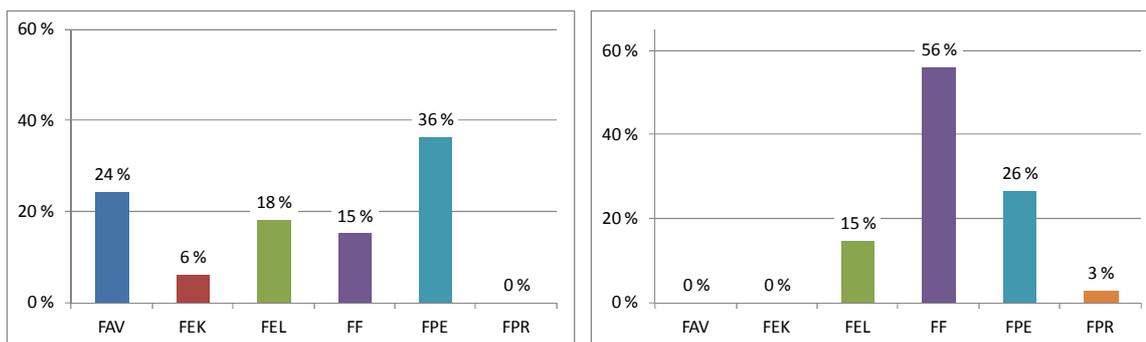
Průměrná hodnota úspěšného vyplnění srovnávacího dotazníku byla u druhé skupiny jen 35 %, pro vyhodnocovací dotazník 55 %. Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu ukáže (testovací kritérium = 6,7; kritická hodnota = 2,0; $p = 1 \cdot 10^{-7}$), že i zde se jedná o statisticky významnou změnu. Pearsonův korelační koeficient je na hodnotě 0,4, jde o středně těsný vztah proměnných, to znamená, že se pořadí úspěšnosti studentů příliš neměnilo.

U všech studentů jsem vypočítal rozdíl úspěšného vyplnění srovnávacího a vyhodnocovacího dotazníku, abych potvrdil výše uvedené analýzy. U první skupiny studentů byla průměrná hodnota rozdílu rovna 11 procentním bodům. Minimální hodnota byla dokonce záporná, došlo ke zhoršení studenta, o 24 procentních bodů. Naopak nárůst vědomostí byl až o 43 procentních bodů. Druhá skupina má průměrnou hodnotu rozdílu rovnu 20 procentním bodům. Minimální hodnota v podobě zhoršení studenta je o 13 procentních bodů, naopak maximální zlepšení bylo o 54 procentních bodů (z 28 % na 82 %). Provedením dvouvýběrového t-testu s nerovností rozptylů zjistíme, že se jedná o statisticky významnou změnu mezi rozdíly u obou skupin. Testovací kritérium je 2,3; kritická hodnota je 2,0; p je 0,024. Hladinu významnosti volím stejně jako u výše uvedených testů 5 %.

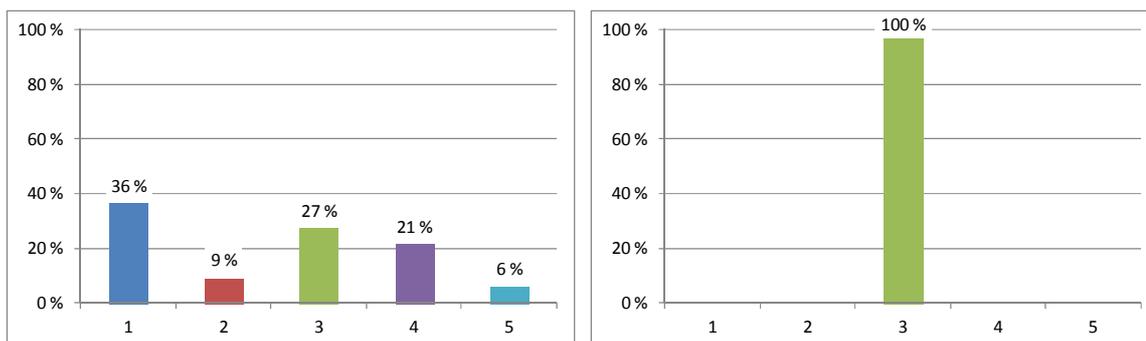
V neposlední řadě jsem provedl i porovnání obou skupin studentů mezi sebou pomocí srovnávacího dotazníku. První skupina měla průměrnou hodnotu úspěšnosti vyplnění srovnávacího dotazníku 43 %, druhá jen 35 %. Pomocí dvouvýběrového t-testu s nerovností rozptylu se ukázalo, že mezi těmito skupinami je skutečně statisticky významný rozdíl. Testovací kritérium je 2,6; kritická hodnota je 2,0, p je 0,012. Pohled na složení obou skupin pravděpodobně odhalí důvod tohoto rozdílu. První skupina studentů: žena (55 %), muž (45 %); FPE (36 %), FAV (24 %), FEL (18 %), FF (15 %) a FEK (6 %); 1. ročník (36 %), 2. ročník (9 %), 3. ročník (27 %), 4. ročník (21 %) a 5. ročník (6 %). Druhá skupina měla složení odlišné: žena (76 %), muž (24 %); FF (56 %), FPE (26 %), FEL (15 %) a FPR (3 %); výhradně 3. ročník.



Obr. 10.24: Složení účastníků první skupiny (vlevo) a druhé skupiny (vpravo)



Obr. 10.25: Fakulta účastníků – první skupina (vlevo), druhá skupina (vpravo)



Obr. 10.26: Ročník účastníků – první skupina (vlevo), druhá skupina (vpravo)

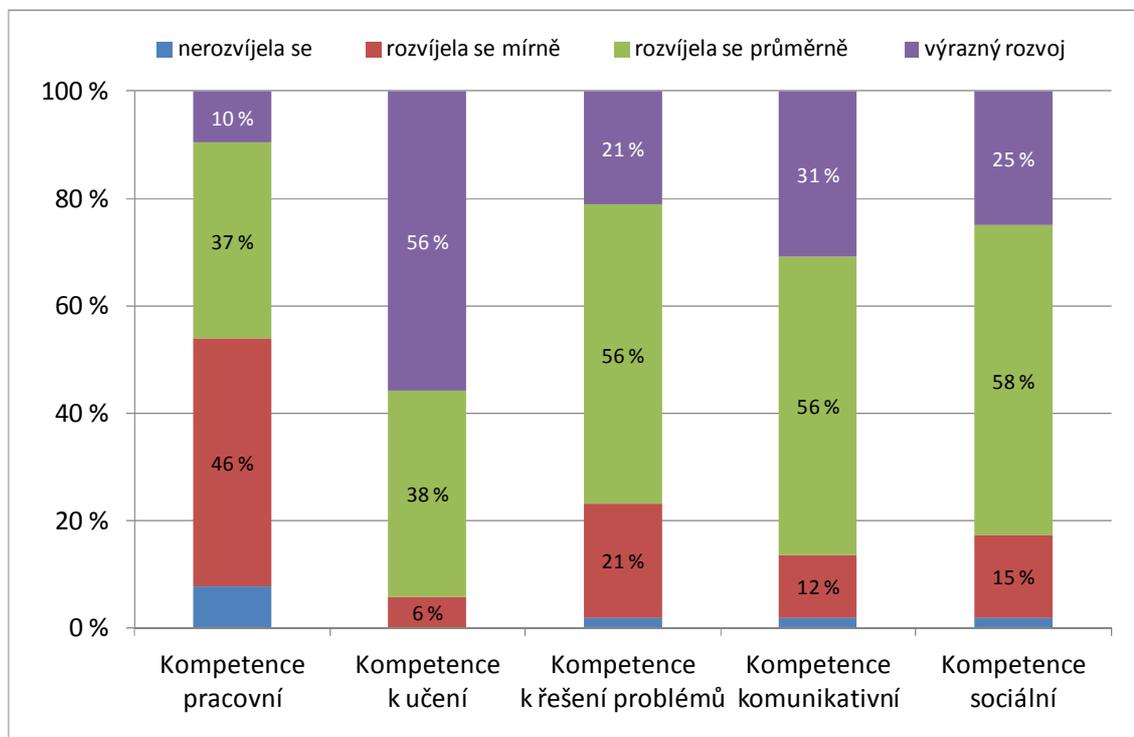
Závěrem lze konstatovat, že nešlo prokázat, ale ani vyvrátit, že by pracovní listy, potažmo praktická činnost na počítači, byly lepší než frontálně vedená výuka. Může to být způsobené neoblíbeností pracovních listů mezi studenty, nebo uložením přesně vymezených pracovních úkonů bez velké volnosti v modifikaci. Pravděpodobně by bylo nutné tento typ testu opakovat na dalším vzorku účastníků, případně změnit typ zadání. Místo pracovního listu provádět jednotlivé úkony společně se studenty formou dílčích otázek, tato varianta se mi osvědčila v rámci akce Fyzikální kemp, kdy jsem dokázal aktivizovat k činnosti většinu účastníků. Tato metoda má ovšem základní nevýhodu ve složitém vyhodnocování úspěšnosti splnění jednotlivých úkonů.

10.1.3 Rozvoj kompetencí

Při testování pracovních listů Noční obloha (viz kapitola 9.7) a Keplerovy zákony (viz kapitola 9.5) na univerzitě dne 30. října 2012 jsem místo obvyklých dotazníků rozdál formulář, kterým jsem zjišťoval rozvoj klíčových kompetencí. Tento formulář jsem získal a konzultoval s Mgr. Vladimírou Lovasovou, Ph.D. (z katedry psychologie FPE ZČU v Plzni) v rámci projektu studentského grantového systému ZČU v Plzni „Efektivita projektové metody ve vyučování matematiky, fyziky a informatiky“. Test je zaměřen na klíčové kompetence pracovní, k učení, k řešení problémů, komunikační a sociální. Skupina účastníků je z 84 % shodná jako při testování ostatních pracovních listů, tzn. HR diagram (viz kapitola 9.4) a Planetky (viz kapitola 9.6), proto zcela nevádí, že od této skupiny nemám vyplněný srovnávací a vyhodnocovací dotazník.

Graf na Obr. 10.27 ukazuje míru rozvoje klíčových kompetencí studentů univerzity. Na vodorovné ose jsou vyjmenovány všechny sledované klíčové kompetence. Na svislé ose je vynesena míra rozvoje klíčových kompetencí. Test obsahoval 15 uzavřených otázek, vždy 3 na každou kompetenci. Účastník si vybíral ze tří možných odpovědí podle toho, jaký text nejlépe vyjadřoval jeho pocity, stanovisko

nebo názor. Každá odpověď byla u každé otázky různě bodována podle klíče, který přisuzoval 0 až 2 body. Po sečtení trojic bodů platí pro každou klíčovou kompetenci následující pravidlo: 0 bodů = nerozvíjela se (modrá), 1–2 = rozvíjela se mírně (červená), 3–4 = rozvíjela se průměrně (zelená), 5–6 = výrazný rozvoj (fialová). Na grafu jsou znázorněny pouze tyto čtyři skupiny.



Obr. 10.27: Míra rozvoje klíčových kompetencí

Ukazuje se, že pracovní listy nejvíce zasáhly kompetence k učení (kritické myšlení, zpracování poznatků apod.), kdy se u 56 % účastníků jednalo dokonce o výrazný rozvoj a u dalších 38 % se rozvíjely průměrně. Sice se jednalo víceméně o samostatnou práci studentů, proto může překvapit, že na druhém místě se umístily kompetence komunikativní, téměř u třetiny šlo o výrazný rozvoj, u více jak poloviny o průměrné rozvíjení. Nicméně mezi tento druh kompetence patří i efektivní využívání moderní informační technologie, používání odborného jazyka nebo správné přijímání sdělení a věcnou argumentaci pro dosažení porozumění. Pomyslné třetí místo obsadily kompetence sociální, kdy u čtvrtiny účastníků došlo k výraznému rozvoji. Zde lze zařadit rozhodování na základě vlastního úsudku nebo přizpůsobení se měnícím se pracovním podmínkám. Jelikož se jednalo o pracovní listy s relativně přesným postupem, méně se rozvíjely kompetence k řešení problémů – pouze u pětiny účastníků. I do této kompetence se řadí kritické interpretování získaných poznatků nebo zvažování možných kladů a záporů jednotlivých variant řešení, proto k rozvoji nakonec došlo. To, že se jednalo o náročné pracovní úlohy, dokládá nezávisle i nevýrazný rozvoj pracovních kompetencí, mezi které patří pracovní výdrž nebo koncentrace na pracovní výkon a jeho dokončení. U poloviny účastníků se totiž rozvíjely jen mírně.

10.2 Hypotézy

10.2.1 Metodika práce a metody zkoumání

Data pro testování hypotéz jsem získal dvojnásobným způsobem – analýzou pracovních listů a dotazníkovou metodou. První variantu jsem považoval za objektivní způsob získání informací, protože vyplnění pracovních listů nepovažovali účastníci za vynucené. Naopak druhá varianta (dotazník) byla subjektivní, nicméně představuje nejpoužívanější nástroj ke získání informací, jedná se o výzkumnou metodu, kdy zjišťujeme informace od respondentů písemnou formou pomocí předem připravených otázek. Mezi významné nevýhody dotazníkové metody patří možnost záměrného zkreslení informací.

Mezi dva základní statistické postupy patří odhad parametrů a testování hypotéz. Shoda dat s hypotézou ještě neznamená pravdivost hypotézy, tu nelze na základě dat dokázat. Naproti tomu data odporující hypotéze ukazují nepravdivost hypotézy. Toto je předmětem statistického testování hypotéz, kdy se formuluje nulová hypotéza tak, aby ji mohla data vyvrátit v případě, že není pravdivá. Většinou se jedná o opak toho, co chci dokázat. Nulová hypotéza (H_0) se většinou formuluje jako: něco se neliší, není diference, není závislost apod. Poté se snažíme dokázat, že určitá data nejsou slučitelná (jsou v rozporu) s touto nulovou hypotézou. Pokud se to podaří dokázat, lze zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu H_A . (Kéhar, 2011)

Statistické zpracování dat bylo provedeno v aplikaci Excel pomocí Analýzy dat, případně na online aplikaci *Calculation for the Chi-Square Test* (Preacher, 2001) metodou testu dobré shody χ^2 (chí-kvadrát).

Nulovou hypotézu zamítnu na zvolené hladině významnosti (α), pro moji potřebu jsem zvolil 5 %³⁰, tj. $\alpha = 0,05$. Při testování hypotéz jsem postupoval podle následujícího postupu: formuloval jsem nulové a alternativní hypotézy, zvolil jsem hladinu významnosti, určil jsem stupně volnosti (k), zvolil jsem testovací kritérium, dosadil jsem pozorované hodnoty do testovacího kritéria a vypočetl jsem testovací charakteristiky, pro zvolenou hladinu významnosti α a počet stupňů volnosti k jsem našel příslušné kritické hodnoty, porovnal jsem výsledek testovací metody s příslušnou kritickou hodnotou, vyslovil jsem závěr o platnosti či neplatnosti nulové a alternativní hypotézy, interpretoval jsem výsledky testování. (Kéhar, 2011)

10.2.2 Testování hypotéz a hodnocení výsledků

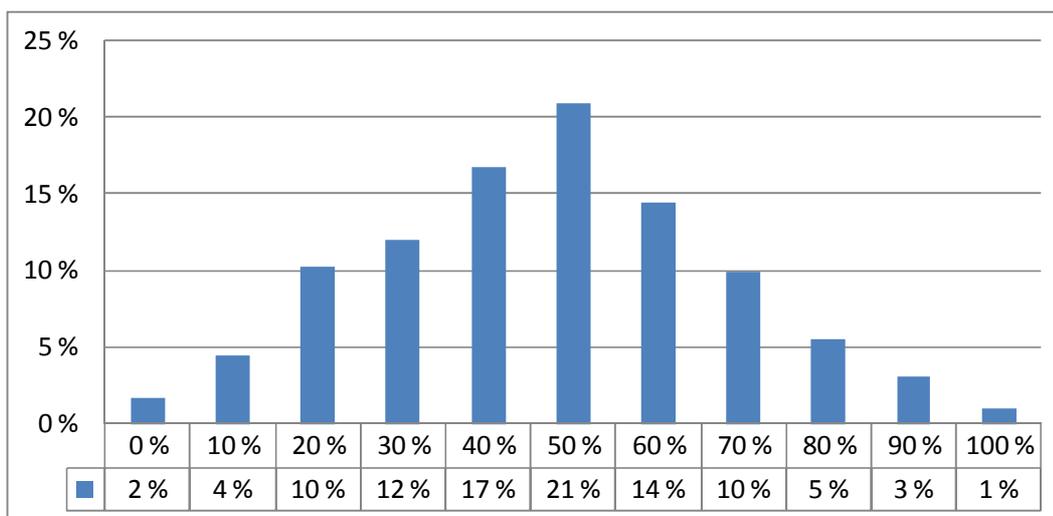
Hypotéza č. 1

- 1 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu.
- 1 H_A : Existuje méně než polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu.

Pro zpracování této hypotézy jsem použil výsledky objektivního hodnocení všech pracovních listů, abych omezil chyby způsobené výběrovým efektem. Pracovní listy obsahují návod, jak mají žáci postupovat. Jestliže žáci dokážou smysluplně využívat informace na internetu, měli by i správně vyplnit pracovní list. Za správně vyplněný

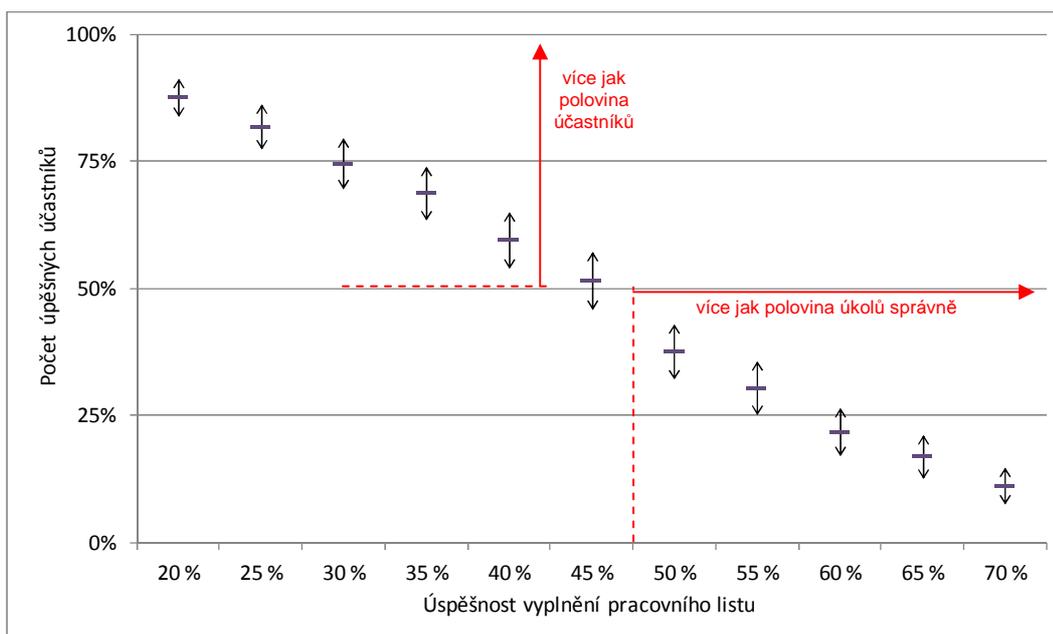
³⁰ Obvykle se volí na úrovni 5 %, tzn. připouštím 5% pravděpodobnost chyby (Soukup, 2010).

pracovní list budu považovat takový, který má úspěšné vyplnění nad 50 %, tzn. více jak polovinu úkolů musí mít účastníci správně zodpovězených.



Obr. 10.28: Úspěšnost vyplnění pracovních listů

Hodnocení je postaveno na vzorku 292 dotazníků. Průměrná hodnota úspěšného vyplnění je 46 %, tzn. lehce podprůměrná. Přes 90 % mělo pouze 5 účastníků, představuje necelá 2 procenta. Nejvíce účastníků, přes pětinu, dosáhlo okolo 50 %. Rozložení úspěšnosti dokresluje graf na Obr. 10.28.



Obr. 10.29: Intervalový odhad počtu úspěšných účastníků (svislá čára ohraničená šipkami, vodorovná úsečka představuje reálný počet účastníků) v závislosti na úspěšnosti vyplnění pracovního listu

Celkem 110 účastníků získalo nad 50 % bodů z pracovního listu. To představuje 38 % všech účastníků (Obr. 10.29). Dříve, než učiním rozhodnutí ohledně hypotézy, provedu intervalový odhad populační pravděpodobnosti.

Relativní četnost p v uvažovaném výběru r o rozsahu n je $p = r/n = 110/292 = 0,38$, tj. 38 %. Pro 95% interval spolehlivosti pro populační pravděpodobnost π platí

$$p \pm 1,96 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (10.1)$$

Pokud dosadíme do vztahu (10.1), vyjde nám interval od 32 % do 43 %. Tento odhad nám říká, že procento žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu je s 95% spolehlivostí v rozmezí 32 % až 43 %.

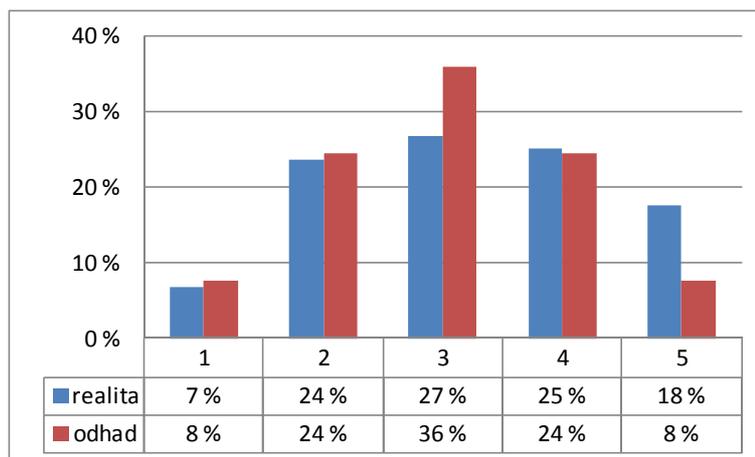
Z výše uvedeného plyne (a dokladuje to i situace na Obr. 10.29, kde nedošlo k průniku oblasti úspěšného vyplnění pracovního listu z alespoň 50 % a oblasti odpovídající alespoň polovině úspěšných účastníků; více jak polovina účastníků s ohledem na intervalový odhad vyplnila pracovní list na méně než 45 %), že můžeme zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní. Existuje totiž spolehlivě méně než polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu.

Výsledek to není nikterak potěšující. Tato záležitost může být ovlivněna nepříliš příznivým pohledem na pracovní listy. Bylo by vhodné zjistit, jak se žáci či studenti na tento způsob zadání samostatné práce dívají a zda by nebylo lepší hledat jinou, zajímavější metodu.

Hypotéza č. 2

- 2 H_0 : Existuje alespoň třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností.
 2 H_A : Existuje méně než třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností.

Při analýze této hypotézy uvažuji předpoklad, že pokud žáci umí používat výpočetní techniku, pak jim musí přijít úloha spíše jednoduchá. Použiji proto subjektivní data z vyhodnocovacího dotazníku u otázky Náročnost úlohy. V prvním kroku budu uvažovat normální (Gaussovo) rozdělení pravděpodobnosti³¹ odpovědí, které budou soustředěny okolo průměrné hodnoty 3, tzn. úlohy nejsou ani náročné, ale ani jednoduché. Pokud by se jednalo o jednoduché úlohy, očekával bych vyšší koncentraci odpovědí u hodnoty 2. V opačném případě, u náročných úloh, bych očekával výsledek u hodnoty 4.



Obr. 10.30: Náročnost pracovních úloh dle vyjádření účastníků

(1 = jednoduché, 5 = náročné, modře realita, červeně odhad dle normální rozdělení na průměr 3)

Pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ a počet stupňů volnosti $k = 4$ vychází kritická hodnota χ^2 distribucí 9,483. Kritická hodnota nebyla překročena

³¹ Jednotlivé pravděpodobnosti byly získány v aplikaci Excel pomocí funkce NORMDIST.

(6,961 < 9,483), mezi daty není statisticky významný rozdíl. Hodnota p-value je 0,138 (více než zvolená hladina významnosti), proto lze považovat rozdělení pravděpodobnosti odpovědí za normální s průměrnou hodnotou 3.

Výpočet pro další dvě varianty postrádá smysl. Rozdělení pravděpodobnosti odpovídá normálnímu rozdělení. Neexistuje statisticky významná skupina účastníků, kteří by považovali úlohu za vyloženě náročnou nebo jednoduchou. Pohledem na Obr. 10.30 zjistíme, že za jednoduchou (známka 1 nebo 2) považuje úlohu 31 % žáků. Za náročnou (známka 4 nebo 5) ji označilo 43 % žáků. Jestliže budeme uvažovat tyto výkyvy za statisticky nevýznamné³² a vezmeme data z teoretického rozložení, dojdeme k závěru, že za jednoduchou nebo náročnou označilo úlohu 32 % žáků, což je méně než námi požadovaná třetina žáků. Musíme proto zamítnout nulovou hypotézu a přijmout hypotézu alternativní. Existuje tedy méně než třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností. Tento výsledek není nikterak potěšující, nicméně potvrzuje zjištění, ke kterému jsem již dospěl v rámci rigorózní práce (Kéhar, 2011).

Hypotéza č. 3

- 3 H_0 : Existuje statisticky významný rozdíl v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století.
 3 H_A : Neexistuje statisticky významný rozdíl v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století.

Ve druhé polovině září 1976 byl v 17 třídách sedmi náhodně vybraných gymnázií Severomoravského kraje realizován na vybraných školách výzkum vědomostí z astronomie (Široký, 1978). Cílem výzkumu bylo zjistit znalosti žáků z učiva astronomie, do jaké míry se žáci zajímají o astronomii, které časopisy sledují a s jakou odbornou literaturou se setkali. Samotný výzkum je zajímavý a bylo by určitě přínosné jej zopakovat. Jelikož jsem všem studentům pokládal srovnávací a vyhodnocovací dotazník, rád bych se zaměřil na některé otázky a provedl jejich srovnání z hlediska významnosti rozdílu. Soubor z roku 1976 tvořilo celkem 548 žáků 2. ročníku gymnázia, 43 % chlapců a 57 % dívek převážně z přírodovědných tříd. Celkem 18 % tříd bylo humanitně zaměřeno, představuje 16 % žáků, převážně dívek. Soubor z roku 2012 tvořilo 176 žáků a studentů, 54 % chlapců a 46 % dívek, necelé tři čtvrtiny účastníků po maturitě, zbývající část žáci prvního nebo druhého ročníku gymnázia. Přes 44 % studentů bylo humanitně zaměřeno (fakulty právnická, ekonomická, filozofická, pedagogická). Žáci z gymnázia mají přírodovědné zaměření.

Z třiceti vědomostních otázek původního testu jsem vybral čtyři, to představuje 13 %, které jsou porovnatelné s otázkami, jež jsem položil účastníkům mého průzkumu. Provedl jsem jejich vzájemnou analýzu a statistické porovnání, na jehož základu rozhodnu, kterou hypotézu přijmu, případně zamítnu. Jestliže u více než jedné vybrané otázky bude statisticky významný rozdíl, přijmu nulovou hypotézu.

³² Rozdělení pravděpodobnosti odpovědí odpovídá normálnímu rozložení, proto je nutné považovat výkyvy (známku 1 nebo 2 uvedlo 31 % žáků, normální rozdělení obsahuje 32 %; známky 4 nebo 5 uvedlo 43 % žáků, normální rozdělení představuje 32 %) za statisticky nevýznamné.

Otázka č. 9 souboru z roku 1976 a otázek č. 13 srovnávacího dotazníku + č. 8 vyhodnocovacího dotazníku:

9. *Planetka má velkou poloosu dráhy 3 astronomické jednotky (tj. třikrát větší než je velká poloosa dráhy Země). Jaká je přibližně její oběžná doba? (Vypočtete pomocí 3. Keplerova zákona)*

A = 2 roky

B = 3 roky

C = 5 roků

D = 9 roků

13. *Uved'te vztah, který vyplývá z třetího Keplerova zákona.*

8. *Jak vypočítat oběžnou dobu, pokud známe velikost velké poloosy?*

Pohledem na výše uvedené otázky je zřejmé, že nejsou plně porovnatelné, nicméně všechny obsahují téma 3. Keplerova zákona. U otázky z roku 1976 se jedná o úlohu typu vícenásobné volby odpovědi, přičemž ke správné odpovědi bylo nutné dojít znalostí 3. Keplerova zákona, je to i implicitně napsáno v zadání otázky. Otázka č. 13 srovnávacího dotazníku obsahovala přímo zmínku o 3. Keplerovu zákonu, účastníci nebyli předtím na toto téma nijak připravováni. Před vyhodnocovacím dotazníkem absolvovali účastníci úkoly zaměřené i na Keplerovy zákony, výsledek může být v tomto případě zkreslen. Otázka č. 8 vyhodnocovacího dotazníku neobsahuje přímo zmínku týkající se 3. Keplerova zákona.

Otázka č. 9 souboru z roku 1976 vyžadovala výpočet pomocí 3. Keplerova zákona. Číselné hodnoty byly voleny tak, aby výpočet byl co nejjednodušší. Aby žáci nepřeočítávali jednotky, bylo v zadání uvedeno, že jde o trojnásobek poloosy zemské dráhy. V otázce byl rovněž uveden návod k řešení – použití 3. Keplerova zákona. Přes všechna tato opatření byl výsledek slabý. Výpočet oběžné doby provedlo správně (9C) jen 52 žáků, tj. 9,5 % souboru. Relativní četnost správných odpovědí u chlapců je více než třikrát větší než u dívek. (Široký, 1978)

Otázku č. 13 srovnávacího dotazníku zodpovědělo správně 20 účastníků, tj. 11 %. Z toho bylo 16 chlapců (FEL) a 4 dívky (FEK, FF). Je zajímavé, že mezi chlapci byli úspěšní studenti technického oboru, mezi dívkami se jednalo o humanitně zaměřené obory.

Na základě dvouvýběrového t-testu s nerovností rozptylů dojdeme k závěru, že se mezi 9,5 % z výzkumu Širokého a 11 % z výzkumu mého nejedná o statisticky významný rozdíl. Kritická hodnota nebyla překročena ($0,693 < 1,969$), hodnota p-value je 0,489 (více než zvolená hladina významnosti 0,05).

Otázku č. 8 vyhodnocovacího dotazníku uvedu pouze pro úplnost, nebude výsledek považovat za významný, protože účastníci byli seznámeni s tématem během provádění pracovních úloh. Zcela správně odpovědělo 29 účastníků, tj. 17 %. Zde se již jedná o statisticky významný rozdíl, kritická hodnota byla překročena ($2,595 > 1,963$), hodnota p-value je 0,005.

Na výsledku se zřejmě projevil časový odstup od probírané látky – účastníci ve většině případů zapoměli příslušný vzorec. V menší míře je slabý výsledek způsoben malou schopností účastníků řešit fyzikální příklady (platí zejména u otázky č. 13).

Otázka č. 13 souboru z roku 1976 a otázka č. 12 srovnávacího dotazníku:

13. Čím je způsobeno střídání čtyř ročních období na Zemi?

A = periodickými změnami v činnosti Slunce

B = otáčením Země kolem osy

C = změnami vzdálenosti Země od Slunce v důsledku excentricity zemské dráhy

D = sklonem zemské osy vzhledem k rovině oběžné dráhy Země

12. Za střídání ročních období může (vypište)

Otázka č. 13 souboru z roku 1976 se tázala na příčinu střídání čtyř ročních období. Správných odpovědí (13D) bylo 48,9 %; je třeba konstatovat, že více než polovina žáků nedovede vysvětlit vznik ročních období. Z chybných odpovědí byla nejčastěji zastoupena 13C, udávající jako příčinu střídání ročních období změnu vzdálenosti Země od Slunce – uvedlo ji 32,1 % žáků. Poměrně velká je četnost odpovědi 13B (16,8 %); tito žáci spatřují příčinu střídání ročních období v otáčení Země kolem osy. Tato skutečnost je u žáků gymnázia zarážející – buď pozorně nepřečetli nabídnuté odpovědi, anebo se domnívali, že jde o „otáčení Země kolem Slunce“ (jak se někdy nesprávně říká). (Široký, 1978)

Na otázku č. 12 srovnávacího dotazníku doplnilo alespoň částečně správnou odpověď 46 % účastníků. Nebral jsem v tomto případě jen stoprocentně správné odpovědi, protože účastníci museli odpověď napsat, na rozdíl od souboru z roku 1976, kde pouze zvolili z předvolených odpovědí. Změnu vzdálenosti Země od Slunce uvedlo 24 % účastníků a u 10 % se jako jeden z důvodů objevilo otáčení Země kolem osy.

Pomocí dvouvýběrového t-testu s nerovností rozptylu se ukáže, že rozdíl mezi správnými odpověďmi není statisticky významný, kritická hodnota nebyla překročena ($0,665 < 1,968$), hodnota p-value je 0,506.

Otázka č. 21 souboru z roku 1976 a otázka č. 5 vyhodnocovacího dotazníku:

21. Kolem Slunce obíhá kromě devíti velkých planet značný počet těles, zvaných planetky. Ve které oblasti sluneční soustavy je soustředěno nejvíce planetek?

A = jsou rozloženy celkem rovnoměrně po celé sluneční soustavě

B = koncentrují se v blízkosti Slunce

C = pohybují se mezi dráhami Marsu a Jupitera

D = většina obíhá až za dráhou Saturna

5. V jaké části sluneční soustavy se nachází nejvíce planetek?

Otázka č. 21 souboru z roku 1976 byla uvedena informací, co jsou planetky, aby u žáků nedošlo pro podobnost názvu k záměně s planetami. Otázka byla dosti specifická a odpověď na ni vyžadovala od žáků celkově správnou orientaci o rozmístění nejen planetek, ale i planet ve sluneční soustavě. Správných odpovědí (21C) bylo poměrně hodně, 56,8 % u celého souboru. Velký rozdíl je mezi odpověďmi chlapců a dívek; vědomosti chlapců jsou podstatně lepší.

Otázka č. 5 vyhodnocovacího dotazníku byla opět složitější než otázka č. 21 souboru z roku 1976, účastníci museli odpověď vymyslet a nemohli tipovat z daných

možností. Na druhou stranu se jednalo o účastníky, kteří většinou již mají maturitu. Celkem na otázku č. 5 vyhodnocovacího dotazníku odpovědělo správně 51 % účastníků, přičemž 58 % z nich byli chlapci, 42 % dívky. U chybné odpovědi bylo rozložení chlapců a dívek přesně poloviční.

Dvouvýběrovým t-testem s nerovností rozptylu zjistíme, že rozdíl mezi správnými odpověďmi není statisticky významný, kritická hodnota nebyla překročena ($1,558 < 1,968$), hodnota p-value je 0,120.

Otázka č. 27 souboru z roku 1976 a otázka č. 7 srovnávacího dotazníku:

27. Nastane-li zatmění Měsíce, kde na zemském povrchu je lze pozorovat?

A = všude, kde je Měsíc právě nad obzorem

B = jen v místech, kde Měsíc právě vrcholí

C = jen v místech na určité zeměpisné šířce

D = jen na velmi malé oblasti zemského povrchu

7. Zatmění Měsíce je obecně pozorovatelné

a) z celé polokoule

b) z pásu totality

c) nelze pozorovat

d) z Evropy

Otázka č. 27 souboru z roku 1976 se tázala na pozorovatelnost zatmění Měsíce. Rozdíl mezi chlapci a dívkami není příliš velký. Z chybných odpovědí byla nejčastěji zastoupena 27C (20,1 %), která uvádí, že zatmění Měsíce lze pozorovat jen na určité zeměpisné šířce, dále 27B. Četnost 27D (10,8 %) není u souboru příliš velká a k její volbě vedla asi žáky záměna s pozorovatelností zatmění Slunce. Poměrně malá četnost správné odpovědi (27A, 48,0 %) svědčí o tom, že si žáci neuvědomují základní princip vzniku zatmění – Měsíc vstoupí do plného stínu Země, a proto je zatmění pozorovatelné ze všech míst, z nichž je pozorovatelná osvětlená polokoule Měsíce, tedy nejen z míst na povrchu Země, ale i mimo Zemi. Na otázku neodpovědělo 3,6 % souboru žáků. (Široký, 1978)

Otázka č. 7 srovnávacího dotazníku byla stejného typu jako otázka č. 27 souboru z roku 1976, pouze odpovědi se lišily. Srovnatelné jsou odpovědi 27A – 7a a 27D – 7b. Správnou odpověď 7A uvedlo 64 % účastníků, přičemž 53 % bylo dívek, 47 % chlapců. Nejúspěšněji odpovídali žáci gymnázia následování humanitně zaměřenými obory – pedagogická a filozofická fakulta. Pozorovatelnost jen z pásu totality uvedlo 30 % účastníků. Pět procent účastníků uvedlo, že zatmění Měsíce nelze pozorovat. Dvě procenta neuvedla žádnou odpověď.

Jestliže provedeme statistickou analýzu srovnatelných odpovědí, zjistíme, že rozdíl je statisticky významný. U správné odpovědi nám dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylu ukáže, že kritická hodnota byla překročena ($3,709 > 1,968$), hodnota p-value je $2 \cdot 10^{-4}$. Tento rozdíl je koneckonců vidět na první pohled porovnáním hodnot 48 % a 64 %. Stejně tak u odpovědi, kde se účastníci pravděpodobně spletli se zatměním Slunce, je rozdíl 11 % a 30 %. I zde byla kritická hodnota překročena ($6,164 > 1,963$), hodnota p-value je $1 \cdot 10^{-9}$.

Významný rozdíl mezi znalostmi může být způsoben pokrokem ve znalostech stávajících žáků a lepší a snazší dostupnost informací. Naproti tomu stojí nižší časová dotace, Široký (1978) v úvodu svého článku uvádí, že pro kapitolu Gravitační pole je určeno 14 vyučovacích hodin, pro kapitolu Orientace na obloze dalších 8 vyučovacích hodin. Náhodně jsem vybral několik časových plánů současných gymnázií s následujícím výsledkem: seminář z fyziky na Cyrilometodějském gymnáziu v Prostějově (gravitační pole, 1 hodina); fyzika na Gymnáziu Cheb (gravitační síla, gravitační pole, 1 hodina); učební osnovy pro fyziku na portálu RVP (gravitační pole, 5 hodin pro skromnou variantu, 6 hodin pro přiměřenou variantu a 7 hodin pro optimální variantu).

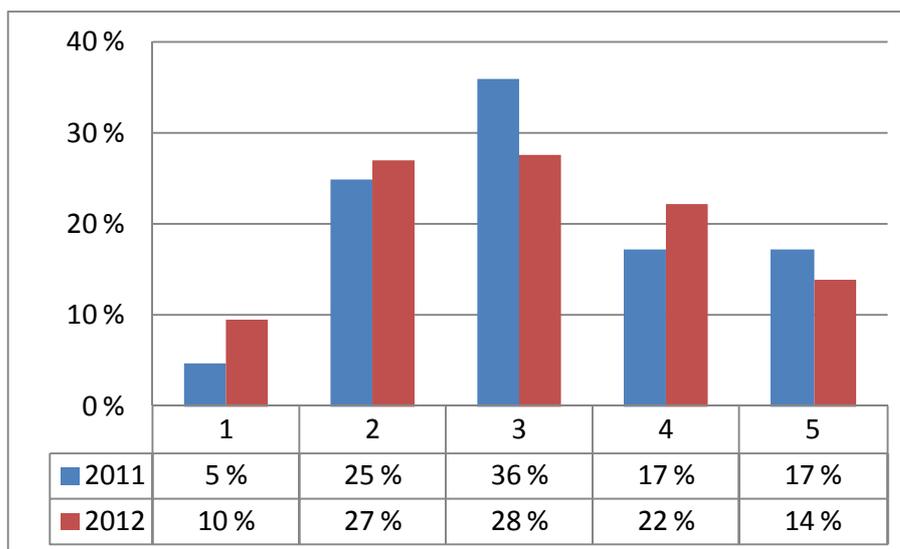
Ze čtyř srovnání vyšlo, že u třech nedošlo ke statisticky významnému rozdílu, proto můžeme zamítnout nulovou hypotézu. Přijmeme alternativní, tzn. neexistuje statisticky významného rozdílu v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století. Bylo by jistě zajímavé, provést tento test znovu, se stejnými otázkami a odpověďmi a pak provést mnohem důkladnější statistickou analýzu.

Hypotéza č. 4

- 4 H_0 : Neexistuje statisticky významný rozdíl v náročnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
 4 H_A : Existuje statisticky významný rozdíl v náročnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.

Vyhodnocení této hypotézy provedu na základě subjektivních odpovědí účastníků na otázku „Náročnost hodiny“ (Obr. 10.31). Škála byla jako známky ve škole od 1 (jednoduchá) po 5 (náročná). Průzkumu v roce 2011 se zúčastnilo celkem 64 účastníků (podrobnější popis složení této skupiny je uveden v rigorózní práci – Kéhar, 2011). Jejich úkolem bylo zpracovat dvě pracovní úlohy, kde dle návodu zpracovávali původní data z katalogů astronomických objektů pomocí tabulkového procesoru Excel. Druhý průzkum se konal v průběhu roku 2012. Zúčastnilo se ho celkem 176 účastníků (podrobnější popis skupiny je uveden v kapitole 9.2). Úkolem bylo zpracovat celkem pět pracovních úloh, kde dle návodu a interaktivních online aplikací využívající data z katalogů astronomických objektů zjišťovali odpovědi na astronomické otázky.

Pro oba soubory dat jsem použil dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů. Výsledkem tohoto testu je, že kritická hodnota pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ nebyla překročena ($0,803 < 1,980$), a proto nezamítáme nulovou hypotézu, neexistuje statisticky významný rozdíl v náročnosti obou typů úloh. Nezamítnutí nulové hypotézy podporuje i hodnota p-value, která je rovna 0,424, což je více než zvolená hladina významnosti.



Obr. 10.31: Porovnání náročnosti pracovních úloh dle vyjádření účastníků (1 = jednoduché, 5 = náročné)

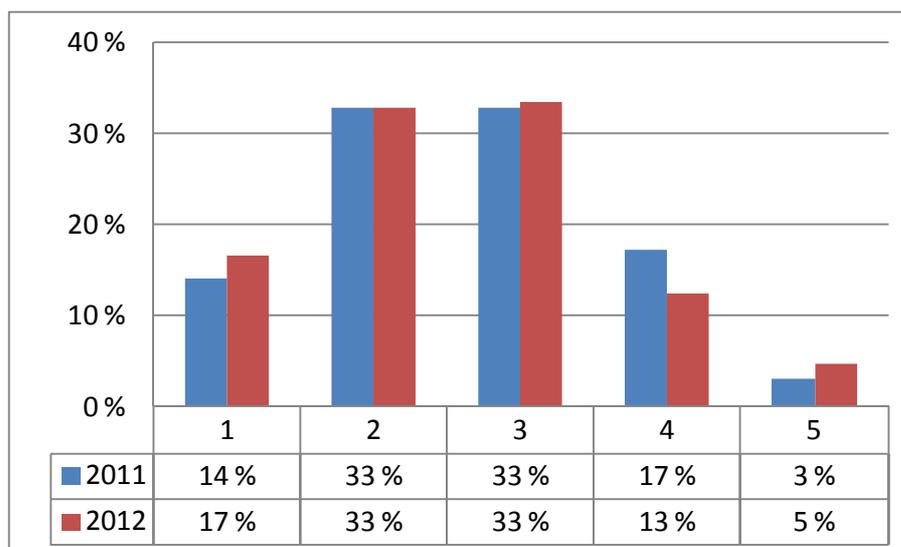
Při návrhu původních pracovních úloh a odhadu jejich časové náročnosti jsem předpokládal základní znalosti žáků v oblasti informatiky, zejména ovládnutí a práci v aplikaci Excel. Zejména u studentů univerzity byla tato neznalost velmi závažná, protože očekávaným výstupem v předmětu Informatika je dle Rámcového vzdělávacího programu (2007) využití pokročilých funkcí aplikačního software. Bohužel se pouze mezi učivem (nikoli jako očekávaný výstup) objevuje zmínka o tabulkových kalkulátorech. Právě s ohledem na hodnocení účastníků o náročnosti úlohy jsem se rozhodl, že úlohy upravím a vrátím do nich zpátky astronomii, nikoli jen práci v tabulkovém kalkulátoru. Ukazuje se, že jsou oba typy úloh pro žáky stejně náročné. V roce 2011 hodnotilo úlohy jako náročné a částečně náročné (známkou 4 a 5) 34 % účastníků. Novou variantu úloh ohodnotilo v roce 2012 známkami 4 nebo 5 o statisticky nevýznamný počet více, 36 % účastníků. U hodnocení úloh jako jednoduchých nastal nárůst ze 30 % (rok 2011) na 37 % (rok 2012). Obecně může být tento trend způsobem malou schopností účastníků řešit fyzikální příklady. Pak jim příklady více zaměřené na astronomii mohou připadat stejně náročné jako úkoly na práci v aplikaci, kterou příliš neovládají.

Hypotéza č. 5

- 5 H_0 : Neexistuje statisticky významný rozdíl v užitečnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.
 5 H_A : Existuje statisticky významný rozdíl v užitečnosti úloh založených na interaktivních online aplikacích a na práci s nezpracovanými daty.

Pro vyhodnocení této hypotézy použiji data ze subjektivních odpovědí účastníků na otázku „Užitečnost hodiny“ (Obr. 10.32). Škála byla stejně jako známky ve škole od 1 (užitečná) po 5 (neužitečná). Průzkumu se v roce 2011 zúčastnilo celkem 64 účastníků (podrobnější popis složení této skupiny je uveden v rigorózní práci – Kéhar, 2011). Jejich úkolem bylo zpracovat dvě pracovní úlohy, kde dle návodu zpracovávali původní data z katalogů astronomických objektů pomocí tabulkového procesoru Excel. Druhý průzkum se konal v průběhu roku 2012. Zúčastnilo se ho celkem 176 účastníků (podrobnější popis skupiny je uveden v úvodu této kapitoly). Úkolem bylo zpracovat celkem pět pracovních úloh, kde dle návodu a interaktivních

online aplikací využívající data z katalogů astronomických objektů zjišťovali odpovědi na různé astronomické otázky.



Obr. 10.32: Porovnání užitečnosti pracovních úloh dle vyjádření účastníků (1 = užitečné, 5 = neúžitečné)

Pro oba soubory dat jsem použil dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů. Výsledkem tohoto testu je, že kritická hodnota pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ nebyla překročena ($0,429 < 1,980$), a proto nezamítáme nulovou hypotézu, neexistuje statisticky významný rozdíl v užitečnosti obou typů úloh. Nezamítnutí nulové hypotézy podporuje i hodnota p-value, která je rovna 0,669, což je více než zvolená hladina významnosti.

Tento výsledek není pro mne nikterak překvapující, ale ani zklamáním. Je příjemné zjištění, že tento typ a obor úloh (ve formě pracovního listu s návodem a doplňujícími otázkami, ve zpracování dat z katalogů astronomických objektů) spatřuje jako užitečné téměř polovina účastníků – více v hypotéze č. 6.

Hypotéza č. 6

- 6 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů užitečné.
 6 H_A : Existuje méně než polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů užitečné.

Analýza této hypotézy spočívá ve zpracování dat ze subjektivních odpovědí účastníků na otázku „Užitečnost hodiny“ (Obr. 10.32). Průměrná hodnota pro známky 1 (užitečná) a 2 (částečně užitečná) je z Obr. 10.32 rovna 49 %. Dříve, než učiním rozhodnutí ohledně hypotézy, provedu intervalový odhad populační pravděpodobnosti. Tento odhad nám poskytne vztah (10.1), interval pro 232 účastníků z let 2011 až 2012 vyjde 42 % až 55 %. Odhad říká, že procento žáků, kteří považují tyto praktické úlohy za užitečné, je s 95% spolehlivostí v rozmezí 42 % až 55 %.

Jelikož je spodní hranice intervalu relativně hluboko (o 20 %) pod úrovní mnou zvoleného limitu, můžu pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní. Existuje méně než polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů užitečné.

Hypotéza č. 7

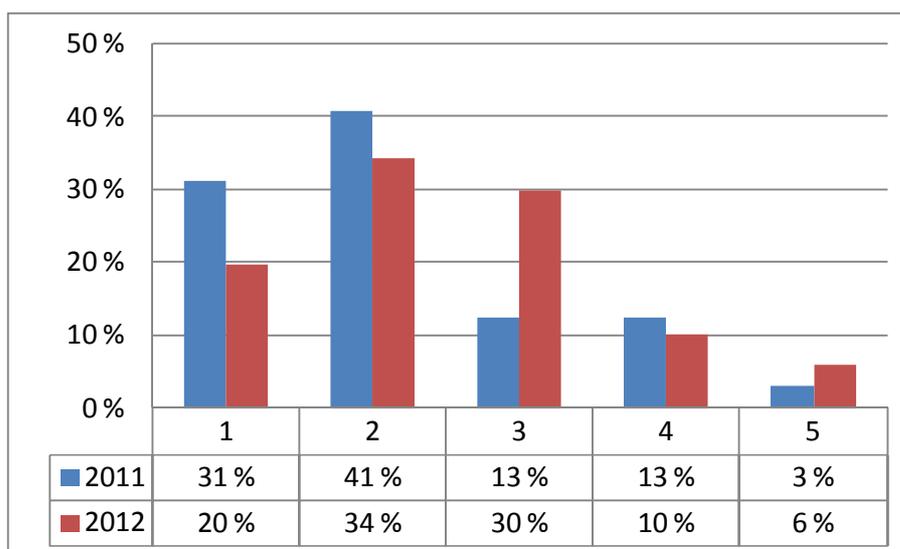
7 H_0 : Existuje alespoň polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů zajímavé.

7 H_A : Existuje méně než polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů zajímavé.

Pro analýzu této hypotézy jsem použil data ze subjektivních odpovědí účastníků na otázku „Zajímavá hodina“. Rozhodl jsem se použít průzkumy z let 2011 a 2012. Nejdříve je porovnám pomocí statistických metod, abych zjistil, zda je mezi nimi nějaký významný statistický rozdíl. Použil jsem dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů. Výsledkem tohoto testu je, že kritická hodnota pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ byla nepatrně překročena ($2,030 > 1,981$), mezi daty existuje statisticky významný rozdíl. Hodnota p-value je ovšem na hodnotě 0,045, což je méně, než zvolená hladina významnosti.

Pohledem na Obr. 10.33 zjistíme, že pracovní úlohy využívající nezpracovaná data a skoro až rutinní práci v tabulkovém kalkulátoru je zajímavější, pro 72 % účastníků (viz modrý graf označený letopočtem 2011, známky 1 a 2). Naproti tomu úlohy založené na interaktivních online aplikacích zaujalo 54 % účastníků (viz červený graf označený letopočtem 2012, známky 1 a 2). Průměrná hodnota z obou let je 59 %. Důležité bude provést intervalový odhad populační pravděpodobnosti. Tento odhad nám poskytne vztah (10.1), interval nám pro 231 účastníků z let 2011 až 2012 vyjde 53 % až 65 %. Odhad říká, že procento žáků, kteří považují tyto praktické úlohy za zajímavé, je s 95% spolehlivostí v rozmezí 53 % až 65 %. Pro nově vzniklé úlohy v roce 2012 je tento interval v rozsahu 46 % až 61 %. Zde činí rozdíl spodní hranice oproti mnou zvolenému limitu 8 %.

Jestliže vezmu souhrnně průzkumy z let 2011 a 2012 a jejich výsledky, mohu na základě výše uvedených skutečností (spodní limit intervalu – 53 % je více než polovina) přijmout nulovou hypotézu, tzn. existuje alespoň polovina žáků, pro které jsou úlohy využívající katalogy astronomických objektů zajímavé.



Obr. 10.33: Porovnání pracovních úloh dle vyjádření účastníků, zda byla hodina zajímavá či nikoli (1 = velmi zajímavá, 5 = vůbec mne nezaujala)

Výsledek této hypotézy je sice potěšující, přesto by šlo zvolit řadu alternativ, jak udělat praktickou hodinu mnohem zábavnější i bez využití pracovních listů (pak je ovšem komplikovanější provést analýzu výsledků). Vyzkoušel jsem v září 2013

v rámci svého příspěvku na Fyzikálním kempu (v projektu Podpora talentovaných žáků v Plzeňském kraji) variantu, kdy jsem žákům pokládal různé astronomické otázky a oni na ně s pomocí interaktivních aplikací na počítačích hledali správné odpovědi.

Publikace autora

Publikace ve vědeckých a odborných časopisech a sbornících

- *Exoplanety ve škole* in Planetární soustavy ve vesmíru (sborník). Hvězdárna Valašské Meziříčí, Valašské Meziříčí 2009.
- *Astronomie jako motivační prvek ve výuce* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XII (sborník), Hvězdárna v Rokycanech, Rokycany 2010
- *Jak to viděl Galileo a jak to můžeme vidět my* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XII (sborník), Hvězdárna v Rokycanech, Rokycany 2010
- *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XIII (sborník), Hvězdárna v Rokycanech, Rokycany 2011
- *Lucie... aneb o moudrosti našich předků* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XIII (sborník), Hvězdárna v Rokycanech, Rokycany 2011
- *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce* in Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 5 (sborník), ZČU v Plzni, Plzeň 2011
- *Měření setrvačnosti lidského oka* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 16 (sborník), Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2011
- *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 16 (sborník), Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2011
- *Výuka astronomických poznatků na základní a střední škole s využitím webové stránky Astronomia* in Tvorivý učitel fyziky V (sborník), Smolenice 2012
- *Astronomické pokusy trochu jinak* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 17 (sborník), Univerzita Karlova v Praze, Praha 2012
- *Interaktivní Astronomia* in DIDFYZ 2012 Aktuálne problémy fyzikálneho vzdelávania v európskom priestore (sborník), Slovensko 2012
- *Hranice sluneční soustavy* in 14. výjezdni IdS Nečtiny (sborník), Nečtiny 2013
- *Co s daty z astronomických katalogů?* in Národní konference doktorského studijního programu Teorie vzdělávání ve fyzice (sborník), Hradec Králové 2013
- *Astronomické úlohy a webové online aplikace na Astronomia* in Tvorivý učitel fyziky VI (sborník), Smolenice 2013
- *Astronomické úlohy využívající data z katalogů* in Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 6 (sborník), ZČU v Plzni, Kašperské Hory 2013
- *Astronomické úlohy využívající data z katalogů* in Astronomické vzdelávanie na základných a stredných školách v 21. storočia (sborník), Ružomberok 2013

- *How to use data from Catalogs of Astronomical objects in Education* in International Conference on Physics Education 2013 (sborník), Praha 2013
- *Astronomie z papíru* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 18 (sborník), Univerzita Hradec Králové, Hradec Králové 2013
- *Třetí Keplerův zákon* in Školská fyzika 2013/4, 2013
- *Lucie noci upije a dne nepřidá* in Školská fyzika (přijato, dosud nevyšlo), 2013
- *Astronomické úlohy využívající data z katalogů* in Školská fyzika (přijato, dosud nevyšlo), 2013

Přednášky na konferencích

- *Exoplanety ve škole* in Planetární soustavy ve vesmíru, říjen 2009, Valašské Meziříčí, Hvězdárna Valašské Meziříčí
- *Základní astronomické poznatky ve výuce* in 2. česko-slovenská konference o vzdělávání v astronomii, říjen 2010, Valašské Meziříčí, Hvězdárna Valašské Meziříčí
- *Modulární systém v astronomii* in 2. česko-slovenská konference o vzdělávání v astronomii, říjen 2010, Valašské Meziříčí, Hvězdárna Valašské Meziříčí
- *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce* in Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 5, duben 2011, Plzeň, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni
- *Měření setrvačnosti lidského oka* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 16, září 2011, Olomouc, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
- *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 16, září 2011, Olomouc, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
- *Exoplanety* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XIV, prosinec 2011, Hvězdárna v Rokycanech.
- *Astronomický kvíz* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XV, březen 2012, Hvězdárna v Rokycanech.
- *Fyzikální pokusy aneb nedokonalost lidského oka* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XV, březen 2012, Hvězdárna v Rokycanech
- *Výuka astronomie na ZŠ a SŠ s využitím stránek astronomia.zcu.cz* in Festival fyziky 2012, Tvorivý učitel fyziky V, duben 2012, Smolenice, Slovenská republika
- *Astronomické pokusy trochu jinak* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 17, září 2012, Praha

- *Interaktivní Astronomia* in DIDFYZ 2012, říjen 2012, Ráčkova dolina, Slovenská republika
- *Astronomické poznatky interaktivně* in Astronomický seminář pro učitele fyziky XVI, listopad 2012, Hvězdárna v Rokycanech
- *Interactive Astronomia* in Konference v cizím jazyce, listopad 2012, ZČU v Plzni
- *Hranice sluneční soustavy* in 14. výjezdní IdS Nečtiny, leden 2013, Nečtiny
- *Astronomické úlohy a webové online aplikace na Astronomia* in Tvorivý učitel fyziky VI, duben 2013, Smolenice, Slovenská republika
- *Astronomické úlohy využívající data z katalogů* in Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 6, duben 2013, Kašperské Hory
- *Astronomické úlohy využívající data z katalogů* in Astronomické vzdelávanie na základných a stredných školách v 21. storočia (sborník), červen 2013 Ružomberok, Slovenská republika
- *How to use data from Catalogs of Astronomical objects in Education* in International Conference on Physics Education 2013, srpen 2013, Praha
- *Astronomie z papíru* in Veletrh nápadů učitelů fyziky 18, Univerzita Hradec Králové, září 2013, Hradec Králové

Závěr

„Dobrou výuku přírodních věd nepoznáme podle toho, kolik známe odpovědí, ale jak reagujeme, pokud studenti neznají odpověď.“

Robert Cohen, profesor fyziky na pensylvánské univerzitě

Hlavním cílem mé disertační práce bylo zkvalitnění výuky vybraných astronomických témat prostřednictvím úloh využívajících různé katalogy astronomických objektů. Abych mohl toto zkvalitnění ověřit, stanovil jsem si řadu pracovních hypotéz a zkoumal vliv praktických úloh na změnu klíčových kompetencí.

K hlavnímu cíli jsem došel několika postupnými kroky. Prvním krokem bylo zmapování situace na českých a zahraničních serverech. Zjistil jsem, že se tímto tématem nikdo doposud systematicky a detailně nezabýval. V zahraniční literatuře jsem našel (byl mi mimo jiné doporučen i oponentem tezí disertační práce) pouze článek Benjamina Oostra, který se zamýšlí nad využitím katalogů ve výuce. Svě úlohy má ovšem postavené pouze na již existujících katalozích (zejména astronomické databázi SIMBAD), což nepovažuji za vhodné s ohledem na zjištění, ke kterým jsem dospěl v mojí rigorózní práci z roku 2011. Tím byla neznalost informatiky, která se stala brzdou v efektivním zvládnutí astronomických úloh.

Dlouhodobým a zcela nezbytným krokem bylo vytvoření katalogů astronomických objektů v rámci multimediálního učebního textu *Astronomia*. Na projektu *Astronomia* pracuji průběžně již od roku 2000, kdy jsem se do tohoto úspěšného projektu aktivně zapojil. V rámci disertační práce jsem vytvořil a zprovoznil řadu interaktivních online webových aplikací – HR diagram, analýza parametrů planetek (včetně Kirkwoodových mezer), aktuální poloha planety ve sluneční soustavě (použitelné pro ověření Keplerových zákonů), průběh slunce pod obzorem (nazvaný noční obloha).

Dalším krokem byla příprava a vyzkoušení pracovních úloh (ve formě pracovních listů pro žáky a metodických listů pro učitele) využívajících připravené aplikace. Celkem jsem vytvořil sedm úloh (HR diagram, Keplerovy zákony, planety, noční obloha, HR diagram pomocí Excelu, Kirkwoodovy mezery pomocí Excelu a slovní úloha s názvem planeta v opozici). Pracovními úlohami jsem usiloval o zapojení žáků do praktických činností, které rozvíjí základní kompetence žáků, včetně netradičního využití výpočetní techniky. Na základě vyhodnocení získaných materiálů v podobě pracovních listů a dotazníků jsem usuzoval na využitelnost katalogů astronomických objektů ve výuce nebo v rámci projektového vyučování (ať již jako samostatné projekty nebo v rámci projektového dnu apod.). Nekladl jsem si za cíl vytvořit ucelený studijní materiál, který by byl obecně použitelný při výuce a pokrýval celou problematiku katalogů. Je to i z toho důvodu, že astronomie je obor velmi rozsáhlý, obsahující velké množství témat a tím i různých katalogů, seznamů a tabulek.

Samotné tvorbě pracovních úloh předcházela analýza základních forem uspořádání učiva v učebních plánech a zhodnocení jejich vhodnosti při výuce astronomických poznatků na školách. Zahrnutím astronomických témat do výuky lze totiž ideálním způsobem realizovat mezipředmětové vztahy, neboť astronomické úlohy v sobě spojují fyzikální principy, zeměpisný pohled, biologické ohledy i chemické procesy. Velmi významný mezipředmětový vztah, a to s informatikou, se

rozvinul při řešení úkolů, kde bylo nutnou podmínkou zvládnutí základních dovedností při využívání výpočetní techniky. Při sestavování praktických úloh využívajících katalogy astronomických objektů jsem si sestavil základní požadavky, které musí úlohy splňovat. Samostatnou kapitolou byly úpravy na stránkách *Astronomia* v oblasti katalogů hvězd a planetek, které jsem musel přizpůsobit nově vzniklým požadavkům. Zejména šlo o změny v uživatelském rozhraní.

Vytvoření katalogů, aplikací a pracovních listů považuji za podstatnou součást práce, nicméně ještě důležitější je jejich otestování, průběžné upravování a optimalizace úloh a analýza výsledků, ať již formou objektivního hodnocení pracovních listů, nebo získáním subjektivních názorů účastníků formou dotazníku. Pracovní listy obsahují kromě postupu i množství zvidavých otázek, které jednak prohlubují znalosti studentů, jednak pro učitele představují velmi cennou zpětnou vazbu.

Pro otestování pracovních úloh jsem využil daných možností na středních školách a gymnáziích zejména v Plzni, případně v dalších místech Plzeňského kraje. Zajímavé zkušenosti mám i se soustředěním pro řešitele různých kol astronomické olympiády, u kterých se dají předpokládat základní znalosti astronomických pojmů. Otestování úloh posloužilo k ověření realizovatelnosti úloh a jejich vlivu na kompetence a znalosti žáků. Pro objektivnější hodnocení hypotéz a vyslovení závěrů ohledně využitelnosti katalogů astronomických objektů ve výuce je nutný větší vzorek dat. Vhodné adepty jsem získal na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni z řad studentů, kteří navštěvují předměty *Astronomie pro každého* nebo *Astronomie a internet*. Celkem se testování zúčastnilo 50 žáků gymnázia, 126 studentů univerzity a 19 účastníků výběrového soustředění astronomické olympiády. Během testování pracovních úloh jsem pracovní listy průběžně neupravoval, nicméně jsem tyto poznatky shromažďoval a až posléze odstranil případné nedostatky a slabá místa, které se mohly při vytváření materiálů vyskytnout.

Jak již ukázaly výsledky dotazníků z rigorózní práce a výsledky disertační práce to jen potvrdily, studenti běžně nemají možnost řešit úlohy, kde by použili data z katalogů astronomických objektů. Jejich učitelé na středních školách nevyužívají multimediálních učebních textů, které přinášejí oproti učebnicím výhodu v podobě včasné aktualizace informací s ohledem na rychle se rozvíjející obor.

Zhodnotil jsem vliv praktických úloh na změnu klíčových kompetencí. Ukazuje se, že pracovní listy nejvíce zasáhly kompetence k učení (kritické myšlení, zpracování poznatků apod.). Sice se jednalo víceméně o samostatnou práci studentů, proto může překvapit, že na druhém místě se umístily kompetence komunikativní. Nicméně mezi tento druh kompetence patří i efektivní využívání moderní informační technologie, používání odborného jazyka nebo správné přijímání sdělení a věcnou argumentaci pro dosažení porozumění. Pomyslné třetí místo obsadily kompetence sociální. Zde lze zařadit rozhodování na základě vlastního úsudku nebo přizpůsobení se měnícím se pracovním podmínkám. Jelikož se jednalo o pracovní listy s relativně přesným postupem, méně se rozvíjely kompetence k řešení problémů. To, že se jednalo o náročné pracovní úlohy, dokládá nezávisle i nevýrazný rozvoj pracovních kompetencí, mezi které patří pracovní výdrž nebo koncentrace na pracovní výkon a jeho dokončení.

Vytvořené praktické úlohy jsou považovány za náročné, i přesto jsou studenty hodnoceny jako užitečné a zajímavé. Nejlépe byla hodnocena úloha věnována Keplerovým zákonům.

Závěrem musím konstatovat, že nešlo prokázat, ale ani vyvrátit, že by pracovní listy, potažmo praktická činnost na počítači, byly lepší než frontálně vedená výuka. Místo pracovního listu lze provádět jednotlivé úkony společně se studenty formou dílčích otázek; tato varianta se mi osvědčila v rámci akce Fyzikální kemp, kdy jsem dokázal aktivizovat k činnosti většinu účastníků.

Během analýzy pracovních hypotéz jsem dále zjistil, že existuje méně než polovina žáků, kteří zvládnou na základě návodu využívat smysluplně informace na internetu. Existuje méně než třetina žáků, která umí používat výpočetní techniku k řešení praktických činností. Neexistuje statisticky významný rozdíl v některých znalostech astronomie současných žáků a žáků ze sedmdesátých let minulého století. V 70. letech minulého století uskutečnil průzkum Jaromír Široký. Při návrhu původních pracovních úloh a odhadu jejich časové náročnosti jsem předpokládal základní znalosti žáků v oblasti informatiky, zejména ovládání a práci v aplikaci Excel. Ukazuje se, že jsou oba typy úloh pro žáky stejně náročné. Obecně může být tento trend způsobem malou schopností účastníků řešit fyzikální příklady. Pak jim příklady více zaměřené na astronomii mohou připadat stejně náročné jako úkoly na práci v aplikaci, kterou příliš neovládají.

Z výše uvedeného shrnutí je zřejmé, že jsem postupně splnil všechny dílčí cíle vytyčené na začátku práce.

Touto disertační prací moje aktivity v tomto oboru určitě nekončí, uvažuji ještě o vytvoření a propagaci dalších témat, jako příklad mohu uvést alternativu k aplikaci „Noční obloha“ – průběh slunce a měsíce nad obzorem (denní obloha). Na této aplikaci by se kromě východu a západu slunce objevily informace o odhadu množství slunečního záření dopadající na jednotku plochy ve zvolený den, na čemž by šlo demonstrovat vznik ročních období. Další úlohy by jistě přinesla i přítomnost Měsíce (východ, západ, průběh nad obzorem, fáze apod.).

Seznam literatury

- BAILY, F. *A catalogue of those stars in the "Histoire Celeste Francaise" of J. De Lalande for which tables of reduction to the session define format EPOCH1 = 1800 have been published by Professor Schumacher*. London: British Association for the Advancement of Science, 1847.
- FILOVÁ, H. *Konstruktivismus osou výuky* [online]. 16. 5. 2006, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <http://is.muni.cz/el/1441/jaro2006/ZS1BP_SEVV/Ep.Konstruktivismus.pdf>
- FRICKE, W. *Fifth Fundamental Catalogue (FK5) Part II. The FK5 extension* [online]. 1991, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=l/175>>
- GLIESE, W. *Fundamental Catalogues* [online]. In: Mapping the Sky. Proc. IAU Symp. 133, Paris, France, 1–5 June 1987, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://adsabs.harvard.edu/full/1988IAUS..133...95G>>
- CHLUP, O. *Z teorie výchovy a vyučování*. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1962. 399 s.
- KÉHAR, O. *Využití katalogů astronomických objektů ve výuce*. Plzeň, 2011. 147 s. Rigorózní práce na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity.
- LENHARDT, H. *Apparent Places of Fundamental Stars* [online]. 11. 4. 2011, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://www.ari.uni-heidelberg.de/datenbanken/ariapfs/WebAPFS.pdf>>
- LEPŠ, J. *Testování hypotéz. Testy dobré shody* [online]. 2007, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://botanika.bf.jcu.cz/suspa/vyuka/materialy/KAP2.pdf>>
- LOPEZ, C. E. *Astronomical Catalogues* [online]. 2005, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <http://www.astro.yale.edu/workshop/2005/Presentations/CarlosLopez_Catalogs.pdf>
- MACHÁČEK, M. *Astrofyzika pro gymnázia*. 2. upravené vydání. Praha: Prometheus, 2004. 143 s. ISBN 80-7196-277-5.
- MAŇÁK, J., ŠVEC, V. *Výukové metody*. Brno : Paido, 2003. 219 s. ISBN 80-7315-039-5.
- Multimediální učební text Astronomia* [online]. 2013, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://astronomia.zcu.cz>>
- OOSTRA, B. *Astronomy Teaching with Astronomical Catalogues*. The Physics Teacher, 2006. Issue 3, p. 153.
- POKORNÝ, Z. *Astronomické vzdělávání*. Brno: Hvězdárna a planetárium M. Koperníka, 2001.

PREACHER, K. J. *Calculation for the chi-square test: An interactive calculation tool for chi-square tests of goodness of fit and independence* [online]. Duben 2001, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://www.quantpsy.org/chisq/chisq.htm>>

PUDIVÍTR, P. *Výuka astronomie na středních školách*. Praha, 2004. 56 s, 53 s. příloh. Disertační práce na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. Vedoucí práce Marek WOLF.

RANDA, M. *Co by měl žák základní školy umět z astronomie? Rozvoj schopností žiakov v prírodovednom vzdelávaní (sborník abstraktov)*, FPV UK v Nitre, Račkova dolina 2010.

RANDA, M. *Výuka astronomických poznatků na základní a střední škole s využitím webové stránky Astronomia (spoluautor)*. Tvorivý učitel fyziky (sborník z mezinárodní konference), Slovenská fyzikálna spoločnosť SAV, Bratislava 2012, s. 215–220.

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 100 s.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Upravená 3. verze. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2013. 146 s.

RESIG, J. *The jQuery Project* [online]. 2010, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://jquery.com>>.

SKALKOVÁ, J. *Obecná didaktika*. 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. 328 s. ISBN 978-80-247-1821.

SOUKUP, P. *Nesprávná užívání statistické významnosti a jejich možná řešení* [online]. Data a výzkum - SDA Info. 2010, roč. 4, č. 2, s. 77-104. [citováno 20. 1. 2014] Dostupné z <archiv.soc.cas.cz/download/1082/DaV10_2_s77_104.pdf>.

ŠEVARLIĆ, B. M. *Fundamental Astrometry – A Look Through the Past* [online]. University of Belgrade, Belgrade, 1978, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <http://elib.mi.sanu.ac.rs/files/journals/pda/7/broj7_clanak1.pdf>

ŠIROKÝ, J. *Výzkum vědomostí z astronomie u žáků 2. ročníku gymnázia*. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, 1978.

THURMOND, R. *A History of Star Catalogues* [online]. 2003, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://www.rickthurmond.com/HistoryOfStarCatalogs.pdf>>

TIKALSKÁ, S. *Jaké metody a organizační formy používají učitelé v současné době na našich školách* [online]. 2. 9. 2008, [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://www.rvp.cz/clanek/763/2588>>.

TOMANOVÁ, D. *Zkušenosti studentů učitelství s metodami z RWCT* [online]. [citováno 30. 8. 2013]. Dostupné z <<http://epedagog.upol.cz/eped1.2003/clanek05.htm>>

WINKLER, M. G. *Representing the Heavens: Galileo and Visual Astronomy*. Isis, Vol. 83, No. 2, 1992. s. 195-217. Dostupné z <<http://www.jstor.org/stable/234504>>.

ZEZONG, X. *The Discovery of Jupiter's Satellite Made by Gan De 2000 years Before Galileo* in Chinese Physics 2, 1982. s. 664-67.

Seznam obrázků

Pokud není uvedeno jinak, jsou zdrojem obrázků stránky Astronomia (astronomia.zcu.cz) či ukázky z pracovních listů pořízených během testovacích hodin nebo z archivu autora práce.

OBR. 2.1: ÚVODNÍ STRÁNKA ASTRONOMICKÉ DATABÁZE SIMBAD	8
OBR. 2.2: STRÁNKA S VEŘEJNĚ DOSTUPNÝMI INFORMACEMI ZE STŘEDISKA MPC, HTTP://WWW.MINORPLANETCENTER.NET/IAU/MPCORB.HTML	9
OBR. 2.3: STRÁNKA ZOBRAZUJÍCÍ POLOHU PLANETY (433) EROS, HTTP://SSD.JPL.NASA.GOV/SBDB.CGI?SSTR=433&ORB=1	9
OBR. 2.4: HR DIAGRAM, PLOCHA KRUIHU ODPOVÍDÁ POČTU HVĚZD DANÉ SPEKTRÁLNÍ TŘÍDY A ZÁŘIVÉHO VÝKONU. NEJMENŠÍ KRUIHY PŘEDSTAVUJÍ PĚT A MĚNĚ HVĚZD. CELKEM JE ZOBRAZENO 113 286 HVĚZD.	12
OBR. 6.1: DETEKTORY POUŽÍVANÉ PRO KONSTRUKCI ASTROMETRICKÝCH KATALOGŮ.....	31
OBR. 7.1: ÚVODNÍ STRÁNKA ASTRONOMIA NA ADRESE ASTRONOMIA.ZCU.CZ.....	39
OBR. 7.2: TYPICKÁ STRÁNKA, ZOBRAZENÍ ZÁKLADNÍHO ROZLOŽENÍ STRÁNKY	39
OBR. 8.1: HR DIAGRAM (VLEVO BEZ OMEZENÍ, VPRAVO JEN HVĚZDY DO 100 PC S POPISKY)	44
OBR. 8.2: UKÁZKA ANALÝZY PARAMETRŮ PLANETEK PRO ZVOLENÉ TYPY (VLEVO TROJÁNI, VPRAVO SKUPINA HILDA)	45
OBR. 8.3: AKTUÁLNÍ POLOHY PLANETEK VE SLUNEČNÍ SOUSTAVĚ PRO TROJÁNY A SKUPINU HILDA.....	46
OBR. 8.4: KIRKWOODOVY MEZERY ANEB ZÁVISLOST ČETNOSTI PLANETEK NA VELKÉ POLOOSE.....	47
OBR. 8.5: HISTORICKÝ VÝVOJ PLANETEK.....	49
OBR. 8.6: AKTUÁLNÍ POLOHA PLANETKY VE SLUNEČNÍ SOUSTAVĚ A DEMONSTRACE KEPLEROVÝCH ZÁKONŮ	50
OBR. 8.7: APLIKACE NOČNÍ OBLOHA A PRŮBĚH SLUNCE POD OBZOREM	52
OBR. 8.8: SEZNAM NEJJASNĚJŠÍCH HVĚZD A POČET POZOROVATELNÝCH HVĚZD NA OBLOZE.....	53
OBR. 8.9: SEZNAM VIDITELNÝCH SOUHVEZDÍ	54
OBR. 8.10: SEZNAM MESSIEROVÝCH OBJEKTŮ NAD OBZOREM	55
OBR. 8.11: ANGLICKÁ ČÁST STRÁNKY VĚNOVANÁ PLANETKÁM	56
OBR. 8.12: ANGLICKÁ ČÁST STRÁNKY VĚNOVANÁ HVĚZDÁM.....	56
OBR. 8.13: ANGLICKÁ ČÁST STRÁNKY VĚNOVANÁ PLOŠNÝM OBJEKTŮM.....	57
OBR. 9.1: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY 29. ŘÍJNA 2012 NA GYMNÁZIUM PLZEŇ	59
OBR. 9.2: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY 29. ŘÍJNA 2012 NA GYMNÁZIUM PLZEŇ	60
OBR. 9.3: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY 5. LISTOPADU 2012 NA GYMNÁZIUM PLZEŇ.....	60
OBR. 9.4: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA 29. ŘÍJNA 2012 NA GYMNÁZIUM PLZEŇ	61
OBR. 9.5: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA 5. LISTOPADU 2012 NA GYMNÁZIUM PLZEŇ.....	61
OBR. 9.6: OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA 30. ŘÍJNA 2012 NA ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITĚ	62
OBR. 9.7: ÚČASTNÍCI VÝBĚROVÉHO SOUSTŘEDĚNÍ ASTRONOMICKÉ OLYMPIÁDY NA HVĚZDÁRNĚ V ROKYCANĚCH, FOTO J. KOŽUŠKO	62
OBR. 9.8: ZASTOUPENÍ FAKULT NA TESTOVÁNÍ.....	63
OBR. 9.9: ROČNÍK TESTOVANÝCH STUDENTŮ.....	63
OBR. 9.10: ZASTOUPENÍ MUŽŮ A ŽEN MEZI STUDENTY	63
OBR. 9.11: ROZŠÍŘENÉ VYHLEDÁVÁNÍ V KATALOGU HIPPARCOS	66
OBR. 9.12: HR DIAGRAMY BLÍZKÝCH (VLEVO) A VZDÁLENÝCH (VPRAVO) HVĚZD.....	70
OBR. 9.13: POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI VYŘEŠENÍ ÚKOLU 1 MEZI SŠ A VŠ	77
OBR. 9.14: POROVNÁNÍ UMÍSTĚNÍ SLUNCE NA ELIPSE MEZI SŠ A VŠ	77
OBR. 9.15: POROVNÁNÍ SPRÁVNOSTI POPSÁNÍ ELIPSY MEZI SŠ A VŠ	78
OBR. 9.16: POROVNÁNÍ ÚPLNOSTI ZODPOVĚZENÍ OTÁZEK U ÚKOLU 2 MEZI SŠ A VŠ.....	81
OBR. 9.17: POLOHA PLANETKY (2) PALLAS VE SLUNEČNÍ SOUSTAVĚ PRO ZVOLENÉ DATUM, DOSTUPNÉ Z ADRESY ASTRONOMIA.ZCU.CZ/PLANETY/PLANETKA-2	82
OBR. 9.18: POROVNÁNÍ ZODPOVĚZENÍ OTÁZEK U ÚKOLU 3 MEZI SŠ A VŠ	83
OBR. 9.19: MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI FS PRO PLANETKU (2) PALLAS, V TOMTO PŘÍPADĚ JE VZDÁLENOST 0,6 AU, DOSTUPNÉ Z ADRESY ASTRONOMIA.ZCU.CZ/PLANETY/PLANETKA-2	84
OBR. 9.20: SROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI VYPLNĚNÍ ÚKOLU 4 MEZI SŠ A VŠ	85
OBR. 9.21: UKÁZKA SPRÁVNĚ VYPLNĚNÉHO ÚKOLU 4	86
OBR. 9.22: ZJIŠTĚNÍ OBSAHU PLOCHY PRO PLANETKU (1) CERES V ODSLUNÍ, VYPOČÍTNÁ PLOCHA JE 0,575 AU ² , DO TABULKY PO ZAOKROUHLĚNÍ ZAPÍŠEME HODNOTU 0,58 AU ² . DOSTUPNÉ Z ADRESY ASTRONOMIA.ZCU.CZ/PLANETY/PLANETKA-1	87
OBR. 9.23: VÝPOČET VELKÉ POLOOSY PŘI ZNALOSTI VZDÁLENOSTÍ V PŘÍSLUNÍ A ODSLUNÍ.....	88
OBR. 9.24: HISTORICKÝ VÝVOJ PLANETEK DLE ROKU OBJEVU VZTAŽENÝ K 20. 8. 2013.....	96

OBR. 9.25: ÚSPĚŠNOST ODPOVĚDÍ U ÚKOLU 2 LISTU PLANETKY	97
OBR. 9.26: ANALÝZA PLANETEK PŘI VÝBĚRU SKUPINY TROJANÉ	99
OBR. 9.27: GRAF KIRKWOODOVÝCH MEZER	101
OBR. 9.28: GRAF KIRKWOODOVÝCH MEZER DO 10 AU	101
OBR. 9.29: GRAF KIRKWOODOVÝCH MEZER PRO 1,5 AU AŽ 5,5 AU.....	102
OBR. 9.30: ÚSPĚŠNOST ODPOVĚDÍ U ÚKOLU 5 LISTU PLANETKY	102
OBR. 9.31: GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ ODPOVĚDÍ INTERVALU VELKÉ POLOOSY	103
OBR. 9.32: ÚSPĚŠNOST ODPOVĚDÍ U ÚKOLU 6 LISTU PLANETKY	105
OBR. 9.33: GRAF KIRKWOODOVÝCH MEZER OKOLO 2,5 AU	106
OBR. 9.34: POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI ODPOVĚDÍ U ÚKOLU 6 MEZI DUBNEM A ŘÍJNEM	107
OBR. 9.35: ROČNÍ OBDOBÍ A POLOHA ZEMĚ NA TRAJEKTORII KOLEM SLUNCE.....	113
OBR. 9.36: ROČNÍ OBDOBÍ (ZLEVA: JARO, LÉTO, PODZIM ZIMA) A ZMĚNY V PŘÍRODĚ.....	113
OBR. 9.37: STRÍDÁNÍ ROČNÍCH OBDOBÍ.....	114
OBR. 9.38: POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI ODPOVĚDÍ U PRVNÍ ČÁSTI ÚKOLU 1 MEZI SŠ A VŠ	116
OBR. 9.39: VÝCHOD A ZÁPAD SLUNCE	117
OBR. 9.40: ATMOSFÉRICKÁ REFRAKCE	118
OBR. 9.41: VELIKOST ATMOSFÉRICKÉ REFRAKCE	118
OBR. 9.42: POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI ODPOVĚDÍ U PRVNÍ ČÁSTI ÚKOLU 2 MEZI SŠ A VŠ	119
OBR. 9.43: PRŮBĚH SLUNCE POD OBZOREM BĚHEM JARNÍ ROVNODENNOSTI.....	119
OBR. 9.44: POLOHA VÝCHODU SLUNCE, ZDROJ: <a href="http://www.observatory.cz/news/staroveka-
astronomie.html">HTTP://WWW.OBSERVATORY.CZ/NEWS/STAROVEKA- ASTRONOMIE.HTML	120
OBR. 9.45: PRŮBĚH SLUNCE POD OBZOREM BĚHEM ČERVNOVÉHO SLUNOV RATU.....	120
OBR. 9.46: PRŮBĚH SLUNCE POD OBZOREM BĚHEM PROSINCOVÉHO SLUNOV RATU	121
OBR. 9.47: POROVNÁNÍ ÚSPĚŠNOSTI ODPOVĚDÍ U PRVNÍ ČÁSTI ÚKOLU 5 MEZI SŠ A VŠ	126
OBR. 9.48: HR DIAGRAM V EXCELU PRO HVĚZDY DO 100 PC	132
OBR. 9.49: TABULKA S HODNOTAMI A HR DIAGRAM DO 100 PC V PODÁNÍ ONDŘEJE THEINERA	133
OBR. 9.50: HR DIAGRAM OD 100 PC DO 400 PC V PODÁNÍ ONDŘEJE THEINERA	134
OBR. 9.51: TABULKA S ODPOVĚDMÍ PRO ÚLOHU HR DIAGRAM V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY.....	135
OBR. 9.52: HR DIAGRAM DO 100 PC V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY	135
OBR. 9.53: HR DIAGRAM OD 100 PC DO 400 PC V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY	136
OBR. 9.54: KIRKWOODOVY MEZERY V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY	136
OBR. 9.55: ODPOVĚDI NA ÚKOLY 4 A 5 V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY	137
OBR. 9.56: ODPOVĚĎ NA ÚKOL 5 (POKR.) V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY.....	137
OBR. 9.57: ODPOVĚDI NA ÚKOLY 6 A 7 V PODÁNÍ MIROSLAVA HANZELKY	138
OBR. 9.58: TABULKA S ODPOVĚDMÍ PRO ÚLOHU HR DIAGRAM V PODÁNÍ LUKÁŠE TIMKA	139
OBR. 9.59: TABULKA S ODPOVĚDMÍ PRO ÚLOHU HR DIAGRAM V PODÁNÍ ANNY JURÁŇOVÉ	139
OBR. 9.60: HR DIAGRAMY V PODÁNÍ ANNY JURÁŇOVÉ.....	139
OBR. 9.61: HR DIAGRAM V EXCELU PRO HVĚZDY DO 100 PC S VYZNAČENÝMI POLOHAMÍ DVOU HVĚZD.....	140
OBR. 9.62: HR DIAGRAM V EXCELU PRO HVĚZDY OD 100 PC DO 400 PC	141
OBR. 9.63: HISTOGRAM ZÁVISLOSTI ČETNOSTI PLANETEK NA VELKÉ POLOOSE	146
OBR. 9.64: GRAF ZÁVISLOSTI VÝSTŘEDNOSTI NA VELKÉ POLOOSE	148
OBR. 9.65: GRAF ZÁVISLOSTI VÝSTŘEDNOSTI NA VELKÉ POLOOSE OKOLO $a = 2,5$ AU	149
OBR. 9.66: GRAF ZÁVISLOSTI VÝSTŘEDNOSTI NA VELKÉ POLOOSE OKOLO $a = 2,82$ AU	149
OBR. 9.67: PLANETKA ROKYCANY V OPOZICI	152
OBR. 10.1: HODNOCENÍ OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA	155
OBR. 10.2: HODNOCENÍ OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY	155
OBR. 10.3: HODNOCENÍ OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU HR DIAGRAM (ČÁSTEČNĚ I PLANETKY).....	156
OBR. 10.4: HODNOCENÍ OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU PLANETKY.....	156
OBR. 10.5: HODNOCENÍ NÁROČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA.....	157
OBR. 10.6: HODNOCENÍ NÁROČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY	157
OBR. 10.7: HODNOCENÍ NÁROČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU HR DIAGRAM (ČÁSTEČNĚ I PLANETKY).....	158
OBR. 10.8: HODNOCENÍ NÁROČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU PLANETKY	158
OBR. 10.9: HODNOCENÍ UŽITEČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA	159
OBR. 10.10: HODNOCENÍ UŽITEČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY	160
OBR. 10.11: HODNOCENÍ UŽITEČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU HR DIAGRAM (ČÁSTEČNĚ I PLANETKY).....	160
OBR. 10.12: HODNOCENÍ UŽITEČNOSTI PRACOVNÍHO LISTU PLANETKY	160
OBR. 10.13: KORELACE NÁROČNOSTI A OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA.....	161
OBR. 10.14: KORELACE UŽITEČNOSTI A OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA.....	162
OBR. 10.15: KORELACE NÁROČNOSTI A OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY	162
OBR. 10.16: KORELACE UŽITEČNOSTI A OBLÍBĚNOSTI PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY.....	162

OBR. 10.17: KORELACE UŽITEČNOSTI A OBLÍBENOSTI PRACOVNÍHO LISTU HR DIAGRAM	163
OBR. 10.18: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ PRACOVNÍHO LISTU NOČNÍ OBLOHA	163
OBR. 10.19: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ PRACOVNÍHO LISTU KEPLEROVY ZÁKONY	164
OBR. 10.20: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ PRACOVNÍHO LISTU HR DIAGRAM	164
OBR. 10.21: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ PRACOVNÍHO LISTU PLANETKY	165
OBR. 10.22: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ SROVNÁVACÍHO DOTAZNÍKU	165
OBR. 10.23: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ VYHODNOCOVACÍHO DOTAZNÍKU	166
OBR. 10.24: SLOŽENÍ ÚČASTNÍKŮ PRVNÍ SKUPINY (VLEVO) A DRUHÉ SKUPINY (VPRAVO)	167
OBR. 10.25: FAKULTA ÚČASTNÍKŮ – PRVNÍ SKUPINA (VLEVO), DRUHÁ SKUPINA (VPRAVO).....	168
OBR. 10.26: ROČNÍK ÚČASTNÍKŮ – PRVNÍ SKUPINA (VLEVO), DRUHÁ SKUPINA (VPRAVO)	168
OBR. 10.27: MÍRA ROZVOJE KLÍČOVÝCH KOMPETENCÍ	169
OBR. 10.28: ÚSPĚŠNOST VYPLNĚNÍ PRACOVNÍCH LISTŮ.....	171
OBR. 10.29: INTERVALOVÝ ODHAD POČTU ÚSPĚŠNÝCH ÚČASTNÍKŮ (SVISLÁ ČÁRA OHRANIČENÁ ŠIPKAMI, VODOROVNÁ ÚSEČKA PŘEDSTAVUJE REÁLNÝ POČET ÚČASTNÍKŮ) V ZÁVISLOSTI NA ÚSPĚŠNOSTI VYPLNĚNÍ PRACOVNÍHO LISTU.....	171
OBR. 10.30: NÁROČNOST PRACOVNÍCH ÚLOH DLE VYJÁDŘENÍ ÚČASTNÍKŮ (1 = JEDNODUCHÉ, 5 = NÁROČNÉ, MODŘE REALITA, ČERVENĚ ODHAD DLE NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ NA PRŮMĚR 3).....	172
OBR. 10.31: POROVNÁNÍ NÁROČNOSTI PRACOVNÍCH ÚLOH DLE VYJÁDŘENÍ ÚČASTNÍKŮ (1 = JEDNODUCHÉ, 5 = NÁROČNÉ).....	178
OBR. 10.32: POROVNÁNÍ UŽITEČNOSTI PRACOVNÍCH ÚLOH DLE VYJÁDŘENÍ ÚČASTNÍKŮ (1 = UŽITEČNÉ, 5 = NEUŽITEČNÉ)	179
OBR. 10.33: POROVNÁNÍ PRACOVNÍCH ÚLOH DLE VYJÁDŘENÍ ÚČASTNÍKŮ, ZDA BYLA HODINA ZAJÍMAVÁ ČI NIKOLI (1 = VELMI ZAJÍMAVÁ, 5 = VŮBEC MNE NEZAUJALA)	180

Seznam tabulek

TAB. 2.1: VÝSLEDEK HLEDÁNÍ V DATABÁZI SCOPUS	11
TAB. 2.2: VÝSLEDEK HLEDÁNÍ V DATABÁZI SCIENCE DIRECT.....	13
TAB. 2.3: VÝSLEDEK HLEDÁNÍ V DATABÁZI WEB OF SCIENCE	13
TAB. 2.4: VÝSLEDEK HLEDÁNÍ V DATABÁZI JSTOR	14
TAB. 2.5: VÝSLEDEK HLEDÁNÍ V DATABÁZI AIP SCITATION.....	14
TAB. 10.1: POŘADÍ PRACOVNÍCH LISTŮ PODLE OBLÍBENOSTI	156
TAB. 10.2: POŘADÍ PRACOVNÍCH LISTŮ PODLE NÁROČNOSTI	158
TAB. 10.3: POŘADÍ PRACOVNÍCH LISTŮ PODLE UŽITEČNOSTI	159
TAB. 10.4: POŘADÍ PRACOVNÍCH LISTŮ PODLE ÚSPĚŠNOSTI VYPLNĚNÍ.....	163

Přílohy

K práci je přiložené CD, které obsahuje elektronickou verzi této práce a pracovních listů.

V kořenovém adresáři se na přiloženém CD nachází několik složek. Níže je uveden jejich seznam včetně popisu jejich obsahu.

- *./pracovni_listy/* – zde jsou uloženy pracovní listy ve formátu PDF a DOC
- *./dotazníky/* – zde jsou uloženy dotazníky ve formátu PDF a DOC

