

FRANTIŠEK ŽIVNÝ, OLDŘICH LEPIL

PRAKTICKÁ CVIČENÍ Z FYZIKY

GYMNASIUM
Brno - Kral. Třeš. Obvodské nám. 7

STÁTNÍ PEDAGOGICKÉ NAKLADATELSTVÍ
PRAHA

Edice Pomocné knihy pro žáky — II. cyklu

František Živný a RNDr. Oldřich Lepil, CSc.

PRAKTICKÁ CVIČENÍ Z FYZIKY

Obálku navrhl Petr Míšek

Vydání 7. — Praha 1977 — Počet stran 304

Odpovědná redaktorka: Božena Horáková

Výtvarná redaktorka: Milada Slaninová

Technická redaktorka: Marcela Plšková

Vytiskl ošetem TISK, knižní výroba, n. p., Brno, závod 1

AA 16,57 (13,88 AA textu; 2,69 AA grafiky) — VA 17,63

Náklad 15 000 výtisků

Tematická skupina a podskupina 03/5

Cena vázaného výtisku Kčs 17,00

101/23,851

Vydalo Státní pedagogické nakladatelství, n. p., v Praze jako svou publikaci
č. 75-17-41

1160

14-422-77 Kčs 17,00

2. Z grafu určete pro libovolný úhel příslušný čas a proveďte kontrolní měření.

3.3. ASTRONOMICKÁ POZOROVÁNÍ

Rozvoj astronomie a astronautiky klade stále rostoucí nároky na astronomické znalosti každého člověka. Nejlepší cestou, jak si prohloubit znalosti o vesmíru a kosmických tělesech, jsou praktická pozorování. Získáme tak správnou představu o stavbě vesmíru, pohybu kosmických těles i o jejich fyzikálních vlastnostech.

Astronomická pozorování můžeme v podstatě rozdělit na pozorování *astrometrická* a *astrofyzikální*. Při astrometrických pozorováních sledujeme pohyby kosmických těles na obloze a studujeme vztah mezi Zemí a nebeskou sférou. Astrofyzikální pozorování jsou zaměřena hlavně na fyzikální vlastnosti kosmických těles.

Podle délky pozorování jsou některá pozorování jednorázová a ukončíme je během krátké doby jednoho dne (např. úlohy 3,32 až 3,34), většina astronomických pozorování však má ráz dlouhodobého shromažďování údajů a jejich hodnota spočívá právě ve zpracování materiálu získaného pozorováním (např. úlohy 3,37, 3,310).

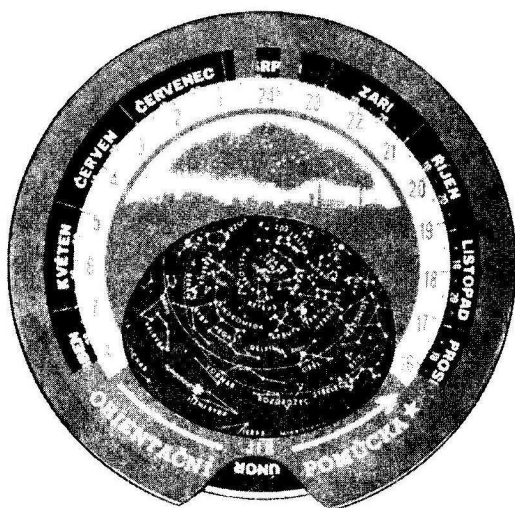
Vědecká astronomická pracoviště jsou vybavena nákladnými a složitými přístroji. Avšak i prostými prostředky, třeba vlastnoručně vyrobenými přístroji, můžeme mnohé poznat. Nebudeme si proto hned klást za cíl shromažďování vědeckého materiálu, ale v úlohách, s nimiž se dále seznámíme, zůstane hlavním cílem hlubší poznání vesmíru, který nás obklopuje.

3.31. POZOROVÁNÍ NOČNÍ OBLOHY PROSTÝM OKEM

Potřeby: Mapka hvězdné oblohy.

Základním předpokladem pro astronomická pozorování je znalost nejvýznamnějších souhvězdí a jejich rozložení na noční obloze. Poněvadž se vzhled noční oblohy mění s roční dobou, provedeme první seznámení se souhvězdími v období pozorování pomocí mapky hvězdné oblohy.

Mapka hvězdné oblohy obvykle obsahuje jen jasnější hvězdy viditelné prostým okem v určité zeměpisné šířce. K lepší orientaci na obloze nám slouží souhvězdí vzniklá historicky a vymezená dnes přesně mezinárodní dohodou. Mapka má tvar kruhu, na jehož obvodu jsou vyznačeny rektascenze hvězd. Uprostřed mapky je *světový pól*. V mapce je rovněž zakreslen *světový rovník* a *eklíptika* protínající světový rovník v *jarním bodě* (γ) a v *podzimním bodě* (ω). Na přímce procházející jarním bodem, světovým pólem a podzimním bodem jsou vyznačeny deklinace hvězd.



144. Otáčivá mapka hvězdné oblohy

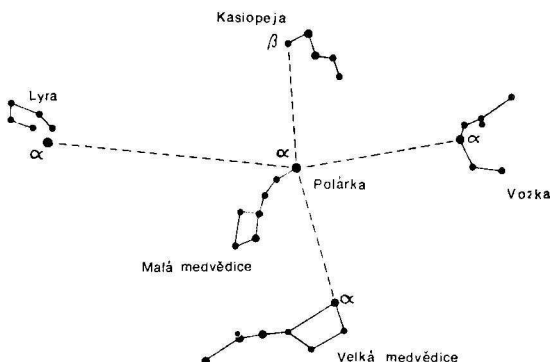
Na obloze však nevidíme všechna souhvězdí zakreslená na mapce, poněvadž část je jich vždy zakryta obzorem. Proto používáme pro usnadnění orientace mapek otáčivých (obr. 144), na nichž je viditelná část oblohy vymezena oválným výřezem v nepohyblivé horní části mapky. Tvar křivky omezující výřez je dán průmětem matematického horizontu v dané zeměpisné šířce na nebeskou sféru.

Postup: Na obvodu otáčivého kotouče nesoucího mapku hvězdné oblohy jsou naznačeny jednotlivé měsíce (případně i dny). Na pevném kotouči jsou vyznačeny hodiny pozorování a světové strany. Před pozorováním nastavíme proti sobě datum a dobu pozorování. Tím máme mapku připravenou k orientaci na obloze.

Mapku uchopíme tak, aby její jižní okraj byl dole, a otočíme se čelem k jihu. Přímka, která nám spojuje na mapce severní a jižní bod, odpovídá na nebeské sféře místnímu poledníku. Uprostřed spojnice mezi severním a jižním bodem leží zenit. Na této úsečce se nalézá rovněž světový pól a hvězdy, ležící na přímce jižně od světového pólu, právě kulminují.

Při orientaci si musíme uvědomit, že situace na mapce je taková, jako bychom drželi mapku nad hlavou.

Předtím, než vyhledáme jednotlivá souhvězdí přímo na obloze, určíme nejprve pomocí mapky, která souhvězdí a v kterém směru budeme vyhledávat a seznámíme se s jejich tvarem. Vlastní orientaci mezi hvězdami začínáme vyhledáním souhvězdí *Velké medvědice* (část tohoto souhvězdí se lidově nazývá *Velký vůz*). Jeho tvar si dobře vštípíme do paměti. Vzhled tohoto souhvězdí určuje sedm nejjasnějších hvězd, které jsou označeny řeckými písmeny nebo jmény arabského původu (α — *Dubhe*, β — *Merak*, γ — *Phekda*, δ — *Megrez*, ε — *Alioth*, τ — *Mizar*, η — *Benetnaš*).



145. K orientaci na obloze

V orientaci pokračujeme vyhledáním *Polárky* (hvězda α souhvězdí *Malé medvědice*). Prodloužíme-li asi pětkrát spojnicí hvězd α a β *Velké medvědice*, najdeme *Polárku*, která je v blízkosti světového pólu (obr. 145). Vyhledáme další hvězdy souhvězdí *Malé medvědice*. V prodloužení spojnic α *Velké medvědice* — *Polárka* vyhledáme souhvězdí *Kasiopeja* a *Cefeus*.

Souhvězdím *Kasiopeja* prochází *Mléčná dráha*, pomocí níž vyhledáme další souhvězdí. Na jedné straně souhvězdí *Persea* s jasnou hvězdou *Algol* a na druhé straně souhvězdí *Labuť* s hvězdou *Deneb*. Tím jsme se seznámili s nejvýraznějšími objekty na cirkumpolární části oblohy.

Dalšími orientačními body hvězdné oblohy jsou velmi jasné hvězdy *Vega* v souhvězdí *Lyry* a *Capella* v souhvězdí *Vozky*, které najdeme ve

směrech přibližně kolmých na spojnici souhvězdí Velké medvědice, Malé medvědice a Kasiopeje. Tím jsme se seznámili se základními orientačními objekty na obloze a ostatní souhvězdí vyhledáme pomocí mapky.

V pozorování pokračujeme vyhledáním souhvězdí, která se rozprostírají nad jižním obzorem. Nejprve vyhledáme souhvězdí výrazná, s jasnými hvězdami, a když získáme určitý přehled, vymezení si na obloze polohu ekliptiky a vyhledáme jednotlivá zvířetníková souhvězdí.

Znalost souhvězdí, především cirkumpolárních, je dobrou pomůckou pro orientaci v terénu. Můžeme se orientovat nejen pomocí Polárky, ukazující směr severní, ale i pomocí kulminujících hvězd. Na otáčivé mapce vyhledáme několik výrazných souhvězdí, která v jednotlivých ročních obdobích kulminují přibližně o půlnoci, a pomocí nich vyhledáme v terénu zhruba jižní směr. V podzimním období je vhodným souhvězdím například rozlehlé souhvězdí *Pegasa*, v zimním *Orion*, na jaře *Lev* a v létě souhvězdí *Labuť* a *Lry*.

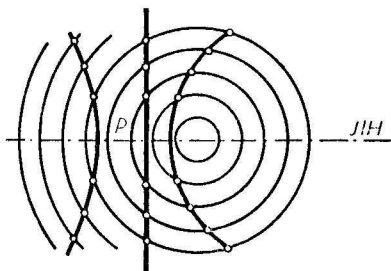
3.32. URČENÍ POLEDNÍ PŘÍMKY A ORIENTACE PODLE SLUNCE

Potřeby: Tyč, olovnice, provázek, kolík, hodinky.

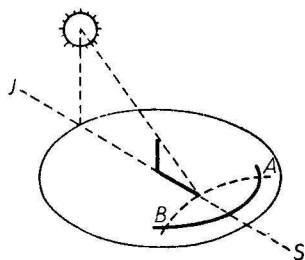
Jedním ze základních úkolů praktické astronomie je stanovení hlavních směrů pro orientaci v přírodě. Především je to určení směru severojižního. Jde v podstatě o vytyčení místního poledníku v daném pozorovacím místě. Velmi jednoduše lze najít směr severojižní pomocí kulminace některého kosmického tělesa — ve dne například pomocí Slunce. Bod na obzoru, nad nímž je Slunce v pravé poledne, v okamžiku, kdy vrcholí na svém denním oblouku, je jižní bod a jeho spojnici s pozorovacím místem nazýváme polední přímka. Polední přímka určuje severojižní směr a je totožná se směrem místního poledníku. V pravé poledne jsou stíny všech předmětů, ohraničených svislými přímkami, rovnoběžné s polední přímkou.

Tohoto poznatku využívali k určení polední přímky již starověcí astronomové, kteří sledovali směr stínu vrženého svislou tyčí — *gnómonem*. Na vodorovné rovině kolem gnómonu narýsovali soustavu soustředných kružnic (tzv. *indických kruhů*) a určovali body, v nichž stín vrcholu tyče jednotlivé kružnice proťal. Poněvadž sluneční paprsky vedené vrcholem tyče opisují během pohybu Slunce po denním oblouku plášť kužele, vy-

tvoří stín vrcholu tyče na vodorovné rovině kuželosečku (teoreticky hyperbolu). Tvar křivky je závislý na roční době. Na obr. 146 jsou naznačeny krajní případy tvaru křivky ve dnech slunovratu a uprostřed je přímka, po níž se stín vrcholu gnómonu teoreticky pohybuje v den jarní nebo pod-



146. Pohyb stínu vrcholu gnómonu



147. Určení polední přímky

zimní rovnodennosti. Tato přímka je vlastně obrazem světového rovníku, po němž se Slunce v tyto dny pohybuje. Polední přímka je proložena půlčímí body spojnic průsečíků stínů vrcholu gnómonu a kružnic stejného poloměru.

Postup: Popsanou metodou určíme směr polední přímky na zvoleném pozorovacím místě. Jako gnómonu použijeme tyče zapíchnuté na rovné ploše a vyrovnané do svislé polohy pomocí olovnice. K patě tyče přivážeme provázek takové délky, abychom mohli kolíkem přivázaným k opačnému konci rýsovat v rovině gnómonu kružnice potřebného poloměru.

Vlastní pozorování začínáme asi 2 hodiny před polednem. Ve zvolený okamžik navineme provázek na kolík tak, aby délka provázku byla rovna délce stínu vrženého svislou tyčí a kolíkem narýsujeme část kružnice (obr. 147). Průsečík stínu s kružnicí označíme. Totéž opakujeme po 20 až 30 minutách. Po poledni (když se stín gnómonu začíná opět prodlužovat), zjišťujeme okamžiky, kdy stín vrcholu tyče opět protne jednotlivé kružnice. Průsečíky znovu označíme.

Pozorování ukončíme vyhledáním polední přímky. Rozpůlíme spojnice bodů na téže kružnici a půlčímí body proložíme polední přímku.

Při pozorování určíme přibližně okamžik kulminace Slunce — pravé poledne — a porovnáme s hodinkami ukazujícími středoevropský čas. Rozdíl vysvětlíme.

Popsanou metodou lze určit směr místního poledníku jen přibližně, poněvadž Slunce mění neustále svoji deklinaci, a proto se nepohybuje po obloucích rovnoběžných se světovým rovníkem (po nichž se pohybují hvězdy), ale po obloucích podobných balistickým křivkám. Slunce pak nevrcholí přesně v poledníku, ale většinou mimo něj. Tento rozdíl je největší ve dnech rovnodennosti, kdy je rozdíl mezi kulminací a průcho-dem Slunce poledníkem 4 min 30 s. Nejmenší rozdíl je v době slunovratu. Tento rozdíl je však vždy menší než přesnost uvedené metody určení polední přímkou.

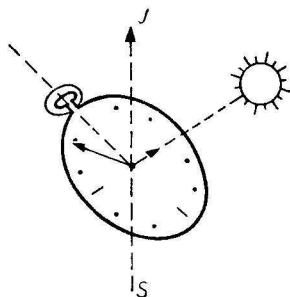
Rychlé vyhledání polední přímkou při orientaci v terénu provádíme pomocí hodinek. Poněvadž malá ručka hodinek se pohybuje s dvojnásobnou úhlovou rychlostí, než je průměrná úhlová rychlost pohybu Slunce (za 24 hodiny vykoná malá ručka hodinek dva oběhy), svírá směr ke Slunci s polední přímkou vždy poloviční úhel, než je úhel mezi číslem 12 na ciferníku a malou ručkou hodinek.

Na základě tohoto poznatku vyhledáme pomocí hodinek severojižní směr takto: uchopíme hodinky tak, aby malá ručka směřovala k tomu bodu na obzoru, nad nímž je právě Slunce, rozpůlíme úhel mezi číslem 12 a malou ručkou a poloviční úhel nám určuje přibližně severojižní směr (obr. 148).

3.33. URČENÍ ZEMĚPISNÉ ŠÍŘKY POZOROVACÍHO MÍSTA

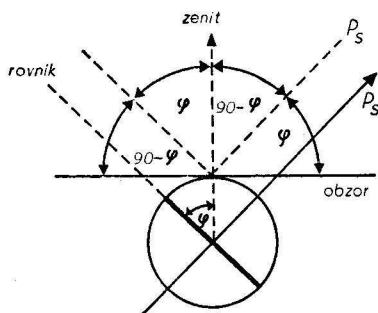
Potřeby: Přístroj pro měření svislých úhlů.

Zeměpisná šířka je jedním ze základních údajů pro každé pozorovací místo a její určování patří k nejvýznamnějším úkolům astronomie. Astronomickými metodami se měří zeměpisné šířky základních trigonometrických bodů pro přesné mapování zemského povrchu, určuje se poloha lodí na moři nebo letadel nad vrstvou mraků. Astronomických metod měření zeměpisné šířky je celá řada. Jednou z nejjednodušších je metoda založená na souvislosti zeměpisné šířky s polohou světového pólu na obloze. Zeměpisná šířka daného místa na povrchu Země je rovna výšce světového pólu nad obzorem (obr. 149).



148. Orientace pomocí hodinek

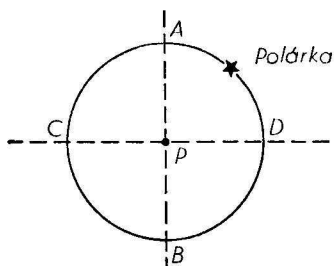
Nedostatkem této metody je, že světový pól nevidíme na obloze přímo. Proto užíváme této metody jen pro přibližná měření, při nichž měříme výšku hvězdy, která je v blízkosti světového pólu — Polárky. Vzdálenost Polárky od světového pólu je 57'. Těto hodnoty dosahuje chyba v určení



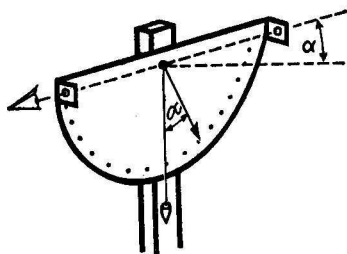
149. Souvislost zeměpisné šířky s polohou světového pólu

zeměpisné šířky tehdy, prochází-li Polárka v okamžiku měření místním poledníkem (obr. 150, body *A* a *B*). Výška Polárky nad obzorem je právě rovna zeměpisné šířce tehdy, je-li nejvýchodněji nebo nejzápadněji od světového pólu (body *C* a *D*), čili při tzv. *digresi*, tzn. když se pohybuje kolmo k obzoru.

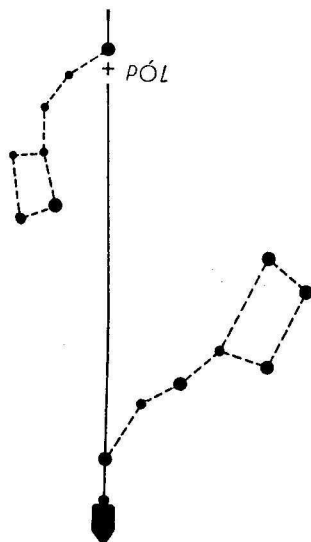
Kulminaci i digresi Polárky můžeme odhadnout podle polohy celého souhvězdí Malé medvědice a okolních souhvězdí vzhledem k obzoru. Míří-li myšlená spojnice Polárky a hvězdy Benetnaš v souhvězdí Velké medvědice (obr. 151) kolmo k obzoru, je Polárka skoro přesně v horní kulminaci. Tato situace nastává ve večerních hodinách koncem prosince a začátkem ledna.



150. Poloha Polárky a světového pólu



152. Přístroj na měření svislých úhlů



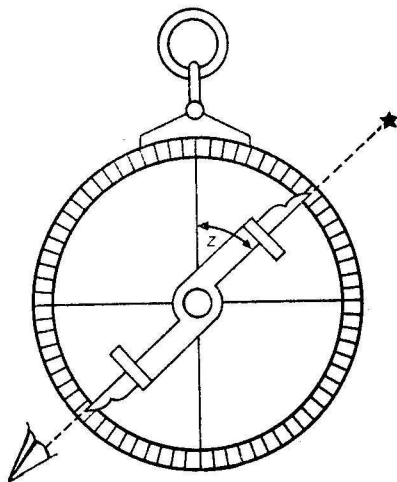
151. Určení kulminace Polárky

Dolní kulminace Polárky nastává přibližně v době, kdy spojnice Polárky s hvězdou ϵ v souhvězdí Kasiopeje míří kolmo k obzoru. Ve večerních hodinách můžeme pozorovat dolní kulminaci koncem června a začátkem července. V digresi je Polárka tehdy, jsou-li uvedené spojnice s okolními hvězdami vodorovné. Východní digrese nastává ve večerních hodinách v září a západní digrese v březnu.

Postup: Přibližné určení zeměpisné šířky provedeme jednoduchým přístrojem pro měření svislých úhlů, který si sami zhotovíme. Konstrukce přístroje je patrná z obr. 152. K úhloměru větších rozměrů přišroubujeme dřevěnou lištu, na niž připevníme průhledítka z hliníkového plechu. Otvory průhledítek musí ležet na přímce rovnoběžné se základní přímkou úhloměru. Do středu základní přímky připevníme konec olovničky zhotovené z tenkého vlákna. Přístroj můžeme upravit k upevnění na fotografický stativ.

Při měření natočíme průhledítka tak, abychom viděli v průzoru Polárku. Změříme úhel, který vymezi vlákno olovnice na stupnici úhloměru, a měření několikrát opakujeme.

Konstrukce našeho jednoduchého přístroje je odvozena od tzv. *astrolábu*, který byl již starověkými hvězdáři používán k měření svislých úhlů (obr. 153). Astroláb byl tvořen kovovým kruhem vážícím několik kilogramů, který byl při měření zavěšen a vlastní tíhou zaujímal svislou polohu. Ve středu kruhu byla připevněna otáčivě tzv. *alhidáda*, rameno se dvěma průhledítky — *dioptry* — a s ukazovatelem umožňujícím odečítání hodnot úhlů vyznačených na svislém kruhu.



153. Astroláb

3.34. KONTROLA CHODU HODIN

Potřeby: Hodiny (kyvadlové nebo kapesní), rozhlasový přijímač.

Má-li mít astronomické pozorování cenu, musí být opatřeno časovým údajem, jehož přesnost závisí na druhu pozorování. Při školních astrono-

mických pozorováních se řídíme obvykle kyvadlovými hodinami nebo dobrými hodinkami kapesními. Jakost hodin posuzujeme porovnáváním času, který udávají, s časovými signály rozhlasu. Rozdíl mezi oběma časovými údaji nazýváme *stav* nebo také *korekce* hodin. Jestliže se hodiny opožďují, je korekce kladná (správný čas dostaneme přičtením korekce); jdou-li hodiny napřed, je korekce záporná.

Změnu korekce za 24 hodiny nazýváme *denní chod*. Jestliže se hodiny zrychlují, je denní chod záporný, v opačném případě je kladný. Hodiny jsou tím kvalitnější, čím je denní chod stálější. Stálost chodu posoudíme tak, že vypočítáme *průměrný denní chod* za určité období (sečteme denní chody s ohledem na znaménko a dělíme počtem hodnot) a pro každý den najdeme tzv. *denní variaci*. To je rozdíl mezi průměrným denním chodem a denním chodem. Průměrná hodnota všech denních variací je potom *průměrná denní variace*, a hodiny jsou tím kvalitnější, čím je průměrná denní variace menší. Dobré hodiny mají průměrnou denní variaci $\pm 2,0$ s až $\pm 0,5$ s. Při výpočtu průměrné variace sčítáme denní variace bez ohledu na znaménko a dělíme počtem hodnot.

Postup: Časový údaj hodin porovnáváme s šestibodovým, signálem, který vysílá Čs. rozhlas. Jednotlivé body signálů značí 55. až 60. sekundu

Tabulka kontroly chodu hodin (příklad)

Datum	Stav hodin	Korekce [s]	Denní chod [s]	Denní variace [s]
březen 24.	7 ^h 00 ^m 23,7 ^s	−23,7	+10,2	− 3,7
25.	7 13,5	−13,5	+12,3	− 5,8
26.	7 01,2	− 1,2	− 4,3	+10,8
27.	7 05,5	− 5,5	+ 8,7	− 2,2
28.	6 59 56,8	+ 3,2	+ 5,3	+ 1,2
29.	6 51,5	+ 8,5	+ 6,5	− 0,0
30.	6 45,0	+15,0		
Součet			38,7	23,7
Průměrný denní chod			$\frac{38,7 \text{ [s]}}{6} = 6,5 \text{ [s]}$	
Průměrná denní variace			$\frac{23,7 \text{ [s]}}{6} = 3,95 \text{ [s]}$	

poslední minuty hodiny. Poslední signál tedy označuje celou hodinu. Pozorování provádíme několik dní po sobě v tutéž hodinu. Posloucháme z rozhlasového přijímače signál a současně sledujeme vteřinovou ručku hodin. Snažíme se při každém signálu odhadnout zlomek sekundy (pokud to provedení hodin umožňuje) a při posledním bodu odečteme celé sekundy. Měření zapisujeme do tabulky.

Podobnou metodou můžeme provést též kontrolu stopek. Stopky kontrolujeme srovnáním chodu stopek s chodem hodinek tak, že několikrát změříme, kolik sekund stopek připadne na 20 minut hodinek, a odtud určíme vztah mezi počtem sekund stopek a počtem sekund hodinek.

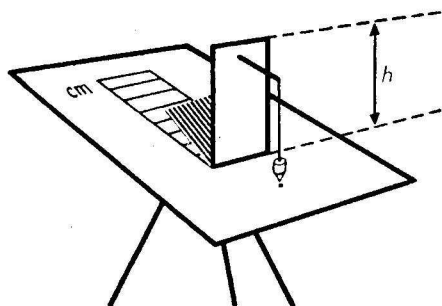
3.35. POZOROVÁNÍ ZÁVISLOSTI POLEDNÍ VÝŠKY SLUNCE NA ROČNÍ DOBĚ

Potřeby: Jednoduchý výškoměr, kompas.

Vzhledem k tomu, že osa zemské rotace svírá s ekliptikou úhel $23^{\circ} 27'$, mění se během roku o tuto hodnotu i deklinace Slunce, a tím i polední výška Slunce v pozorovacím místě. O tom se můžeme přesvědčit jednoduše tak, že budeme sledovat délky stínu vrženého v poledne svislou tyčí. Změříme-li také výšku tyče, můžeme vypočítat polední výšku Slunce ze vztahu

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l}$$

(h — výška tyče, l — délka stínu vrženého tyčí).



154. Jednoduchý výškoměr

Postup: K pozorování si sestavíme jednoduchý výškoměr, jehož konstrukce je patrná z obr. 154. Na základní desku výškoměru buď nalepíme milimetrové měřítko, nebo si propočítáme stupnici, na níž bychom odečítali výšku Slunce přímo ve stupních. Výškoměr umístíme na chráněné místo a v době mimo měření jej zakrýváme ochranným krytem.

Než začneme provádět měření polední výšky Slunce, seřídíme polohu

výškoměru tak, aby jeho osa splývala se směrem polední přímky a základní deska byla vodorovná (upravíme pomocí olovnice a kontrolujeme libelou). Směr polední přímky určíme kompasem nebo podle úlohy 3,32.

Výšku Slunce odečítáme v pravé poledne. Tuto dobu si vypočítáme přibližně podle vztahu

$$T_p = T_s + (\lambda_s - \lambda_p) h \quad (1)$$

(T_p je čas pravého poledne; T_s je 12 hodin středoevropského času; λ_s je zeměpisná délka místa, v němž je místní čas totožný s časem středoevropským — $\lambda_s = 1$ h; λ_p je zeměpisná délka pozorovacího místa udaná v míře časové).

Příklad: Určete čas pravého poledne v Praze. Zeměpisná délka Prahy $\lambda = 14^\circ 25' = 0^h 57^{\text{min}} 40^{\text{s}}$.

Podle rovnice (1) bude

$$T_p = T_s + (\lambda_s - \lambda_p) = 12^h + (1^h 00^{\text{min}} 00^{\text{s}} - 0^h 57^{\text{min}} 40^{\text{s}}) = 12^h + 2^{\text{min}} 20^{\text{s}}$$

Pravé poledne nastane v Praze ve $12^h 02^{\text{min}} 20^{\text{s}}$ SEČ.

Při určování pravého poledne musíme rovněž přihlídnout k tzv. časové rovnici, určující rozdíl mezi časem středním a časem pravým. Průběh časové rovnice je vyložen v učebnici fyziky pro I. roč. gymnasií.

Měření provádíme jedenkrát týdně po dobu půl roku. Výsledek měření graficky zpracujeme a provedeme zhodnocení.

3,36. POZOROVÁNÍ ZMĚN VZHLEDU NOČNÍ OBLOHY BĚHEM ROKU

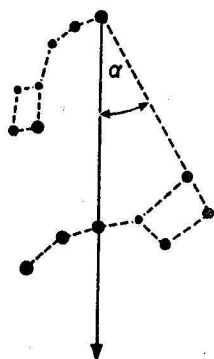
Potřeby: Mapa hvězdné oblohy, kompas, dvě tyče.

Pohyb Země kolem Slunce se také projevuje změnou vzhledu hvězdné oblohy během roku. Tato změna se nám nejvýrazněji projeví srovnávaním polohy souhvězdí Velké medvědice v tutéž denní dobu v různých obdobích roku.

Postup: Při pozorování odhadujeme úhel, který svírá spojnice hvězd α a β Velké medvědice s Polárkou se svislou přímkou (obr. 155). Pozorování provádíme jedenkrát měsíčně v tutéž večerní dobu a odhadnutý úhel

zapisujeme. Současně určujeme, které zvětrníkové souhvězdí v danou dobu právě kulminuje. Směr polední přímky pro určení kulminujícího souhvězdí opět určíme buď kompasem, nebo podle úlohy 3,32. V místě, kde pozorování provádíme, vyznačíme polední přímku na zemi a ve vzdálenosti asi 2 m zapíchneme 2 tyče. Směr pohledu pak volíme tak, aby se obě tyče překrývaly.

Při odhadu úhlů využíváme poznatku, že palec ve vzdálenosti natažené ruky vidíme pod úhlem $2,5^\circ$, dlaň pod úhlem 7 až 8° , největší vzdálenost mezi palcem a ukazováčkem pod úhlem 16° . Hodinové dělení na číselníku hodin představuje úhel 30° .



155. Pozorování změny vzhladu noční oblohy

3,37. FOTOGRAFIE OBLOHY NEHYBNÝM FOTOGRAFICKÝM PŘÍSTROJEM

Potřeby: Fotografický přístroj, stativ, ohebná spoušť s aretací, film 21° DIN, hodinky.

V astronomické praxi se používá nehybných kamer při fotografii stop meteorů. K těmto účelům se používá celých baterií speciálních komor, kterými je sledována současně značná část oblohy. Pravděpodobnost zachycení stopy jasného meteoru běžným fotografickým přístrojem je vcelku malá. Můžeme však získat zajímavý fotografický snímek, na němž se přesvědčíme o poloze severního pólu a denním pohybu nebeské sféry.

Postup: Fotografický přístroj s citlivějším filmem (21° DIN) upevníme na stativ tak, abychom v zorném poli viděli Polárku i jasné hvězdy souhvězdí Velké medvědice. Otevřeme úplně clonu a volič doby osvitů nastavíme na písmeno *B*. Abychom nemuseli po celou dobu osvitů držet spoušť prstem, použijeme ohebné spouště s aretací. Snímek exponujeme 1 až 2 hodiny. Dobu osvitů změříme. Fotografování provádíme ve večerních hodinách v období, kdy je Měsíc pod obzorem a nepřezaruje svým světlem oblohu. Rovněž stanoviště pro fotografování zvolíme tak, aby nám do objektivu nemohlo vniknout světlo z pouličního osvětlení apod.

Snímek vyvoláme v koncentrovanější vývojce a kopírujeme na velmi tvrdý papír. Pomocí získané fotografie zhotovíme mapku zachycené části



156. Snímek noční oblohy pořízený nehybným fotografickým přístrojem

hvězdné oblohy. Na zvětšenou fotografii položíme průsvitný papír a tečkami označíme začátky nebo konce stop hvězd. Velikost tečky přizpůsobíme intenzitě stopy na fotografii. Získanou mapku porovnáme s mapkou severní hvězdné oblohy a označíme nejjasnější hvězdy.

3,38. PŘIBLIŽNÉ URČENÍ ÚHLOVÉHO A SKUTEČNÉHO PRŮMĚRU SLUNCE A MĚSÍCE

Potřeby: Dalekohled (nebo theodolit), list papíru, stopky.

Díváme-li se upevněným dalekohledem na Měsíc nebo pozorujeme-li obraz Slunce promítnutý dalekohledem na stínítko umístěné za okulárem*), povšimneme si, že nám kotouč Měsíce nebo Slunce poměrně rychle mizí ze zorného pole. Je to způsobeno denním pohybem těchto těles po nebeské sféře. Na základě studia pohybu slunečního nebo měsíčního disku v zorném poli pevného dalekohledu můžeme zhruba určit jak úhlový, tak i skutečný průměr obou těles.

Postup: Ke studiu pohybu Měsíce potřebujeme dalekohled nebo theodolit, v jehož zorném poli je napjato vlákno. U Slunce postačí, když na stínítku, na němž pozorujeme pohyb slunečního disku, vyznačíme přímkou přibližně kolmou ke směru pohybu Slunce. Při pozorování změříme stopkami dobu, která uplyne mezi počátečním a konečným dotykem disku s vláknem nebo přímkou na stínítku. Měření desetkrát opakujeme a zapisujeme do tabulky.

Úhlový průměr Měsíce nebo Slunce vypočítáme převedením aritmetického průměru velikosti naměřených časových intervalů na stupňovou míru. Převod provedeme buď pomocí tabulek, nebo podle vztahů $1 \text{ min} \hat{=} 15'$ a $1 \text{ s} \hat{=} 15''$.

Abychom určili skutečný průměr Slunce, musíme znát jeho vzdálenost od Země ($r_s = 1,49 \cdot 10^8 \text{ km}$). Skutečný průměr pak vypočítáme podle vztahu

$$d_s = \frac{2 \pi r_s}{360} \alpha,$$

kde α je průměr Slunce vyjádřený ve stupních. Podobně vypočítáme

*) Slunce nesmíme nikdy pozorovat přímo. Mohlo by dojít k vážnému poškození zraku.

skutečný průměr Měsíce v úplňku ($r_M = 3,84 \cdot 10^5$ km). Při výpočtu průměru přímo z naměřeného časového údaje t počítáme ze vztahu

$$d_S = \frac{2 \pi r_S}{86\,400} t.$$

3.39. POZOROVÁNÍ SLUNEČNÍCH SKVRN

Potřeby: Dalekohled upravený k projekci na stínítko, bílý papír.

Sledování slunečních skvrn patří k nejvýznamnějším metodám studia sluneční činnosti. Sleduje se především tzv. *relativní číslo* R , které je základním statistickým údajem o sluneční činnosti a charakterizuje ji. Relativní číslo je stanoveno vztahem

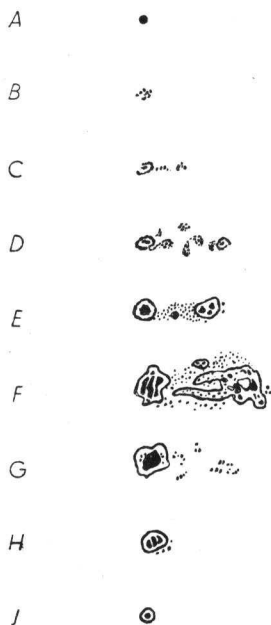
$$R = 10g + f,$$

kde g je počet skupin slunečních skvrn a f je celkový počet jednotlivých skvrn. Zjistíme-li např. na Slunci dvě skupiny skvrn s celkovým počtem 26 skvrn, je relativní číslo $R = 20 + 26 = 46$. (Ojedinelé skvrny se na slunečním povrchu vyskytují jen zřídka, častější jsou skupiny skvrn, avšak při výpočtu relativního čísla považujeme za skupinu i každou jednotlivou skvrnu.)

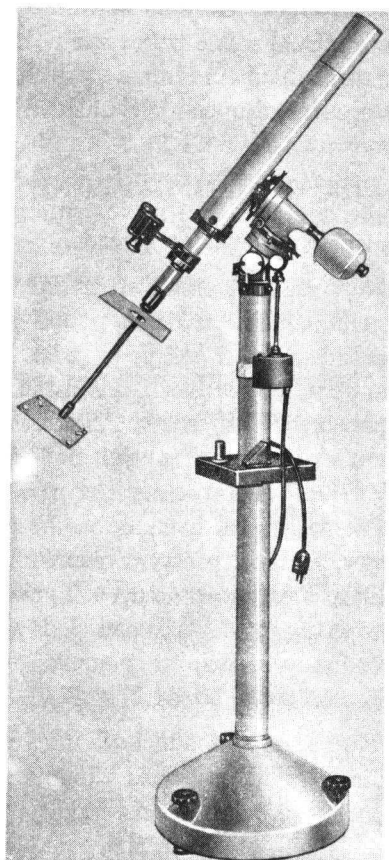
U jednotlivých skvrn i jejich skupin si všímáme vzhledu skvrn, jejich rozložení na slunečním disku a při opakovaném pozorování sledujeme změny skvrn a jejich pohyb po povrchu Slunce.

Podle celkového vzhledu rozdělujeme skvrny do několika skupin. Základních devět typů skvrn je naznačeno na obr. 157. Typ *A* — malá osamocená skvrna nebo skupina několika málo skvrn v těsné blízkosti; typ *B* — větší skupina malých skvrn; typ *C* — malá nebo střední skvrna s polostínem (tzv. *penumbrou*) s drobnými skvrnami v okolí; typ *D* — skvrny s penumbrou, uspořádané kolem dvou pólů (bipolárně); typ *E* — velká skupina skvrn střední velikosti s penumbrou, s řadou menších skvrn; typ *F* — rozsáhlá skupina velkých skvrn nepravidelného tvaru, obklopených velkým počtem skvrn menších a malých; typ *G* — velká skvrna ve skupině, která je obklopená rozsáhlou penumbrou (případně v bipolárním uspořádání s menšími skvrnami); typ *H* — skvrny s rozpadávajícím se jádrem větších rozměrů, doprovázené několika menšími skvrnami; typ *I* — malá skvrna s pravidelnou penumbrou.

Postup: Vlastní pozorování Slunce provádíme projekcí obrazu Slunce na stínítko za okulárem dalekohledu. Použijeme buď dalekohledu upraveného pro tento účel (obr. 158), nebo zařízení improvizujeme. Obraz Slunce promítáme na bílý papír, na který předem narýsuje kružnici o průměru 8 až 15 cm a vzdálenost stínítka potom volíme tak, aby nám rozměr kružnice souhlasil s obrysem obrazu Slunce. Měkkou tužkou



157. Typy slunečních skvrn



158. Dalekohled upravený na pozorování Slunce

zakresluje jednotlivé skvrny. Na náčrtku vyznačíme směr pohybu Slunce. Není-li dalekohled opatřen hodinovým strojem, musíme polohu dalekohledu neustále upravovat tak, aby obraz Slunce souhlasil s narýsovanou kružnicí.

V záznamu o pozorování uvedeme místo, datum a dobu pozorování,

konstanty dalekohledu (průměr objektivu, ohniskovou vzdálenost a zvětšení), počet skupin, počet skvrn a relativní číslo. Při dlouhodobém pozorování zapisujeme tyto údaje do tabulky.

Upozornění: Zásadně nesmíme pozorovat Slunce přímo, nechráněným okem! Hrozí vážné nebezpečí poškození zraku. Při vizuálním pozorování bez dalekohledu chráníme oko světelným filtrem (např. začazeným sklem). Pozorování Slunce dalekohledem je možné jen s použitím projekce.

3,310. ODHAD HVĚZDNÉ VELIKOSTI

Potřeby: Mapka souhvězdí.

Nejvýraznější vlastností hvězdy jako zářícího objektu na nebeské sféře je její *zdánlivá svítivost* neboli *jasnost*. Podle jasnosti stanovíme tzv. *hvězdnou velikost hvězdy m* (z lat. magnitudo), která je číselným vyjádřením zdánlivé svítivosti. Hvězdná velikost je definována tak, že hvězda velikosti 1^m má jasnost 2,5krát větší než hvězda velikosti 2^m . Prostým okem vidíme za příznivých podmínek hvězdy až do 6^m . Jejich jasnost je $2,5^{(6-1)} \doteq 100$ krát menší než jasnost hvězd 1^m .

Přesná měření hvězdné velikosti hvězd se provádějí speciálními fotometry. Avšak i prostým okem může dobrý pozorovatel určit hvězdnou velikost s přesností na $0,1^m$. Tohoto vizuálního měření, založeného většinou na srovnávání jasnosti sledované hvězdy se dvěma hvězdami známé hvězdné velikosti, se používá obvykle při zjišťování změn svítivosti u proměnných hvězd.

Postup: Při odhadu hvězdné velikosti si nejprve zvolíme dvě hvězdy, s nimiž budeme jasnost zkoumané hvězdy porovnávat. Volíme hvězdy, které se jasností od zkoumané příliš neliší a které jsou od zkoumané hvězdy na obloze vzdáleny natolik, abychom je neviděli se zkoumanou hvězdou v jednom směru. Zabraňujeme tak nepřesnému odhadu způsobenému tím, že obě hvězdy dopadají současně na dvě místa sítnice oka, která mají různou citlivost. Snažíme se také, aby srovnávací hvězdy byly stejného zabarvení.

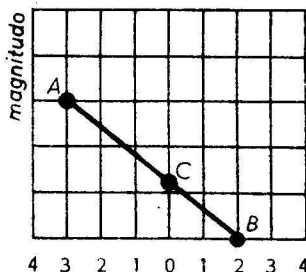
Vlastní odhad hvězdné velikosti spočívá v tom, že zkoumanou hvězdu uzavíráme odhadními stupni mezi dvě hvězdy srovnávací, z nichž jedna má jasnost větší a druhá menší než hvězda zkoumaná. Odhadní stupně stanovíme takto:

- 0 — hvězdy se nám jeví stejně jasné nebo se nám jeví střídavě jedna hvězda jasnější než druhá;
- 1 — obě hvězdy se nám jeví na první pohled stejně jasné, avšak při bedlivějším pozorování se nám jeví jedna jasnější než druhá;
- 2 — jedna hvězda se nám jeví jasnější;
- 3 — rozdíl jasnosti je patrný na první pohled;
- 4 — rozdíl jasnosti je velmi nápadný.

Označíme-li srovnávací hvězdy A ($3,34^m$) a B ($2,42^m$) a zkoumanou hvězdu C , píšeme výsledek např. takto: $A3C2B$. Určení hvězdné velikosti hvězdy C pak provedeme graficky na milimetrovém papíře. Na svislou osu naznačíme hvězdnou velikost a na vodorovnou osu odhadní stupeň podle obr. 159. Body odpovídající srovnávacím hvězdám spojíme přímkou a hvězdná velikost, určená průsečíkem této přímky s 0 odhadním stupněm, je hvězdnou velikostí zkoumané hvězdy (v našem případě $2,8^m$).

Odhad hvězdné velikosti cvičíme nejprve na jasnějších hvězdách, např. hvězdách souhvězdí Velké medvědice, vybereme si tři vhodné hvězdy (např. ϵ , δ a β), u dvou zjistíme hvězdnou velikost ($\epsilon - 1,68^m$; $\delta - 3,44^m$) a odhadujeme hvězdnou velikost hvězdy třetí. Pro pozorování volíme období, kdy není obloha přezářena měsíčním světlem a je jasno (ruší zejména vysoká oblačnost a mlha).

Dosahujeme-li dobrých výsledků při odhadu prostým okem, můžeme přistoupit k odhadu kukátkem nebo dalekohledem a můžeme odhadnout hvězdnou velikost proměnných hvězd (zejména dlouhoperiodických a hvězd typu β Persei). Pokyny ke studiu proměnných hvězd vyhledáme v odborné literatuře (např.: *Parentago—Kukarin, Proměnné hvězdy a způsoby jejich pozorování, NČSAV, Praha 1953*).



159. Určení hvězdné velikosti hvězdy

3,311. POZOROVÁNÍ MĚSÍCE, PLANET A HVĚZD DALEKOHLEDEM

Potřeby: Dalekohled.

Hlubší poznání kosmických těles nám umožňuje dalekohled jednak tím, že zvětšuje zorný úhel, pod kterým vidíme pozorovaný objekt, jednak soustřeďuje na sítnici oka větší množství světla. Tyto vlastnosti dalekohledu nám umožňují pozorování povrchů nejbližších kosmických těles, rozlišení většího počtu hvězd a hvězdných útvarů a pozorování hvězd malé svítivosti. Astronomické dalekohledy jsou buď *refraktory* (objektivem je spojka), nebo *reflektory* (objektivem je duté zrcadlo). Základními údaji u každého dalekohledu jsou: ohnisková vzdálenost objektivu F a průměr objektivu D . Tyto hodnoty určují základní vlastnosti dalekohledu: zvětšení, které vypočítáme ze vztahu

$$Z = \frac{F}{f} \text{ nebo } Z = \frac{D}{d},$$

kde f a d jsou ohnisková vzdálenost a výstupní otvor okuláru; světelnost dalekohledu, danou vztahem

$$s = \frac{D}{F}.$$

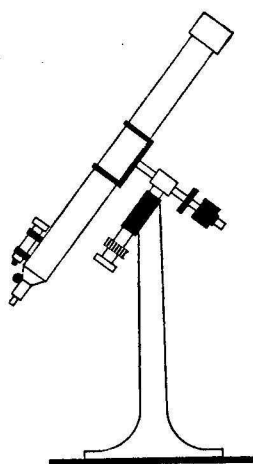
Každý dalekohled je upevněn na stojanu konstruovaném tak, abychom mohli dalekohledem otáčet kolem dvou os navzájem kolmých.

Větší astronomické dalekohledy jsou upevněny na tzv. *paralaktické montáži* (obr. 160), umožňující pohyb dalekohledu v rektascenzi a deklinaci. Malé dalekohledy mají tzv. *azimutální montáž* (obr. 161), u níž měníme polohu dalekohledu podle změn výšky a azimutu pozorovaného objektu. Poněvadž se výška i azimut hvězd neustále mění, musíme dalekohledem otáčet kolem obou os, kdežto u paralaktické montáže sledujeme jen změnu hodinového úhlu hvězdy. Tento pohyb je často řízen hodinovým strojem nebo elektromotorem s přesnými otáčkami.

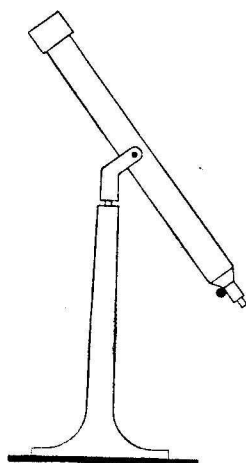
Postup:

Měsíc. Pozorování provádíme v době, kde je měsíční povrch osvětlen bočně, takže vynikají jednotlivé útvary ohraničené ostrým stínem. Z měsíčních útvarů jsou nejnápadnější *moře* (mare) — rozsáhlé, šedavě za-

barvené roviny; *krátery* — ohraničené kruhovými valy nebo i bez nich, s nejrůznějšími průměry; *pohoří* — složená vesměs z ojedinelých vrcholů značné výšky. Za příznivých podmínek můžeme větším dalekohledem vyhledat i zajímavé *brázdy*. Před vlastním pozorováním se seznámíme s nejvýraznějšími a nejzajímavějšími objekty na mapě měsíčního povrchu, a pak je vyhledáme přímo na povrchu Měsíce.



160. Paralaktická montáž dalekohledu



161. Azimutální montáž dalekohledu

Planety. K pozorování jsou vhodné planety *Venuše, Mars, Jupiter, Saturn.* Planety vyhledáme nejprve, na základě údajů *Hvězdářské ročenky*, prostým okem. Na obloze je poznáme jako výrazné objekty na té části oblohy, kde se rozprostírají zvířetníková souhvězdí. Pro planety je typické, že září (na rozdíl od hvězd) většinou klidným světlem. Venuše září bílým světlem a je na obloze vždy nejjasnějším objektem (Večernice, Jitřenka); světlo Marsu je výrazně červeně zabarvené; Jupiter září bílým světlem; jasnost Saturna je menší a jeho světlo je nažloutlé.

Dalekohledem pozorujeme tvar srpku planety Venuše; na povrchu Marsu se snažíme rozlišit nějaké výraznější podrobnosti povrchu (*polární čepičky*); u planety Jupitera pozorujeme čtyři největší měsíce a tmavší pruhy na povrchu planety; planeta Saturn nás zaujme typickým prstencem.

Hvězdy. Při malém zvětšení porovnáváme počet hvězd, které vidíme

prostým okem a v zorném poli dalekohledu. Ve Hvězdářské ročence najdeme nejzajímavější objekty období, v němž provádíme pozorování. Pozornost zaměříme hlavně na dvojhvězdy, hvězdokupy a mlhoviny.

Astronomická pozorování, která jsou zde uvedena, jsou zaměřena na praktické seznámení s hvězdnou oblohou a s kosmickými tělesy, která na obloze vidíme. Je však celá řada pozorování, která lze provádět i s jednoduchými prostředky, a přece mohou mít při soustavném provádění i vědeckou cenu. Jsou to vedle zmíněných pozorování Slunce a proměnných hvězd pozorování meteorů, zákrytů hvězd Měsícem, slunečních a měsíčních zatmění, umělých družic Země atd. Pokyny k těmto pozorováním naleznete v odborné literatuře nebo vám poradí v práci pracovníci lidových hvězdáren, které jsou u nás v každém větším městě.

3.4. METEOROLOGICKÁ POZOROVÁNÍ

V zemědělství, letecké dopravě, ve stavebnictví a v celé řadě dalších oborů lidské činnosti se výrazně uplatňuje vliv počasí. Proto má velkou důležitost studium meteorologických dějů v ovzduší a jejich předpověď. Základním studijním materiálem jsou v meteorologii údaje o pozorování meteorologických prvků, prováděná na meteorologických stanicích.

Seznámíme se s metodami měření nejdůležitějších meteorologických prvků, jejichž hodnoty můžeme zjišťovat i s jednoduchým přístrojovým vybavením. Nejlepší podmínky pro hodnotná meteorologická pozorování vytvoříme vybudováním *školní meteorologické stanice* vybavené *meteorologickou budkou, dešťoměrem a stožárem s větrnou směrovkou*.

3.40. ŠKOLNÍ METEOROLOGICKÁ STANICE

Pro vybudování meteorologické stanice volíme volné prostranství typické pro danou krajinu. Pro umístění srážkoměru musí být splněna podmínka, že okolní předměty (budovy, stromy) nejsou blíže než dvojnásobek jejich výšky. Větrnou směrovku umístíme na vrchol stožáru výšky alespoň 6 m.

Meteorologická budka slouží k umístění a ochraně meteorologických