

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ VLASTNÍ APLIKACE PŘI VÝUCE
ASTRONOMIE**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vojtěch Hála

Informatika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: PhDr. Tomáš Přibáň, Ph.D.

Plzeň, 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 29. června 2018

.....
vlastnoruční podpis

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ PRÁCE.

OBSAH

| | |
|---|----|
| Úvod | 2 |
| 1 STAROMĚSTSKÝ ORLOJ | 3 |
| 1.1 ASTRONOMICKÝ CIFERNÍK | 4 |
| 1.1.1 Objekty na ciferníku a jejich pohyb | 5 |
| 1.1.2 Přesnost astronomického ciferníku | 8 |
| 2 SIMULÁTORY ORLOJE | 9 |
| 3 APLIKACE ORLOJ | 12 |
| 3.1 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ | 13 |
| 3.2 SPUŠTĚNÍ APLIKACE | 15 |
| 3.2.1 Android | 15 |
| 3.2.2 Windows, Linux | 16 |
| 3.3 POPIS OKNA APLIKACE | 17 |
| 3.4 INTERAKCE S UŽIVATELEM | 20 |
| 3.5 POUŽITÉ ALGORITMY | 21 |
| 3.5.1 Objekty v kódu programu Orloj | 22 |
| 3.5.2 Astroláb | 22 |
| 3.5.3 Ekliptika | 23 |
| 3.5.4 Zeměpisné souřadnice | 24 |
| 3.5.5 Natáčení čtyřadvacetníku | 24 |
| 3.6 POPIS SOUBORŮ APLIKACE ORLOJ | 24 |
| 3.7 BUDOUCÍ VÝVOJ APLIKACE | 25 |
| 4 VYUŽITÍ SIMULÁTORU VE VÝUCE | 27 |
| 4.1 ASTRONOMIE VE VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH | 27 |
| 4.2 APLIKACE ORLOJ JAKO ASTROLÁB | 30 |
| 4.2.1 Východy a západy | 30 |
| 4.2.2 Délka dne | 30 |
| 4.2.3 Staročeský čas | 30 |
| 4.2.4 Slunovraty a rovnodennosti | 30 |
| 4.2.5 Převody času mezi různými systémy | 31 |
| 4.2.6 Hvězdný čas | 31 |
| 4.3 NÁMĚTY | 32 |
| 4.3.1 Ve školní třídě | 32 |
| 4.3.2 Při návštěvě orloje | 32 |
| 4.3.3 V astronomickém kroužku | 33 |
| ZÁVĚR | 34 |
| SEZNAM LITERATURY | 35 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ | 36 |

Úvod

Výuka základních poznatků z oboru astronomie probíhá v České republice už na prvním stupni základní školy a pokračuje stále více do hloubky na všech dalších stupních školské soustavy. Mezi látku probíranou velmi brzy patří poznatek, že žijeme na kulaté planetě jménem Země, která se jednak otáčí kolem své osy a zároveň jako celek obíhá kolem své hvězdy – Slunce. Kolem Země obíhá kulový Měsíc, který je viditelný na obloze ve dne i v noci a jak jej hvězda osvětluje z různých směrů, pozorujeme jeho různé fáze – úplněk, nov, čtvrt. Všechny tyto skutečnosti jsou zobrazeny na astronomickém ciferníku Staroměstského orloje, který je silným historickým symbolem a ikonou hlavního města Prahy. Pro mnoho lidí, a pochopitelně i mnoho žáků základních i vyšších stupňů škol, je však astronomický ciferník těžko pochopitelný. Obsahuje mnoho symbolů a údajů, které dnes nejsou tak běžné jako ve středověku. Oproti trojrozměrnému vesmíru je ciferník plochý, takže není přímo zřejmá jeho souvislost s pohyby oblohy.

Tato práce nabízí pomoc při výuce uvedených poznatků. Téma orloje propojuje nebeskou mechaniku s národní historií a autor této práce se domnívá, že je vhodné je propojit i s moderními technologiemi. Interaktivní aplikace pro mobilní zařízení a interaktivní tabule ve třídách, která simuluje astronomický ciferník orloje, umožní ve zjednodušené formě vizualizovat denní a roční pohyby objektů na obloze a poskytne možnost vlastního experimentování, které není možné na skutečném orloji ani na jiných dosud publikovaných simulátorech.

1 STAROMĚSTSKÝ ORLOJ

Pražské Staroměstské náměstí je místem, kde se odehrává společenský život už nejméně tisíc let. [Tiege] Bylo zde rušné středověké tržiště a v roce 1338 byla založena Staroměstská radnice, ke které později přibyla mohutná věž ve tvaru čtyřbokého hranolu. K jižní stěně této věže přiléhá stavba orloje. Důmyslný hodinový stroj s astronomickým ciferníkem vytvořil pravděpodobně roku 1410 hodinář jménem Mikuláš z Kadaně. Po více než 600 letech je nejlépe zachovaným středověkým orlojem na světě. Počátkem května 1945 během Pražského povstání byla Staroměstská radnice cílem dělostřelecké palby zápalnými střelami nacistů a hodinová věž kompletně vyhořela. Astronomický ciferník orloje byl zničen, avšak původní stovky let starý kovový mechanický stroj vydržel. Dodnes je plně funkční a s (opakovaně) restaurovaným ciferníkem nadále slouží svému účelu.

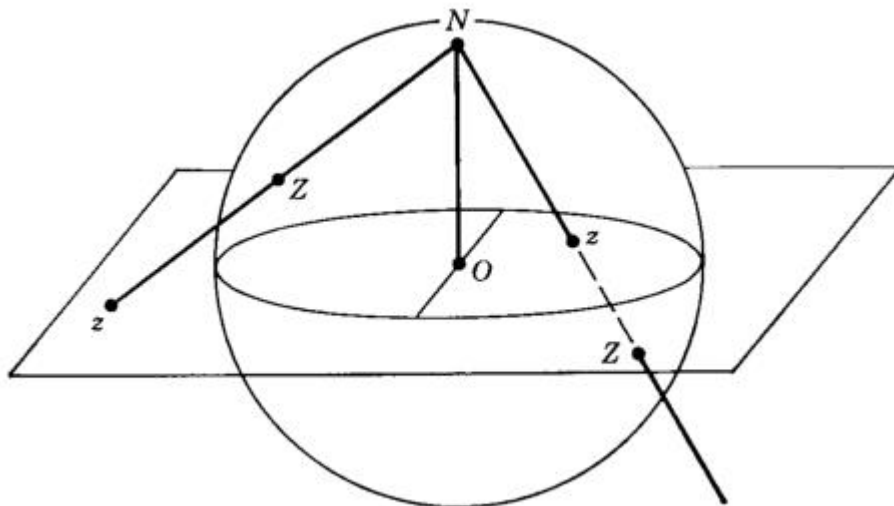
Staroměstský orloj se stal symbolem celé Prahy a turisté tuto historickou památku navštěvují ve velkých počtech. Každou celou hodinu mohou sledovat představení, kdy se po stranách astronomického ciferníku spustí pohyb mechanických figurek označovaných jako Marnivec, Lakomec a Smrtka. Zároveň se za okénky nad ciferníkem postupně vystřídají dřevěné figury dvanácti Ježíšových učedníků a vše je zakončeno kokrháním mechanického kohouta. Toto vizuálně přitažlivé divadlo zřejmě poněkud odvádí pozornost od hlavní funkce orloje, totiž měřit čas a zobrazovat polohu a pohyb nebeských objektů. Ty se pohybují velmi pomalu, takže divák si tohoto pohybu nemusí být vědom. Věnuje-li orloji jen několik minut, vidí na ciferníku v podstatě statický obraz. Ukazatele ciferníku navíc nemusí být pro dnešního člověka příliš srozumitelné a přehledné. V důsledku toho dnes každý Pražan i turista zná orloj, ale málo kdo z nich mu rozumí a dokáže na něm odečíst alespoň údaj o aktuálním čase. Tato práce je zaměřena na astronomii, a proto se v ní nadále nebudeme zabývat ani mechanickými figurami, které původně na orloji nebyly, ani velkou kalendářní deskou od Josefa Mánesa z roku 1865, ale pouze hlavním astronomickým ciferníkem.

1.1 ASTRONOMICKÝ CIFERNÍK



Obrázek 1 - Astroláb vyrobený kolem roku 1400 v Paříži. Foto: Sage Ross, Wikimedia Commons

Zobrazení objektů na astronomickém ciferníku vychází ze středověkého astronomického, měřicího a navigačního přístroje – *astrolábu*. Jeho funkce je ve svém principu podobná dodnes používaným otáčivým mapám hvězdné oblohy. Základem je kruhová deska, na které je zobrazena *stereografická projekce* nebeské klenby. [Wymarc]



Obrázek 2 - Stereografická projekce ze severního pólu do roviny rovníku

Místo trojrozměrného vesmírného prostoru si zjednodušeně představujeme skleněnou sféru o konečném avšak velmi velkém poloměru, na které jsou umístěny hvězdy, Slunce,

Měsíc a další zobrazované objekty. Jejich skutečné vzdálenosti od Země nebyly ve středověku známe, neboť jejich určení je technicky obtížné, a proto se na orloji nemohou projevit. Promítací plochou je rovina světového rovníku. Kolmo k této rovině míří zemská rotační osa, která protíná nebeskou báň v bodech severního a jižního světového pólu. Stereografická projekce probíhá tak, že zobrazovaný bod nebeské klenby spojíme přímkou s pólem. Obraz bodu leží v průsečíku tohoto paprsku s průmětnou, tedy rovinou rovníku. Klasický astroláb používá projekci z jižního pólu. Autor Staroměstského orloje však zvolil na svou dobu nestandardní projekci ze severního pólu. V důsledku této volby jednak většinu plochy zabírá denní část oblohy, jednak Slunce v létě opisuje na ciferníku výrazně větší kružnici než v zimě. To odpovídá lidské zkušenosti s pohybem Slunce po obloze, takže projekce ze severního pólu je názornější. Celý zobrazovací systém je geocentrický. To je sice v rozporu se současným fyzikálním poznáním, že Země není středem vesmíru, ale na druhou stranu lze tuto volbu považovat za názornější, protože pohyby objektů na ciferníku lépe odpovídají tomu, co člověk běžně pozoruje ze Země.

Z praktického hlediska důležitou vlastností stereografické projekce je, že kružnice na nebeské sféře, například ekliptika či obratníky, se zobrazí opět jako kružnice. Je tudíž možné je narýsovat jednoduše kružítkem, dokážeme-li správně určit střed a poloměr.

1.1.1 OBJEKTY NA CIFERNÍKU A JEJICH POHYB



Obrázek 3 - Fotografie astronomického ciferníku orloje a pohyblivých soch.
Foto: Ele, Wikimedia Commons

Základem ciferníku je pevně umístěná kruhová deska a na ní tři soustředné kružnice vyznačené zlatě. Největší kružnice na obvodu desky představuje obratník raka a Slunce ji opisuje v den letního slunovratu. Prostřední kružnice je nebeský rovník a Slunce se po něm pohybuje ve dnech jarní a podzimní rovnodennosti. Nejmenší z těchto kružnic je obratník kozoroha, který Slunce opisuje při zimním slunovratu. Zde se projevuje výhoda stereografické projekce ze severního pólu – pohyb Slunce po ciferníku intuitivně odpovídá pohybu Slunce po nebi. Vnitřek obratníku kozoroha je na dnešním ciferníku vyplněn obrazem Země se stanovištěm pozorovatele uprostřed, avšak tento obraz je nezřetelný. Ve středu desky jsou na společné ose upevněny pohyblivé ručičky ciferníku a ekliptika.

Plocha desky je barevně rozdělena na tři hlavní oblasti – modrá denní, oranžová soumravná a černá noční. Hranici modré oblasti tvoří stereografická projekce horizontu určeného polohou pozorovatele na Zemi. Je-li Slunce v modré oblasti nad horizontem, je právě den. (Opět se projevuje vhodnost volby projekce ze severního pólu.) Je-li Slunce nízko pod horizontem, není ještě úplná tma ale pouze soumrak, což je na orloji vyznačeno oranžovou barvou. Černá plocha je astronomická noc, dostatečně temná na pozorování slabších objektů na obloze. (Ve středověku neexistoval problém světelného znečištění.) V současné podobě ciferníku je oblast astronomické noci vyznačena správně, takže je vidět, že v období kolem letního slunovratu temná noc vůbec nenastává. V době před poslední rekonstrukcí byla v tomto smyslu na ciferníku chyba v projekci, kterou se podařilo odstranit díky pozornosti studenta Milana Patky. [Křížek]

Po obvodu hlavní desky jsou zlatými římskými číslicemi vyznačeny hodiny, které odpovídají současnému střeoevropskému času. Letní čas orloj nezohledňuje. Na římské číslice (a zároveň na čtyřadvacetník) ukazuje hlavní rafie v podobě zlaté ručičky se dvěma vztyčenými prsty. V nejvyšší poloze na ciferníku je číslo XII, které odpovídá poledni (Slunce je na poledníku). V nejnižší poloze je opět číslo XII představující půlnoc. Jedná se o tzv. *německé hodiny*, které u nás oficiálně zavedl císař Ferdinand I. v roce 1547 a dodnes toto dělení dne a číslování hodin považujeme za běžné.

Modrá denní oblast ciferníku je dále rozdělena zlatými oblouky, které spojují oba obratníky a protínají rovník. Tyto čáry jsou označeny černými arabskými čísly od 1 do 12 a představují tzv. *nerovnoměrné planetní hodiny*. V tomto systému, který pochází až ze starověku, je den rozdělen na 12 hodin od východu do západu Slunce. Jelikož je ale v létě Slunce nad obzorem

delší dobu než v zimě, jsou nestejně dlouhé i tyto hodiny. To je na ciferníku jasně patrné (opět výhoda zvolené projekce), když si uvědomíme, že Slunce se po něm pohybuje stálou úhlovou rychlostí. Z matematického hlediska křivky planetních hodin ve stereografické projekci nejsou přesné kružnice. V praktických konstrukcích se ale vždy aproximují kružnicemi a odchylka je zanedbatelná. Výrazně by se projevila pouze v případě, že bychom konstruovali ciferník orloje umístěného daleko na severu, blízko obratníku raka. Planetní hodiny jsou pražským unikátem, na jiných orlojích ve světě zobrazeny nejsou.

Okolo celého obratníku raka je na orloji černý prstenec se stylizovanými zlatými arabskými číslicemi, který se nazývá *čtyřiadvacetník*. Je pohyblivý kolem středu ciferníku a hlavní ručička na něm ukazuje tzv. *staročeský čas*. V tomto systému je den rozdělen na 24 stejných hodin, avšak počátek dne není ani v poledne ani o půlnoci ale při západu Slunce. Čtyřiadvacetník se proto musí mírně natáčet tak, aby číslo 24 bylo vždy na tom místě, kde Slunce daného dne zapadá. Jedná se o nejpomalejší pohyb na celém orloji.

Nad rovinou ciferníku se pohybuje kružnice zdobená znameními zvěrokruhu, která není soustředná s ciferníkem. Představuje projekci ekliptiky, tedy roviny, po níž Slunce obíhá okolo Země. (Se znalostí moderní fyziky bychom dnes spíše řekli, že Země obíhá v rovině okolo Slunce. V 15. století však dominoval geocentrický názor, tedy že Země je středem vesmíru a Slunce, Měsíc, planety i hvězdy obíhají kolem ní.) Kružnice ekliptiky se jedním okrajem dotýká obratníku raka a na opačné straně se dotýká obratníku kozoroha. Zlatý ukazatel Slunce by měl být na této kružnici. V současnosti tomu tak není, Slunce je chybně umístěno blíže středu ciferníku, na vnitřním okraji ozdobného lemu ekliptiky. [Křížek] Tato chyba vznikla již v roce 1886 a dnes podle názoru památkářů není možné ji opravit. V důsledku toho orloj například špatně ukazuje, kdy Slunce vychází a zapadá. Kolem letního slunovratu je tato chyba značně velká, přibližně hodinu. Chceme-li určovat čas východu či západu správně, musíme Slunce pomyslně posunout podél jeho rafije na okraj ekliptiky. Slunce se po ekliptice pomalu posunuje, jeden oběh vykoná za rok. Během jednoho dne to znamená přibližně jeden stupeň, protože tropický rok má 365,24 dnů a plný úhel má 360 stupňů.

Na ciferníku můžeme dále nalézt *ukazatel hvězdného času*, malou zlatou šesticípou hvězdu, která ukazuje na římská čísla používaná zároveň pro německý čas. Hvězdný čas určuje natočení hvězdné oblohy v daném okamžiku. (Dnes bychom řekli natočení Země vzhledem

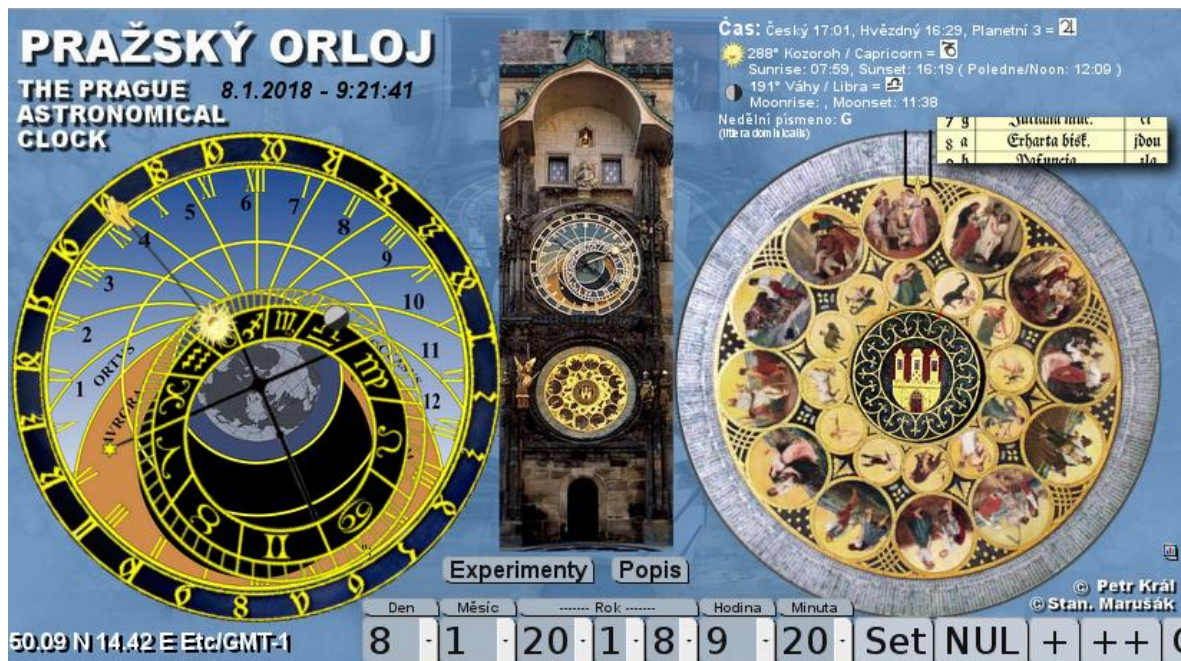
ke vzdáleným hvězdám.) Mezi hvězdami má pevné postavení i ekliptika, a proto je s ní ukazatel hvězdného času fyzicky spojen. Jeho polohu určuje jarní bod, tedy místo, kde se Slunce nachází v okamžiku jarní rovnodennosti. Na orloji jej najdeme jako průsečík kružnice ekliptiky s kružnicí rovníku. Ze středu ciferníku vede do tohoto místa černá tyčka, na jejímž prodloužení je zlatá hvězda. Celá ekliptika i s tímto ukazatelem se otáčí kolem středu ciferníku tak, jak se otáčí Země. Jedna otáčka trvá jeden hvězdný den, tedy 23 hodin, 56 minut a 4 sekundy. Toto je nejvíce viditelný pohyb na ciferníku a společně s ukazatelem Slunce představuje střídání dnů a nocí.

Posledním ukazatelem na astronomickém ciferníku je *Měsíc* v podobě kovové kuličky. Pohybuje se po ekliptice podobně jako Slunce, avšak jinou rychlostí. Skutečný Měsíc neobíhá přesně ve stejné rovině jako Slunce, ale tato skutečnost je na orloji zanedbána. Kovová kulička Měsíce umožňuje zobrazit také měsíční fáze, protože z poloviny je natřena matnou černou barvou. Mechanismus skrytý v kuličce využívá gravitaci (závaží) a pohyb ekliptiky a otáčí kuličkou právě tak rychle, jak se střídají fáze Měsíce.

1.1.2 PŘESNOST ASTRONOMICKÉHO CIFERNÍKU

Má-li být mechanická konstrukce orloje jen přijatelně technicky obtížná, musí být pohyb objektů oproti skutečnosti zjednodušen. Významným rozdílem je, že Země se kolem Slunce pohybuje podle prvního Keplerova zákona po elipse, avšak konstrukce orloje předpokládá kružnici. Podle druhého Keplerova zákona je pohyb po elipse nerovnoměrný – nejrychlejší je v periheliu (zima na severní polokouli), nejpomalejší v aféliu (v létě). Ciferník orloje však z pochopitelných důvodů ukazuje rovnoměrný pohyb. Odchyly v měření času způsobené těmito efekty shrnuje tzv. časová rovnice. Velikost celkové odchylky se mění v průběhu roku a činí maximálně čtvrt hodiny napřed anebo pozdě. Z tohoto důvodu mají i všechny simulátory orloje nejistotu v ukazatelích až čtvrt hodiny oproti moderním hodinkám. Jsou-li doplněny digitálním ukazatelem minut, tento nemusí jít přesně, a zobrazování sekund nemá valný smysl. Autoři z Českého spolku horologického uvádějí na svém webu, že ve středověku byla běžná nepřesnost seřízení orlojů i půl hodiny.

2 SIMULÁTOR ORLOJE

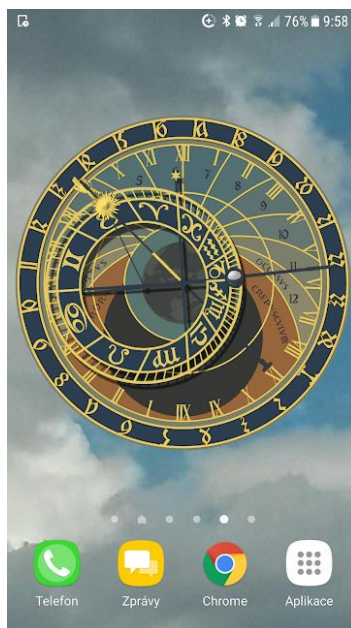


Obrázek 4 - Kompletní simulátor Pražského orloje na stránkách Českého spolku horologického

V počátcích tvorby této práce nebyl k dispozici žádný multiplatformní interaktivní simulátor Staroměstského orloje. Na různých webových stránkách bylo možné zobrazit aktuální stav ciferníku, ale bez možnosti experimentování. V roce 2018 však členové Českého spolku horologického v čele s Petrem Králem a Stanislavem Marušákem vytvořili a zveřejnili na webu kompletní simulátor všech částí orloje, [Král] nejen astronomického ciferníku ale i kalendářní desky, pohyblivých soch, okének s apoštoly a dokonce včetně zvukových efektů. Vše je doplněno i číslíkovými ukazateli údajů. Simulátor běží ve webovém prohlížeči v prostředí jazyka Javascript, takže je v tomto smyslu multiplatformní. Kromě základního nastavení na aktuální čas a polohu orloje umožňuje i experimentování se změnami parametrů zobrazení. Tyto experimenty jsou však omezeny na několik předdefinovaných hodnot – simulátor neumožňuje měnit hodnoty plynule. Zadávání hodnot neprobíhá přímou interakcí s ciferníkem, ale prostým výběrem možností z menu. Oproti tomu simulátor prezentovaný v této práci umožňuje využít výhod dotykového displeje či interaktivní tabule k plynulé a vizuálně názornější manipulaci s ciferníkem.

Aplikace pro zařízení se systémem Android od společnosti Google hledají uživatelé nejčastěji v online repozitáři Play Store. Od května 2018 v něm lze získat aplikaci Orloj od jinak neznámého autora označeného jako MadrSoft. Jedná se o vizuálně velmi zdařilý

simulátor celého astronomického ciferníku. Lze jej spouštět buď jako aplikaci v samostatném okně nebo jako widget umístěný na pracovní ploše mezi jinými ikonami. Využitím k dekoraci plochy a věrným vyobrazením se aplikace velmi podobá původnímu záměru autora této práce. Problém využití tohoto simulátoru ve výuce však spočívá v tom, že není vůbec interaktivní – zobrazuje pouze aktuální stav ciferníku a nedává uživateli jakoukoli šanci zasahovat. Didakticky je vždy vhodnější dát žákům možnost experimentovat s předmětem, samostatně jej zkoumat, prožívat. Také nejsou k dispozici zdrojové texty programu a není možné jej spouštět na jiných platformách, zejména na osobním počítači s interaktivní tabulí ve třídě.



Obrázek 5 - Neinteraktivní simulátor orloje pro Android od MadrSoft

Obchod s aplikacemi pro zařízení firmy Apple se jmenuje App Store. Simulátor Pražského orloje v něm ale nenajdeme. Podobnou funkci má simulátor klasického astrolábu Astrolabe Clock od autorů TwoNineEight Software. Nemá však žádnou spojitost s Prahou, nemá čtyřadvacetník, planetní hodiny a další funkce.

Třetí velkou platformu pro mobilní zařízení nabízí firma Microsoft. V online úložišti Microsoft Store se nachází simulátor Orloj od Wilslide Ltd. Jeho praktické využití ve výuce je však velmi zkomplikováno faktem, že je zpoplatněn, byť malou částku. Poplatky za užití software jsou nepříjemná bariéra při instalaci na žákovská zařízení, na školní počítače apod.

Navíc mobilní zařízení se systémem Windows jsou oproti konkurenci poměrně málo rozšířená, takže je menší pravděpodobnost, že k nim žáci budou mít přístup.

Celkově lze stav dostupných simulátorů v roce 2018 zhodnotit tak, že interaktivní a zároveň multiplatformní aplikace vhodná pro výuku zatím není k dispozici. Tato práce nabízí možné řešení.

3 APLIKACE ORLOJ

Při pohledu na ciferník astronomického orloje vnímá divák téměř statický obraz, pohyby všech ukazatelů jsou velmi pomalé. Chceme-li názorně demonstrovat astronomii, která se na orloji odehrává, musíme pozorovateli umožnit vnímání těchto pohybů.

Můžeme například vytvořit fyzický model astrolábu orloje z kotoučů papíru, ze dřeva apod. Takový model má z didaktického hlediska výhodu, že si na něj žáci mohou fyzicky sáhnout a rozpohybovat jej. Nevýhodou ale je, že sám nedokáže ukazovat čas, neboť vytvořit k němu pohon by bylo příliš náročné.

Jako další možnost se nabízí vytvoření počítačové animace, která pohyby ukáže, případně může mít formu výukového videa. To může být velmi názorné. Nevýhodou animací a videa je, že žáci je přijímají pouze pasivně, nikoli jako osobní prožitek. Animace neumožňuje vlastní zkoumání, žák nemůže pohyby ovlivnit.

Hlavním cílem této práce je tvorba interaktivní aplikace, která přinese zároveň výhody obou zmíněných přístupů. Počítačový program má přes operační systém přístup k přesnému času a může podle něj automaticky překreslovat ciferník. Zároveň však může mít interaktivní režim, kdy se pohyb orloje neřídí časem ale pokyny uživatele. K zadávání takových pokynů je vhodná buď počítačová myš, interaktivní tabule ve třídě, nebo dotykový displej. Takové displeje jsou k dispozici na mobilních telefonech a tabletech, se kterými dnešní žáci obvykle mají zkušenost a v některých školách se přímo využívají ve výuce. Mobilní zařízení navíc obvykle obsahují lokátor systému GPS, takže program může znát vlastní zeměpisnou polohu a podle ní překreslí celý ciferník. Nic takového neumožňuje ani video ani fyzický hračkový model. Mají-li žáci vlastní tablet nebo chytrý mobilní telefon, mohou v případě zájmu pokračovat v experimentování i ve svém volném čase bez ohledu na učitele. A pokud se aplikace osvědčí, lze ji dát na internetu k dispozici nejširší veřejnosti, například včetně turistů, kteří přijíždějí do Prahy obdivovat orloj. Aplikace musí být multiplatformní, aby fungovala jak v PC prostředí Windows nebo Linuxu, tak i na mobilní platformě, např. Androidu. V ideálním případě by měla takto fungovat transparentně, bez explicitních změn ve zdrojovém kódu.

3.1 PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ

Požadujeme, aby program fungoval na počítači typu PC a zároveň na mobilních zařízeních a to pokud možno beze změn ve zdrojovém kódu nebo jen s malými úpravami. Podle toho je třeba volit nástroje. Prvním je počítačový jazyk a s ohledem na zadání této práce se nabízí jazyky Java a Python.

Java dnes funguje na většině osobních počítačů se systémy Windows, Linux nebo macOS. Na mobilních zařízeních Apple se systémem iOS bude její použití obtížnější, nativním jazykem je zde Objective-C. Naopak na zařízeních se systémem Android je nativní speciální varianta jazyka Java.

Jazyk *Python* zatím není na mobilních platformách výrazně rozšířen, ale jeho možnosti se postupně stále zlepšují. Nevýhodou jazykového prostředí Pythonu je určitá roztříštěnost vývoje aplikací mezi verzemi Python 2 a Python 3, které nejsou vzájemně kompatibilní. Verze 3 je přirozeně vyspělejší a v současnosti doporučovaná, avšak ne všechny knihovny a nástroje Pythonu už byly aktualizovány a tento stav trvá už řadu let. Do verze 2.7 jsou postupně backportovány některé funkčnosti Pythonu 3, takže pokud si je vývojář vědom rozdílů a dokáže se jim vyhýbat, je docela možné psát kód, který je kompatibilní s oběma variantami Pythonu. Z důvodu vlastního zájmu autora této práce o jazyk Python a související nástroje byla zvolena právě tato varianta, byť nemusí jít o nejjednodušší cestu.

Pro práci s grafickým prostředím, myší a interaktivním displejem se v Pythonu nabízí knihovna *Kivy*, která podporuje i *multitouch* aplikace (na ploše je v daném okamžiku více než jeden ukazatel, typicky například dva prsty pro zoomování a otáčení obrazu). Nabízí vlastní sadu ovládacích prvků, *widgetů*, jejichž vzhled nemusí odpovídat standardnímu vzhledu aplikací na dané platformě. *Kivy* má také vlastní jednoduchý jazyk, ve kterém je možné stručně definovat strukturu *widgetů*, aniž bychom je museli explicitně tvořit v Pythonu. Kód aplikace pak sestává především z vlastní logiky programu a je poměrně přehledný. Knihovna *Kivy* je stále aktivně vyvíjena, takže v dohledné době nehrozí ztráta podpory. Tvůrci již deklarují její kompatibilitu také s Pythonem 3.

Pro přístup ke speciálním komponentám mobilních zařízení, jako je GPS, používají aplikace rozhraní operačního systému, API (Application Programming Interface). Každý operační systém však má jiné API a my chceme psát pokud možno jeden kód pro všechny systémy.

V prostředí Kivy slouží k tomuto účelu wrapper (abstraktní obal) zvaný *Plyer*. Z hlediska aplikace je to knihovna, která zpřístupňuje funkce systému transparentním jednotným rozhraním. Pokud na daném zařízení není požadovaná funkčnost k dispozici, například osobní počítač nemá GPS, knihovna to aplikaci standardním způsobem oznámí a umožní situaci vyřešit. Plnou transparentnost tohoto přístupu poznal autor této práce v jiném projektu, kdy testoval na mobilním telefonu akcelerometr. Když program následně spustil na notebooku, nečekaně se ukázaly správné údaje o prostorové orientaci. Přenosné počítače totiž mívají akcelerometry používané k detekci pádu a rychlému zaparkování hlav pevných disků jako prevence před poškozením. Plyer toto zařízení rozpoznal a použil, aniž by bylo potřeba cokoli měnit v programovém kódu. Vývoj Plyeru probíhá paralelně s Kivy a rovněž je plně kompatibilní s Pythonem verze 3.

Praktické problémy však nastávají ve chvíli, kdy chceme pro uživatele programu vytvořit binární balíček pro standardní způsoby distribuce. Na platformě Android k tomu slouží skript *buildozer* vyvíjený zároveň s Kivy. Funguje pouze v Linuxu. Praktické experimenty s tímto skriptem jsou však dlouhou řadou pokusů a omylů, kdy předepsané postupy nedávají uspokojivé výsledky. Podpora Pythonu 3 je pouze experimentální, z toho důvodu je náš simulátor napsán v Pythonu 2.7 s využitím několika backportovaných vlastností jazyka. Avšak ani v této verzi nebylo možné vytvořit APK soubor, který by po instalaci fungoval alespoň na většině testovaných zařízení s Androidem. Po vyřešení řady závislostí mezi programovými balíky dostaneme APK soubor, který po spuštění na Androidu ihned spadne, aniž by viditelně ohlásil chybu. Bylo třeba najít jiný způsob spouštění programu.

Podobný byl i výsledek experimentů s vytvořením EXE souboru ke spuštění ve Windows. Dokumentace Kivy uvádí, že lze bez problémů použít balík *pyinstaller*, který všechny potřebné soubory zabalí do jednoho distribuovatelného binárního souboru. To se skutečně podařilo, avšak vytvořený soubor pro naši jednoduchou aplikaci má cca 200 MB a po spuštění nefunguje. Kritické chybové hlášení `Unable to find any valuable Window provider`, znamená, že nefunguje propojení Kivy s Open GL, takže nelze vytvořit okno aplikace. Chybu nebylo možné odstranit ani podle návodu k instalaci všech závislostí ani podle rad na diskusních fórech – podle všeho jde o častý problém, ale bez jednoznačného řešení. Opět je tedy nutno zvolit jiný způsob spouštění programu, jak bude popsáno v další sekci této práce.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
[INFO ] [Image      ] Providers: img_tex, img_dds, img_sdl2, img_gif <img_pil
, img_ffpyplayer ignored>
[INFO ] [IOSC       ] using <thread> for socket
[INFO ] [Window     ] Provider: sdl2
[INFO ] [GL        ] Using the "OpenGL" graphics system
[INFO ] [GL        ] Backend used <sdl2>
[INFO ] [GL        ] OpenGL version <4.4.0 - Build 20.19.15.4835>
[INFO ] [GL        ] OpenGL vendor <Intel>
[INFO ] [GL        ] OpenGL renderer <Intel(R) HD Graphics>
[INFO ] [GL        ] OpenGL parsed version: 4, 4
[INFO ] [GL        ] Shading version <4.40 - Build 20.19.15.4835>
[INFO ] [GL        ] Texture max size <16384>
[INFO ] [GL        ] Texture max units <32>
[INFO ] [Shader     ] fragment shader: <WARNING: 0:7: '' : #version directive
missing>
[INFO ] [Shader     ] vertex shader: <WARNING: 0:7: '' : #version directive
missing>
[WARNING] [Image      ] Unable to load image <C:\Users\egg\AppData\Local\Temp\
ME119~1\kivy_install\data\glsl\default.png>
[CRITICAL] [Window     ] Unable to find any valuable Window provider.
sdl2 - Exception: SDL2: Unable to load image
File "site-packages\kivy\core\__init__.py", line 67, in core_select_lib
File "site-packages\kivy\core>window>window_sdl2.py", line 140, in __init__
File "site-packages\kivy\core>window\__init__.py", line 899, in __init__
File "site-packages\kivy\core>window>window_sdl2.py", line 291, in create_wind

```

Obrázek 6 - Kritická chyba knihovny Kivy po spuštění binárního balíčku s aplikací

Zvolili jsme tedy sadu nástrojů: Python 2.7, Kivy, Plyer. Testování funkčnosti kódu aplikace probíhalo na platformách Linux, Windows a Android, avšak je teoreticky možné ji zprovoznit i na dalších systémech.

3.2 SPUŠTĚNÍ APLIKACE

Postup zprovoznění aplikace závisí na zvolené platformě.

3.2.1 ANDROID

Instalace na mobilním zařízení (telefonu či tabletu) se systémem Android vyžaduje 3 kroky.

1. Instalace aplikace *Kivy Launcher*, jejímž autorem je Mathieu Virbel, aktivní vývojář prostředí Kivy. Aplikace je dostupná ze standardního a prověřeného repozitáře Google Play Store, je zcela zdarma a není zbytečně velká. Umožňuje spouštět ze zdrojového kódu skripty v jazyce Python s knihovnou Kivy i dalšími.
2. K nahrání aplikace Orloj do Kivy Launcheru je třeba spustit správce souborů a s jeho pomocí vytvořit na zařízení adresář `/sdcard/kivy/Orloj`.
3. Do vytvořeného adresáře pak stačí nahrát zdrojové soubory, které jsou připravené v digitální příloze této práce v adresáři `Launcher`. Tím je instalace kompletní. Stejným způsobem lze do Launcheru přidávat další Kivy projekty. Po spuštění Launcheru stačí jedním kliknutím vybrat projekt, který se má spustit. Projekt Orloj je pro snadnější nalezení vybaven i názornou ikonou.

Významnou výhodou tohoto způsobu distribuce je, že nemusíme na mobilním zařízení povolovat funkci „instalace software třetích stran“, což je akce, do které by se měli pouštět jen pokročilí uživatelé Androidu. Hardwarové funkce mobilního zařízení, jako je GPS, akcelerátory, kompas, kamera, vibrace, světlo a řada dalších, jsou funkční pomocí Plyer.

3.2.2 WINDOWS, LINUX

Na těchto platformách je před spuštěním Orloje nutné mít v systému instalován Python s knihovnamy Kivy a Plyer. Interpret Pythonu pak vykonává kód přímo ze zdrojového souboru `main.py`. Všechny potřebné soubory včetně speciálních fontů jsou v digitální příloze práce v adresáři `Desktop`. Program Orloj byl takto úspěšně testován na systémech Windows 7, Windows 10, Debian 8, Ubuntu 18 i na miniaturním počítači Raspberry Pi II se systémem Raspbian. Program všude funguje beze změn zdrojového kódu, avšak mírně se může lišit způsob instalace balíčků a jejich verze. Základní kroky postupu jsou tyto:

1. Instalace Pythonu verze 2.7.x. Pokud není v systému standardně, lze stáhnout ze stránek `python.org`. Je možné použít i Python verze 3.x, ale vůči této verzi nebyla aplikace důkladně testována a postup může vyžadovat drobné změny ve zdrojovém kódu. Zadáním příkazu `python --version` v příkazovém řádku systému lze ověřit funkčnost instalace Pythonu.
2. Ujistíme se, že máme aktuální verze balíčků `pip`, `wheel` a `setuptools`. K tomu slouží v příkazové řádce (administrátorské) příkaz: `python -m pip install --upgrade pip wheel setuptools`
3. Doinstalujeme 5 balíčků požadovaných knihovnou Kivy. Příkaz: `python -m pip install docutils pygments pypiwin32 kivy.deps.sdl2 kivy.deps.glew`
4. Instalace Kivy a Plyer příkazem `python -m pip install kivy plyer`

Pokud vše proběhlo úspěšně, můžeme přejít do adresáře s programem Orloj a spustit jej v interpreteru Pythonu, například v příkazové řádce příkazem:

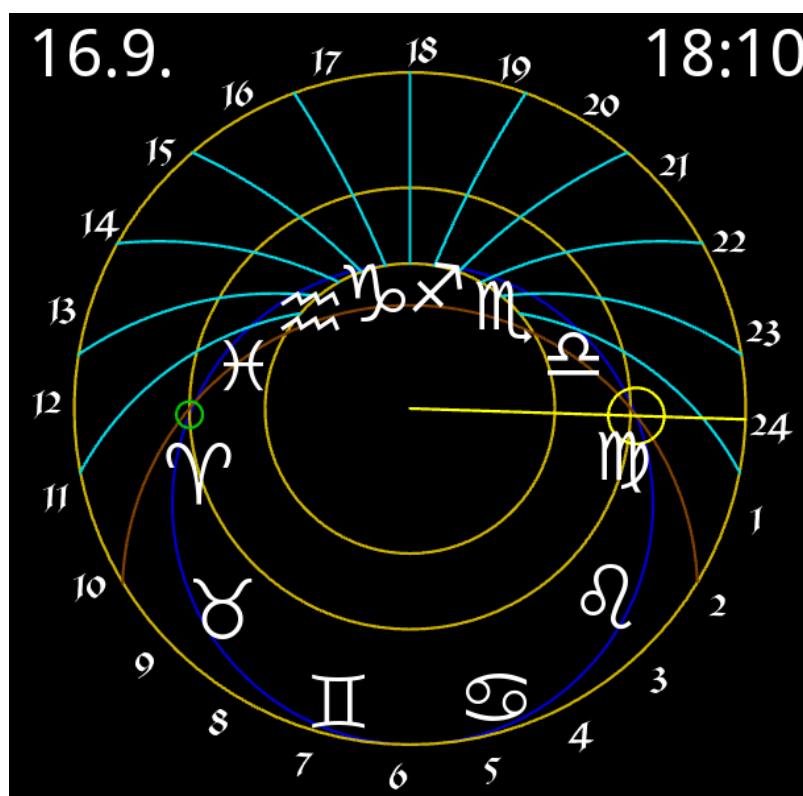
```
python main.py
```

Uvedený postup je univerzální pro různé verze Windows i Linuxu a na čistém systému funguje spolehlivě. Může se však stát, že dojde ke kolizi s některými již nainstalovanými programovými balíčky. V tom případě Python umožňuje vytvořit pro projekt virtuální

prostředí `virtualenv`, což je pokročilý postup, který v této práci nebudeme detailně popisovat. Se softwarem nainstalovaným podle uvedeného návodu je možné aplikaci nejen používat, ale také dále vyvíjet.

3.3 POPIS OKNA APLIKACE

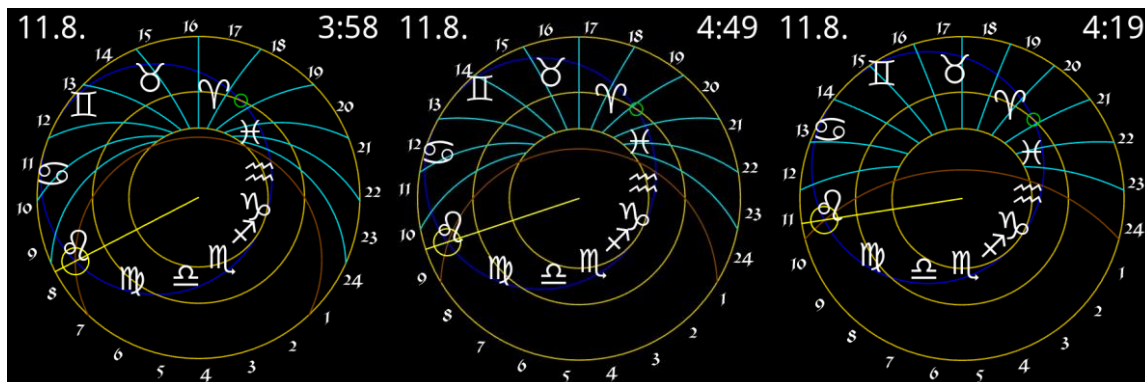
Po spuštění aplikace Orloj se zobrazí zjednodušený model astronomického ciferníku orloje. Cílem při tvorbě aplikace nebylo detailně graficky napodobit vzhled starého orloje. Jeho zdobnost a bohatost je impozantní, ale poněkud na úkor přehlednosti, což není pro výuku nejvhodnější. Potřebujeme spíše přehledně vyznačit funkční prvky a vhodně navrhnout způsob interakce uživatele s aplikací. Cílem je přitom maximální intuitivnost a čistota, aby program uživatele nepřekvapil a aby bylo stále zřejmé, co se děje.



Obrázek 7 - Rozložení objektů v okně aplikace Orloj

Vnější žlutá kružnice v okně aplikace představuje obratník raka, vnitřní žlutá kružnice je obratník kozoroha. Prostřední žlutá kružnice je světový rovník, do jehož roviny se promítá celá obloha. Hnědou barvou je vyznačen oblouk roviny *horizontu*, kterým Slunce prochází při východu a při západu. Světle modrou barvou jsou vyznačeny křivky nestejných planetních hodin. Prostřední z nich je rovná úsečka, která je projekcí místního poledníku (*meridiánu*). Čáry planetních hodin vedou vždy od jednoho obratníku ke druhému. Všechny

tyto prvky jsou na orloji nepohyblivé, avšak jejich podoba se vypočítává v závislosti na zeměpisné poloze orloje. Tu si aplikace buď samostatně zjistí z GPS. Pokud GPS není k dispozici, použije souřadnice Pražského orloje. Uživatel nemusí (a v této verzi ani nemůže) nic nastavovat.



Obrázek 8 - Ciferník orloje generovaný pro východ slunce ve stejný den ve třech různých městech. Zleva: Stockholm, Praha, Káhira. Rozdíly dané zeměpisnou šířkou jsou patrné na kružnici horizontu a obloučích planetních hodin.

Na Obrázku 8 vlevo je vidět, že kružnice horizontu protíná vnější kružnici obratníku raka ve dvou bodech poměrně blízko sebe. Pokud by pozorovatel byl ještě dále směrem k severu, kružnice by se už neprotály. To značí, že jsme překročili severní polární kruh – v období kolem letního slunovratu zde Slunce vůbec nezapadá pod horizont. Avšak nelze-li určit okamžik západu Slunce, nemá smysl ani definice „staročeského“ času, čtyřadvacetník by nemohl fungovat.

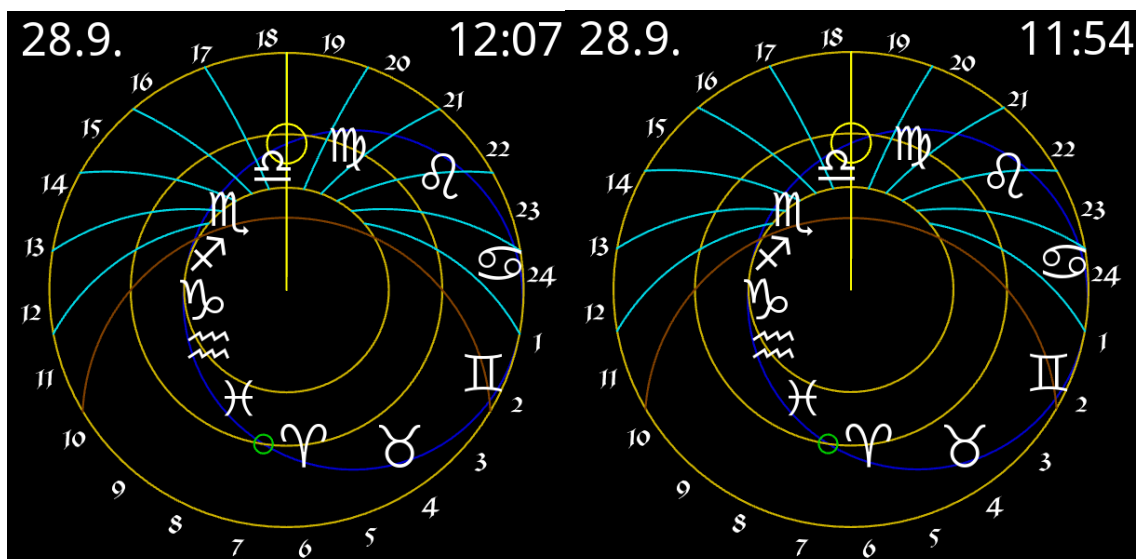
Na témže obrázku vpravo vidíme, že směrem k jihu se kružnice horizontu postupně narovná a spolu s ní i čáry planetních hodin. V oblasti rovníku by Slunce vycházelo vždy na východě a zapadalo na západě. Chod planetních hodin by byl během roku rovnoměrný, stejný v létě i v zimě. Slunce sice vystupuje během dne různě vysoko nad obzor, ale stráví nad horizontem vždy stejnou dobu, takže dny a noci jsou stejně dlouhé. To odpovídá skutečnosti, že kolem rovníku je koncept ročních období mnohem méně významný, změny počasí jsou jen mírné. Jedná se však opět o idealizaci, skutečnost je složitější než orloj.

Nad základní deskou ciferníku se pohybuje *ekliptika*. Jedná se o stereografický průmět kružnice, po které se na obloze pohybuje Slunce. V aplikaci je ekliptika vyznačena tmavě modrou kružnicí. Geometricky se dotýká zároveň obou obratníků a dvakrát protíná rovník – jednou v jarním bodě a podruhé v podzimním bodě. Jarní bod je vyznačen zeleným kroužkem a představuje ukazatel *hvězdného času* (na skutečném orloji je zlatá hvězda na

samostatné rafičce). Je vidět, že hvězdný čas v daném okamžiku určuje natočení celé ekliptiky, ve skutečnosti tedy celé hvězdné oblohy. Kolem kružnice ekliptiky jsou vyznačena znamení astrologického zvěrokruhu. Znamení jsou rozmístěna rovnoměrně během roku, tj. po 30 úhlových stupních od sebe. Tyto úhly se však měří ze středu ciferníku, takže na excentrické ekliptice jsou znamení rozložena nerovnoměrně. Zobrazení astrologických značek umožňuje speciální font a kódování UTF-8.

Podél ekliptiky se během roku pohybuje Slunce. Jeho poloha na kružnici ekliptiky je tedy určena aktuálním datem. Rovná žlutá úsečka v aplikaci představuje velkou sluneční rafii, která určuje aktuální *sluneční čas*. Slunce se nachází v průsečíku této úsečky s tmavomodrou kružnicí ekliptiky a je vyznačeno velkou žlutou kružnicí. Na rozdíl od skutečného orloje je poloha Slunce v aplikaci vyznačena správně, není posunutá směrem ke středu. Zároveň může být užitečné na tomto místě poznamenat, že nachází-li se Slunce poblíž symbolu astrologického znamení, neznamená to, že se na obloze nachází ve stejnojmenném souhvězdí. Z historických důvodů znamení nekorrespondují se souhvězdími, jsou přibližně o jedno posunutá. Také data začátku a konce jednotlivých znamení nebyla historicky přesně stanovena, proto je v aplikaci ani nevyznačujeme.

V pravém horním rohu okna aplikace se nachází digitální ukazatel času, na který je orloj nařízen. Zobrazuje se ve 24hodinovém cyklu, který začíná o půlnoci. Skutečný pražský orloj je seřízen na středoevropský čas (střední místní čas 15. poledníku), přičemž se ignoruje přepínání na letní čas. Při použití aplikace chceme ale také ukázat, jak by vypadal ciferník orloje umístěný v jiném městě a jak by se lišilo měření času. Proto je středoevropský čas v našem modelu opravený navíc na zeměpisnou délku místa pozorovatele. Jelikož však zanedbáváme časovou rovnici, nejedná se o místní pravý sluneční čas ale tzv. místní střední sluneční čas.



Obrázek 9 - Astronomické poledne ve stejný den v Plzni (vlevo) a v Brně nastává v jiném okamžiku

V levém horním rohu okna je digitální ukazatel data. Vzhledem k nepřesnostem a zjednodušením v celém systému nemusíme řešit otázku, zda je daný rok přestupný. Datum 29. února se ignoruje.

Kolem vnější kružnice obratníku raka se nachází *čtyřadvacetník* s arabskými čísly od 1 do 24 psanými švabachem. Číslo vyznačují rovnoměrné staročeské hodiny, které se začínají počítat od západu Slunce. Tomu musí odpovídat poloha číslice 24, takže celý prstenec se během roku musí velmi pomalu kývat doprava a doleva, jak Slunce zapadá v různých polohách.

3.4 INTERAKCE S UŽIVATELEM

Při spuštění aplikace se automaticky zobrazí aktuální ciferník orloje vypočtený podle zeměpisné polohy pozorovatele a aktuálního času. Digitální ukazatele zobrazují odpovídající údaje. Pokud uživatel do aplikace nezasahuje, obrazovka se každých 5 sekund aktualizuje, takže orloj se plně automaticky pohybuje. V této formě může aplikace fungovat jako živý exponát na výstavě (např. na hvězdárně či v planetáriu), ale i ve škole.

Pro výuku však požadujeme možnost zasahovat do chodu orloje. Ovládání musí být co nejjednodušší, aby jej zvládli samostatně používat žáci jakéhokoli věku a aby je komplikovanost ovládání neodradila od experimentů. Dvě číselné hodnoty zobrazené na digitálních ukazatelích kompletně určují nastavení ciferníku. Uživatel aplikace Orloj může

každou z nich ovládat zvlášť, ale nikoli editací číselných hodnot. Pro ukázky denního a ročního pohybu orloje nabízí program dvě varianty řízení.

Změnu hodnoty středoevropského času provádíme kliknutím *na ukazatel Slunce* a jeho tažením okolo středu ciferníku. Zároveň se Sluncem se otáčí žlutá sluneční rafie a také celá ekliptika. To představuje denní pohyb Slunce a hvězd po obloze. Digitální ukazatel se podle toho aktualizuje automaticky, takže není možné zadat nesprávnou hodnotu.

Roční pohyb může uživatel docílit kliknutím do okna aplikace *kamkoli mimo* polohu Slunce a tažením opět kolem středu ciferníku. Tentokrát se otáčí pouze ekliptika, zatímco sluneční rafie setrvává na místě. Vidíme tedy stav oblohy v po sobě jdoucích dnech vždy ve stejnou denní dobu. Při tomto pohybu se také mění poloha Slunce na žluté rafii. Pohybuje se mezi obratníky, tam a zpátky během jednoho roku. S touto didaktickou pomůckou lze názorně vysvětlit pojmy letního a zimního slunovratu i jarní a podzimní rovnodennosti. V kterékoli poloze můžeme datum zafixovat a přejít opět k dennímu pohybu Slunce během zvoleného dne.

Zároveň s pohybem Slunce mezi obratníky se po vnějším obvodu ciferníku otáčejí čísla na čtyřiaadvacetníku. Číslice 24 značí začátek a konec dne podle staročeského (jinak též italského) času, který musí souhlasit s okamžikem západu Slunce. Proto se prstenec čtyřiaadvacetníku automaticky seřizuje kývavým otáčivým pohybem kolem středu ciferníku. Tento pohyb je na celém orloji nejpomalejší, běžně jej nelze přímo pozorovat. Ale díky němu ukazuje sluneční rafie správně kromě německých (dnes používaných) a planetních hodin zároveň i hodiny staročeské. Při ovládní ročního pohybu v aplikaci je pohyb čtyřiaadvacetníku zjevný. Lze také vyzkoušet, jak se tento pohyb mění v závislosti na zeměpisné šířce pozorovatele. V severních oblastech Země se musí prstenec kývat velmi výrazně, směrem k jihu se pohyb postupně minimalizuje.

Program se na dotykovém displeji ovládá jedním prstem, stejně jako na desktopu myší a levým tlačítkem. Funkce typu *multitouch* ani další tlačítka Orloj nevyužívá. Na interaktivní tabuli v učebně lze dosáhnout stejných efektů pomocí digitálního pera.

3.5 POUŽITÉ ALGORITMY

Tato sekce popisuje geometrické a astronomické výpočetní postupy, ze kterých vychází programový kód aplikace Orloj. Nejprve načrtneme základní strukturu kódu.

3.5.1 OBJEKTY V KÓDU PROGRAMU ORLOJ

Aplikace ve frameworku Kivy mají jednotnou strukturu. Celá aplikace je tvořena objektem `OrlojApp`, který v metodě `build()` vytvoří hlavní widget grafického rozhraní, `RootWidget`. Další widgety jsou organizovány hierarchicky jako potomci hlavního widgetu. Mohou být definované buď přímo v hlavním programu v Pythonu anebo pohodlněji v odděleném souboru s koncovkou `.kv` pomocí speciálního jazyka Kivy Language. Část potomků `RootWidget` je definována v samostatném souboru. Jsou to nápisy (`Label`) digitálních displejů, značky zvěrokruhu a jeden pomocný widget pro ladící účely (`debug_label`). Dalšími potomky základního widgetu jsou značky na čtyřiadvacetníku, ty jsou však definované v Pythonu, protože jsou generované dynamicky. Většinu astronomických a geometrických výpočtů provádí metoda `update_dials()` definovaná v hlavním widgetu. V ní je jsou také zapsané instrukce pro kreslení na `Canvas`, který přísluší k widgetu. `Canvas` v Kivy není přímo plocha, na kterou se kreslí, ale spíše soubor instrukcí, jak se má kreslit. To umožňuje dynamicky reagovat na jakékoli změny v okně aplikace. Tímto způsobem je realizováno kreslení všech čar tvořících ciferník.

Ve třídě `RootWidget` jsou také definovány metody reagující na události spojené s myší resp. s bodem dotyku prstu na displeji. Metoda `on_touch_down()` se volá při stisku, `on_touch_up()` při uvolnění a `on_touch_move()` při tažení stisknuté myši. Posledně jmenovaná metoda má za úkol podle pohybu myši a podle režimu interakce přepočítat údaje o datu resp. čase zobrazené na digitálních displejích a následně vyvolat překreslení ciferníku. Zároveň tato metoda zastavuje automatické měření času neboli samočinný pohyb orloje. Ten je realizován v objektu `OrlojApp` pomocí knihovní třídy `Clock`. Tato třída představuje konfigurovatelný časovač, který vždy v definovaných okamžicích volá určené metody. Ukázalo se však, že třída `Clock` nefunguje podle dokumentace v případech, kdy chceme časování zastavit. Problém se podařilo obejít pomocí booleovské globální proměnné `ticking`.

3.5.2 ASTROLÁB

Postup konstrukce základních prvků astrolábu v programu Orloj není založen na dnes známých matematických vlastnostech stereografické projekce, ale je převzat přímo z orlojní knihy ze 17. století *Sprawa o orlogi prasskem*. [Baudisch] Pro ilustraci uvádíme úryvek textu z tohoto návodu na výrobu vlastního astrolábu.

... A tu sobě znamenej punkt F, z něhož táhni linii do vrchního punktu D, kteráž ti lineam BC v punktu G secírovati bude. Do něhož a do centrum A vstav cirkel, udělej kolo, kteréž ti Circulum Æquinoctialem vyznamenávati, a též také Lineam Meridianam nahoře v punktu I a lineam AF v punktu H, secírovati bude. Vlož tehdy lineal na oba punkty H, I a táhni rovnau lineam a kde ti tu příční linii BC secírovati bude, znamenej sobě punktem K. Do něhož opět vstav jednu nohu cirkle a druhau do punktu A a udělej kolo, a to bude Tropicus Capricorni.

...

Označení pomocných konstrukčních bodů ve zdrojovém kódu aplikace odpovídá tomuto textu. Vyzkoušet si geometrickou konstrukci vlastníma rukama a vytvořit si astroláb z papíru je zajímavé cvičení a mohlo by být i součástí práce například v astronomickém kroužku. Stránky Českého spolku horologického k tomu nabízejí nákresy a vysvětlení použitých výrazů staročeských i latinských.

Konstrukce oblouků planetních hodin je v textu popsána jako nalezení jejich průsečíků s obratníky a s rovníkem. Každý oblouk je tedy zadán třemi body, kterými má procházet. Takovou konstrukci kružnice nepodporují standardní grafické knihovny, které vždy předpokládají zadání kružnice středem a poloměrem. Proto bylo třeba naprogramovat pomocnou funkci `arc()`, která ze tří zadaných bodů vypočítá střed kružnice, její poloměr a úhly vyznačující začátek a konec oblouku. Jedná se o kružnici opsanou trojúhelníku, takže její střed lze vypočítat jako průsečík os stran trojúhelníka. Výpočet vede na soustavu lineárních rovnic.

3.5.3 EKLIPTIKA

Kružnice ekliptiky se má na protějších stranách dotýkat kružnic obratníků. Její poloměr je proto aritmetickým průměrem poloměrů obou obratníků. Netriviální je určení polohy jejího středu, neboť závisí na aktuálním hvězdném čase (sidereal time). Algoritmus pro výpočet hvězdného času byl původně převzat z webových stránek Nebeská mechanika. [Sajri] Postup závisí na předchozím výpočtu juliánského data a ten byl převzat z knihovny `jduutil.py`. [Duffet] Současná verze aplikace je vzhledem k interakci s uživatelem zjednodušená – hodnota hvězdného času se určuje pouze přibližně, jelikož mechanický pohyb ciferníku je rovnoměrný. Přesné algoritmy tak posloužily pouze k určení vhodné konstanty ve zjednodušeném výpočtu.

3.5.4 ZEMĚPISNÉ SOUŘADNICE

Práci se souřadnicemi obstarává komponenta `gps` z knihovny `plyer`. Nejprve se zaregistruje funkce `on_location()`, která bude automaticky volána při každé změně souřadnic. Následně se spustí zjišťování polohy. Pokud na dané platformě není funkce lokace k dispozici, použije se defaultní hodnota souřadnic, která odpovídá poloze orloje na Staroměstském náměstí v Praze. Na začátku programového kódu je možné tyto souřadnice libovolně měnit, a pokud není přístupná funkce GPS (například na desktopovém počítači), zůstane ciferník stále vykreslený pro tyto souřadnice. Je však potřeba zadávat hodnoty v rozumném rozsahu, aby geometrické výpočty neztratily smysl – například nesmíme překročit severní polární kruh.

Zeměpisná šířka (severojižní směr) slouží k vykreslení podkladové desky ciferníku – kružnic obratníků, rovníku, planetních hodin a horizontu. Zeměpisnou délku zohledňujeme při výpočtu hvězdného času, čili natočení Země vzhledem ke hvězdám.

3.5.5 NATÁČENÍ ČTYŘIADVACETNÍKU

Čísla na čtyřiadvacetníku jsou kolem kruhu rozmístěna rovnoměrně po 15 úhlových stupních. Klíčový je však výpočet úhlu natočení prstence, který musí odpovídat západu Slunce pro daný den. Místo přesných algoritmů pro výpočet západu Slunce jsme použili jednodušší variantu založenou na geometrii astrolábu. Slunce se během dne pohybuje po kružnici, která ve dvou bodech protíná kružnici horizontu. Jeden bod odpovídá východu Slunce a druhý západu. Druhý z těchto průsečíků tedy určuje vektor polohy číslice 24 na čtyřiadvacetníku. Výpočet průsečíku vede na kvadratickou rovnici pro souřadnice. Úhel natočení prstence z nich dopočítáme goniometrickou funkcí `arkus sinus`.

3.6 POPIS SOUBORŮ APLIKACE ORLOJ

Digitální přílohou práce jsou soubory nutné ke spuštění aplikace Orloj na různých platformách. V této sekci uvádíme popis funkce jednotlivých souborů.

- `android.txt` je konfigurační soubor aplikace Kivy Launcher nezbytný ke spuštění aplikace na mobilních zařízeních se systémem Android. Tento textový soubor obsahuje název aplikace, jméno autora a orientaci aplikace na displeji mobilního zařízení.

- `icon.ico` je ikona aplikace pro zobrazení mezi ostatními projekty v programu Kivy Launcher.
- `icon.png` je stejná ikona ve formě bitmapového obrázku. Soubor ICO vznikl generováním z tohoto zdrojového souboru.
- `main.py` je hlavní program v jazyce Python 2.7. Obsahuje veškeré matematické, geometrické a astronomické výpočty, zároveň definuje interaktivní akce jako reakce na události generované uživatelem. Na začátku souboru jsou importované všechny potřebné knihovny a jejich jednotlivé části. Tento zdrojový soubor neobsahuje definice Kivy widgetů. Z důvodu stručnějšího a přehlednějšího zdrojového kódu jsou tyto v samostatném souboru ve speciálním jazyce Kivy, který s Pythonem spolupracuje.
- `orloj.kv` je textový soubor ve speciálním jazyce Kivy Language, který definuje jednotlivé widgety v okně aplikace, jejich základní nastavení a hierarchii vztahů mezi nimi. Kivy Language umožňuje přímo používat části kódu jazyka Python a jednoduše pomocí názvů zpřístupňuje pojmenované widgety pro hlavní zdrojový kód.
- `buildozer.spec` je textový konfigurační soubor skriptu Buildozer, který slouží k vytváření binárních APK souborů pro instalaci na Androidu
- `Schwabach.ttf` a `Symbola605.ttf` jsou True Type fonty použité k zobrazení číslic na čtyřadvacetníku a astrologických symbolů zvěrokruhu na ekliptice.
- `slash.png` je obrázek určený k zobrazení na obrazovce Androidu během spouštění aplikace.

3.7 BUDOUCÍ VÝVOJ APLIKACE

Aplikaci je možno oproti současné verzi dále rozvíjet. V úvahu přichází přidání značek pro hodiny německé a planetní, avšak hrozí přílišné zaplnění plochy symboly a ztráta přehlednosti, zejména na malých displejích mobilních telefonů. Německé hodiny jsou ostatně vidět na digitálním ukazateli v rohu obrazovky. Planetní hodiny jsou vyznačeny světle modrými oblouky a dají se docela snadno odečítat podle polohy Slunce.

Oproti skutečnému orloji v aplikaci chybí ukazatel Měsíce. Jeho přidání by aplikaci poněkud zkomplikovalo, protože Měsíc se po ekliptice pohybuje každý rok jinak. Určení jeho správné

polohy vyžaduje znalost *efemerid* (parametrů pohybu) pro daný rok. To znamená, že by přibyl další prvek pro komunikaci s uživatelem – zadání roku, a zároveň by přibyla nutnost stahovat aktuální tabulky efemerid z internetu. Současná verze aplikace připojení nevyžaduje. Na druhou stranu přidání Měsíce a jeho fází by umožnilo realizovat další zajímavé aktivity ve výuce.

Z hlediska uživatelského komfortu by dále bylo vhodné doplnit k programu také nápovědu a určité možnosti konfigurace. Například na různá zařízení a pro různé uživatele je vhodné volit jinou velikost fontu. Barevná schémata by mohla být k dispozici alespoň dvě – pro denní a noční zobrazení. V nastavení by také mohla být možnost zadat manuálně souřadnice pozorovatele a menu s výběrem světových měst, kam lze orloj virtuálně umístit.

Na některých mobilních zařízeních s menším výpočetním výkonem hlavního procesoru jsme při testování zaznamenali, že reakce na pohyby uživatele nejsou okamžité. Ciferník se pohybuje s jistým zpožděním v řádu až desetin sekundy, přičemž uživatel musí trpělivě držet prst na displeji nebo jím pohybovat pomaleji. Funkčnost aplikace není omezena, ale je to poněkud nepříjemné a určitě to stojí za budoucí zlepšení. Například statické části ciferníku by se nemusely při každém pohybu kompletně přepočítávat (překreslovat se ale musí), některé hodnoty by mohly být připravené v paměti.

Na ciferníku simulátoru nejsou vyznačené oblasti různých stupňů soumraku tak, jak je nalezneme na pražském orloji. Jde rovněž o zajímavou funkci – například je vidět doba kolem letního slunovratu, kdy astronomická noc vůbec nenastává. I to by bylo vhodné vylepšení do dalších verzí simulátoru.

4 VYUŽITÍ SIMULÁTORU VE VÝUCE

4.1 ASTRONOMIE VE VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH

Výuka na všech základních školách se řídí *Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání*. [RVP] Tento dokument vydávaný a aktualizovaný Ministerstvem školství mládeže a tělovýchovy obsahuje i témata z astronomie, k jejichž zvládnutí je aplikace Orloj vhodná. Citujme uvedený dokument:

VESMÍR

Očekávané výstupy

žák

F-9-7-01 objasní (kvalitativně) pomocí poznatků o gravitačních silách pohyb planet kolem Slunce a měsíců planet kolem planet

F-9-7-02 odliší hvězdu od planety na základě jejich vlastností

Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:

žák

F-9-7-01p objasní pohyb planety Země kolem Slunce a pohyb Měsíce kolem Země

F-9-7-02 odliší hvězdu od planety na základě jejich vlastností

- zná planety sluneční soustavy a jejich postavení vzhledem ke Slunci

- osvojí si základní vědomosti o Zemi jako vesmírném tělese a jejím postavení ve vesmíru

Učivo

- **sluneční soustava** – její hlavní složky; měsíční fáze
- **hvězdy** – jejich složení

Opakovaně na několika místech Rámcového vzdělávacího programu jsou zmiňována témata ročních období, kalendářního roku, svátků, hodin. Roční období, kalendářní rok a různé typy měření hodin jsou zřetelné na astronomickém ciferníku Staroměstského orloje a mohou být učitelem demonstrovány a žáky aktivně zkoumány s využitím aplikace Orloj. Možné okamžiky zatmění Slunce a Měsíce, rovněž součást Rámcového vzdělávacího programu, lze na simulátorech orloje pozorovat, pokud je přítomen ukazatel Měsíce. Zatmění Měsíce nastává, když je Země na přímce mezi Měsícem a Sluncem. Ve stejné době jsou také ukazatele Slunce a Měsíce naproti sobě na orloji, přičemž uprostřed ciferníku je poloha pozorovatele – planeta Země. Při zatmění Slunce je Měsíc na úsečce mezi Zemí a Sluncem, takže jej z pohledu Země opticky zakrývá. Ve stejné době jsou na Orloji ukazatele Slunce a Měsíce zarovnaný ve shodném směru od středu ciferníku, tedy od Země. Avšak ne při všech těchto příležitostech zatmění opravdu nastane, což je způsobeno odchylkami skutečných těles od zjednodušených trajektorií zobrazených na orloji a také průmětem

trojrozměrného prostoru do dvourozměrné plochy, čímž se přirozeně ztrácejí některé informace.

Na příkladu Země a jejího Měsíce lze také demonstrovat principy, kterými se řídí i ostatní planety při pohybu kolem Slunce a také měsíce planet, které jsou analogické našemu Měsíci.

Další kapitoly Rámcového vzdělávacího programu opět zmiňují vztahy mezi tělesy ve sluneční soustavě.

PŘÍRODNÍ OBRAZ ZEMĚ

Očekávané výstupy

žák

Z-9-2-01 zhodnotí postavení Země ve vesmíru a srovnává podstatné vlastnosti Země s ostatními tělesy sluneční soustavy

Z-9-2-02 prokáže na konkrétních příkladech tvar planety Země, zhodnotí důsledky pohybů Země na život lidí a organismů

Z-9-2-03 rozlišuje a porovnává složky a prvky přírodní sféry, jejich vzájemnou souvislost a podmíněnost, rozeznává, pojmenuje a klasifikuje tvary zemského povrchu

Z-9-2-04 porovná působení vnitřních a vnějších procesů v přírodní sféře a jejich vliv na přírodu a na lidskou společnost

Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:

žák

Z-9-2-02p objasní důsledky pohybů Země

Z-9-2-04p uvede příklady působení vnitřních a vnějších procesů v přírodní sféře a jejich vlivu na přírodu a na lidskou společnost

Z-9-2-04p uvede příklady působení přírodních vlivů na utváření zemského povrchu

Učivo

- **Země jako vesmírné těleso** – tvar, velikost a pohyby Země, střídání dne a noci, střídání ročních období, světový čas, časová pásma, pásmový čas, datová hranice, smluvený čas
- **krajinná sféra** – přírodní sféra, společenská a hospodářská sféra, složky a prvky přírodní sféry
- **systém přírodní sféry na planetární úrovni** – geografické pásy, geografická (šířková) pásma, výškové stupně
- **systém přírodní sféry na regionální úrovni** – přírodní oblasti

V oblasti Člověk a jeho svět:

Očekávané výstupy – 2. období

žák

ČJS-5-4-01 objevuje a zjišťuje propojenost prvků živé a neživé přírody, princip rovnováhy přírody a nachází souvislosti mezi konečným vzhledem přírody a činností člověka

ČJS-5-4-02 vysvětlí na základě elementárních poznatků o Zemi jako součásti vesmíru souvislost s rozdělením času a střídáním ročních období

ČJS-5-4-03 zkoumá základní společenstva ve vybraných lokalitách regionů, zdůvodní podstatné vzájemné vztahy mezi organismy a nachází shody a rozdíly v přizpůsobení organismů prostředí

ČJS-5-4-04 porovnává na základě pozorování základní projevy života na konkrétních organismech, prakticky třídí organismy do známých skupin, využívá k tomu i jednoduché klíče a atlasy

ČJS-5-4-05 zhodnotí některé konkrétní činnosti člověka v přírodě a rozlišuje aktivity, které mohou prostředí i zdraví člověka podporovat nebo poškozovat

ČJS-5-4-06 stručně charakterizuje specifické přírodní jevy a z nich vyplývající rizika vzniku mimořádných událostí; v modelové situaci prokáže schopnost se účinně chránit

ČJS-5-4-07 založí jednoduchý pokus, naplánuje a zdůvodní postup, vyhodnotí a vysvětlí výsledky pokusu

Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:

žák

ČJS-5-4-01p na jednotlivých příkladech poznává propojenost živé a neživé přírody

ČJS-5-4-02p popíše střídání ročních období

ČJS-5-4-03p zkoumá základní společenstva vyskytující se v nejbližším okolí a pozoruje přizpůsobení organismů prostředí

ČJS-5-4-05p zvládá péči o pokojové rostliny a zná způsob péče o drobná domácí zvířata

ČJS-5-4-05p chová se podle zásad ochrany přírody a životního prostředí

ČJS-5-4-05p popisuje vliv činnosti lidí na přírodu a jmenuje některé činnosti, které přírodnímu prostředí pomáhají a které ho poškozují

ČJS-5-4-06p reaguje vhodným způsobem na pokyny dospělých při mimořádných událostech

ČJS-5-4-07p provádí jednoduché pokusy se známými látkami

Učivo

- **látky a jejich vlastnosti** – třídění látek, změny látek a skupenství, vlastnosti, porovnávání látek a měření veličin s praktickým užíváním základních jednotek
- **voda a vzduch** – výskyt, vlastnosti a formy vody, oběh vody v přírodě, vlastnosti, složení, proudění vzduchu, význam pro život
- **nerosty a horniny, půda** – některé hospodářsky významné horniny a nerosty, zvětrávání, vznik půdy a její význam
- **vesmír a Země** – sluneční soustava, den a noc, roční období
- **rostliny, houby, živočichové** – znaky života, životní potřeby a projevy, průběh a způsob života, výživa, stavba těla u některých nejznámějších druhů, význam v přírodě a pro člověka
- **životní podmínky** – rozmanitost podmínek života na Zemi; význam ovzduší, vodstva, půd, rostlinstva a živočišstva na Zemi; podnebí a počasí
- **rovnováha v přírodě** – význam, vzájemné vztahy mezi organismy, základní společenstva
- **ohleduplné chování k přírodě a ochrana přírody** – odpovědnost lidí, ochrana a tvorba životního prostředí, ochrana rostlin a živočichů, likvidace odpadů, živelní pohromy a ekologické katastrofy
- **rizika v přírodě** – rizika spojená s ročními obdobími a sezonními činnostmi; mimořádné události způsobené přírodními vlivy a ochrana před nimi

Ze všech citovaných pasáží je zřejmé, že téma Země jako planety ve vesmíru se prolíná mnoha oblastmi základního vzdělávání. Zároveň je Staroměstský orloj vhodným tématem do povídání o vlasti, o hlavním městě, o složité a bohaté historii Prahy a Staroměstského náměstí od středověku do současnosti. Téma je vhodné pro návštěvu centra Prahy.

4.2 APLIKACE ORLOJ JAKO ASTROLÁB

Máme-li „v ruce“ simulátor astrolábu orloje, můžeme jej používat tak, jak se ve středověku používal astroláb – jako praktickou pomůcku k astronomickým a astrologickým výpočtům. Uvedme konkrétně některé z nich.

4.2.1 VÝCHODY A ZÁPADY

Kružnice horizontu umožňuje určovat časy východů a západů Slunce. Myší, prstem či elektronickým perem na interaktivní tabuli uchopíme ukazatel Slunce. Jeho tažením okolo středu ciferníku otočíme sluneční rafii tak, aby se Slunce nacházelo buď na východním horizontu (na ciferníku vlevo) anebo na západním horizontu. Uprostřed kola Slunce se v tu chvíli protínají v jednom bodě čáry horizontu, ekliptiky a sluneční rafie. Digitální displej vpravo nahoře ukazuje, v jakém okamžiku místního slunečního času dojde ke zvolenému úkazu. Žák může tímto postupem například určit, v kolik hodin zapadá Slunce v den jeho narozenin. Přitom může vzniknout diskuse také o konceptu a smyslu letního času, protože ten orloj nezohledňuje a výsledky se tudíž budou lišit oproti občanským hodinám.

4.2.2 DÉLKA DNE

Umíme-li určit okamžiky východu a západu Slunce, můžeme intervaly mezi nimi označit jako den a noc. (Pražský orloj nabízí i jemnější dělení noci na různé stupně soumraku, náš simulátor ne.) Na ciferníku je dobře vidět, že i když se obloha otáčí stálou úhlovou rychlostí, je délka dne během roku proměnlivá. Je zajímavé promluvit si se žáky o tom, že dříve byly takto proměnlivé i hodiny, kterých bylo během dne jednoduše vždycky 12. Někdy se určovalo 12 nočních hodin. Číslo 12 mělo velký astrologický význam už od starověku.

4.2.3 STAROČESKÝ ČAS

Na čtyřadvacetníku ukazuje velká sluneční rafie staročeské (italské) rovnoměrné hodiny, které se počítají od západu Slunce. Západ je tedy chápán jako začátek i konec dne, podobně jako v dnešním pojetí půlnoc. V této souvislosti je zajímavé, že některé české svátky jako Mikuláš a Vánoce se u nás slaví už v předvečer svátečního dne, jako by právě západ Slunce byl oním začátkem. Rovněž anglosaský Halloween se slaví v předvečer křesťanského svátku Všech svatých.

4.2.4 SLUNOVRATY A ROVNODENNOSTI

Rovnodennost nastává, když je Slunce nad zemským rovníkem, takže na astrolábu opisuje kružnici rovníku. Klikneme-li do okna aplikace mimo ukazatel Slunce, můžeme měnit datum

a natočit oblohu tak, aby ukazatel Slunce byl na této kružnici. Displej data vlevo nahoře pak ukáže přibližné datum příslušné rovnodennosti. Zdůrazňujeme však, že pouze přibližně, protože celý astroláb má omezenou přesnost. Analogickým způsobem lze přibližně stanovit datum letního resp. zimního slunovratu, když Slunce umístíme na obratník raka (vnitřní kružnice) resp. kozoroha (vnější).

4.2.5 PŘEVODY ČASU MEZI RŮZNÝMI SYSTÉMY

Je-li na ciferníku orloje nastaven určitý časový okamžik, ukazuje velká sluneční rafie zároveň tři různé časy.

- Německý čas, na orloji vyznačen římskými číslicemi, používá rovnoměrné hodiny. Je jich 12 od půlnoci do poledne a dalších 12 od poledne do půlnoci.
- Nerovnoměrné planetní hodiny, je jich 12 od východu Slunce do západu. Na orloji jsou vyznačené kruhovými oblouky mezi obratníky a běžnými arabskými číslicemi. V noci se obvykle neměří, ačkoli i to je v principu možné.
- Staročeský (též italský) čas používá rovnoměrné hodiny číslované od 1 do 24. Počátek resp. konec dne je vždy při západu Slunce. Hodnoty psané zvláštní verzí švabachu odečítáme na čtyřadvacetníku.

Na simulátoru je odečítání německého času možné na digitálním displeji v rohu okna aplikace. Staročeský čas ukazuje čtyřadvacetník. Odečítání planetních hodin je mírně komplikovanější tím, že schází jejich číslování. Nicméně je jasné, že meridián odpovídá číslici 6, takže pohledem snadno dopočítáme číslo hodiny buď v pravé, nebo levé části ciferníku.

Umíme-li odečítat jednotlivé časové údaje pomocí sluneční rafie, můžeme také mezi nimi snadno převádět prostým pohledem na souběžné stupnice.

4.2.6 HVĚZDNÝ ČAS

Hvězdný čas ukazuje na orloji zlatá hvězdička, v simulátoru zelený kroužek. Hodnoty odečítáme na stupnici německých hodin, takže půlnoc i poledne mají hodnotu 12. Je zajímavé uvědomit si, jaký je rozdíl mezi slunečním a hvězdným časem. Zatímco běžný život je řízen naší nejbližší hvězdou, hvězdný čas popisuje natočení Země vůči hvězdám velmi vzdáleným. Když uběhne přesně jeden den hvězdného času (Země se jednou otočí kolem své osy), není Slunce na stejné pozici na obloze, protože Země se mezitím posunula na své

oběžné dráze. Rozdíl činí za jeden den přibližně 4 minuty. Za rok to odpovídá právě jedné otáčce. Simulátor umožňuje převádět údaje mezi slunečním a hvězdným časem pro dané datum.

4.3 NÁMĚTY

V následujících sekcích uvádíme neuspořádaně náměty, jak by mohlo probíhat využití aplikace přímo ve výuce astronomie.

4.3.1 VE ŠKOLNÍ TŘÍDĚ

Učitel se žáků zeptá, zda znají Staroměstský orloj a co o něm vědí. Například zda na něm umí zjistit, kolik je právě hodin. Nejčastěji zjistí, že děti orloj znají, ale nevyznají se v něm (vlastní zkušenost autora). Pak promítne na tabuli fotografii astronomického ciferníku a vyzve žáky, aby popsali, co na něm asi je. S pohledem na skutečný ciferník možná budou úspěšnější a budou přemýšlet, která z ručiček asi ukazuje čas. Učitel pak může popsat rozdělení plochy ciferníku a vysvětlit různé ukazatele času. Může zmínit, že začátek nového dne při západu Slunce souvisí v našich krajích s tradiční oslavou Vánoc a svatého Mikuláše v předvečer těchto svátků. Pak je vhodná chvíle na experimenty. Učitel spustí na interaktivní tabuli aplikaci Orloj a vyzve žáky, kteří mají k dispozici zařízení s Androidem, aby si jej také nainstalovali a spustili. Teď už se na ploše přibližně orientují a mohou začít zkoušet, s čím se v programu dá hýbat. Jeden ze žáků to provádí na tabuli. Nyní se projeví interaktivnost aplikace a žáci by měli bez pomoci učitele zjistit, co a jak se na orloji pohybuje a jak to souvisí s časem, se střídáním dne a noci a ročních období. Zvolený způsob interakce mezi uživatelem a programem v principu neumožňuje zadat údaje špatně, proto je vhodný pro žáky jakéhokoli věku a schopností. Je čistě vizuální, čísel si nemusíme nutně všimnout, což může být vhodné pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami.

4.3.2 PŘI NÁVŠTĚVĚ ORLOJE

Turista, skupina turistů či školní třída na výletě si prohlídí orloj a zrovna není celá hodina, takže se na něm viditelně nic nehýbe. Průvodce může nabídnout majitelům zařízení s Androidem aplikaci Orloj, která jim pomůže s pochopením dějů na astronomickém ciferníku. Na displeji není tak krásný jako ve skutečnosti, ale zato se na něj dá sahat, pohybovat jím, měnit datum, vizualizovat roční a denní pohyby na ciferníku. Lze přímo sledovat pohyby čtyřadvacetníku, který jinak vypadá jako statická součást ciferníku.

4.3.3 V ASTRONOMICKÉM KROUŽKU

Vedoucí kroužku učí žáky používat otáčivou mapu hvězdné oblohy. Ukáže jim fotografie středověkých astrolábů a vysvětlí, že jejich základní funkce je velmi podobná. Pak ukáže Staroměstský orloj a upozorní, že jde opět o modifikovaný astroláb. Může vysvětlit různé systémy měření času. Má-li k dispozici interaktivní tabuli, spustí na ní aplikaci Orloj a vyzve žáky vybavené tablety či chytrými telefony, aby si ji také spustili. Nyní mohou experimentovat s otáčením virtuálního orloje, které odpovídá rotaci Země kolem osy, a s ročním pohybem Slunce po ekliptice. Aplikace tak doplňuje výklad a použití jiných pomůcek. Je-li dostatek času, mohou se účastníci ještě pustit do výroby vlastního astrolábu z papíru pomocí popisu z orlojní knihy. [Baudisch]

ZÁVĚR

Podařilo se implementovat aplikaci Orloj pro různé platformy PC i mobilních zařízení, která přehledně zobrazuje základní prvky ciferníku Staroměstského orloje. V práci uvádíme možná využití této aplikace ve školách různých stupňů, v zájmových kroužcích, ba dokonce v cestovním ruchu. Vývoj aplikace by se však neměl zastavit, proto uvádíme také řadu námětů na budoucí zlepšení. Až bude aplikace dostatečně vypsělá, bylo by možné ji nabízet i v oficiálním obchodě Google Play, který je standardním úložištěm aplikací pro Android. Zároveň jsme zhodnotili použití programových nástrojů k tvorbě podobné aplikace a konstatovali jsme, že ještě nejsou spolehlivě funkční zejména, co se týče tvorby binárních balíčků. Samotný programovací jazyk Python a jeho knihovny se však v tomto úkolu osvědčily.

RESUMÉ

This bachelor thesis offers an implementation of an interactive multiplatform application named Orloj. It displays the famous Prague astronomical clock and allows users to easily manipulate the state of the clock to see daily and yearly motions of the Sun and stars with respect to an observer on Earth. The application has been successfully tested on desktop platforms Windows and Linux and also on mobile devices with Android operating system. The user interface is designed in the easiest way to allow children work with it and learn. We have shown that Python programming language is suitable for such a task even though some issues occurred when creating binary distribution packages.

SEZNAM LITERATURY

SCHILDT, Herbert. Mistrovství – Java. Brno: Computer Press, 2014. 1. vyd. 1224 s. Mistrovství. ISBN 978-80-251-4145-8.

MORRISON, James E.. The astrolabe. Rehoboth Beach, DE:Janus, 2007. ISBN 9780939320301.

PILGRIM, Mark. Ponořme se do Python(u) 3: Dive into Python 3. Praha: CZ.NIC, 2010. 430 s. CZ.NIC ISBN 978-80-904248-2-1.

PHILLIPS, Dusty. Creating apps in Kivy. Xi, 124 pages. ISBN 1491946679.

KŘÍŽEK, Michal Prof. RNDr. Dr.Sc. Jaká matematika se ukrývá v pražském orloji? Týden vědy a techniky 2015; Dostupné z: <http://www.tydenvedy.cz/festival/festival-online/vidoa/141103-jaka-matematika-se-ukryva-v-prazskem-orloji.html>

TEIGE, Josef. Staroměstský rynek v Praze, 1908, Cit: 29.6.2017 Dostupné z: <http://kramerius.mlp.cz/kramerius/MShowMonograph.do?id=843>

WYMAR, Richard. The Astrolabe in Theory and Practice Version 4, 2011, Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: [http://Fastrolabeproject.com/downloads/Astrolabe in Theory and Practice Version 4.pdf](http://Fastrolabeproject.com/downloads/Astrolabe_in_Theory_and_Practice_Version_4.pdf)

KŘÍŽEK, Michal, Jakub ŠOLC a Alena ŠOLCOVÁ. Pražský orloj a stereografická projekce. *Matematika, fyzika, informatika : časopis pro výuku na základních a středních školách*. Praha: Prometheus, 2008, 17(3), 129-139. ISSN 1210-1761.

BAUDISCH, Pavel. Astrolabium parvum aneb malý astroláb z orlojní knihy, Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: http://www.orloj.eu/cs/astrolabium_parvum.htm

SAJRI. Nebeská mechanika, 2001, Cit: 29. 6 2017 Dostupné z: <http://nebmech.astronomy.cz/POJMY/pojmy.htm#hvezcas>

DUFFET-SMITH, ZWART. Algorithm from 'Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet', 4th ed., 2011. Cit: 29. 6. 2017 Dostupné z: <https://gist.github.com/jiffyclub/1294443>

KRÁL, Petr, Stanislav MARUŠÁK, Kompletní simulátor pražského orloje [online] ©2018 [cit. 2018-06-28]. Dostupné z: <http://orloj.eu/cs/simulator2018.htm>

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. 126 s. [cit. 2018-06-29]. Dostupné z: http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 - Astroláb vyrobený kolem roku 1400 v Paříži. Foto: Sage Ross, Wikimedia Commons | 4 |
| Obrázek 2 - Stereografická projekce ze severního pólu do roviny rovníku | 4 |
| Obrázek 3 - Fotografie astronomického ciferníku orloje a pohyblivých soch. Foto: Ele, Wikimedia Commons | 5 |
| Obrázek 4 - Kompletní simulátor Pražského orloje na stránkách Českého spolku horologického | 9 |
| Obrázek 5 - Neinteraktivní simulátor orloje pro Android od MadrSoft..... | 10 |
| Obrázek 6 - Kritická chyba knihovny Kivy po spuštění binárního balíčku s aplikací | 15 |
| Obrázek 7 - Rozložení objektů v okně aplikace Orloj..... | 17 |
| Obrázek 8 - Ciferník orloje generovaný pro východ slunce ve stejný den ve třech různých městech. Zleva: Stockholm, Praha, Káhira. Rozdíly dané zeměpisnou šířkou jsou patrné na kružnici horizontu a obloucích planetních hodin. | 18 |
| Obrázek 9 - Astronomické poledne ve stejný den v Plzni (vlevo) a v Brně nastává v jiném okamžiku..... | 20 |