

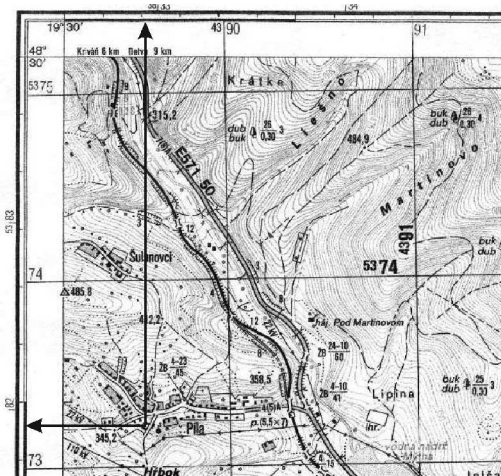
# POZIČNÉ MERANIA A METÓDA POZOROVANIA PRECHODU VENUŠE

*Ing. Jaroslav Gerboš*  
*Krajská hvězdárň, 974 01 Banská Bystrica*

Pozičné merania v astronómii patria k najužitočnejším a súčasne najzaujímavejším pozorovaniam pre amatérov. Najbežnejším z úkazov tejto kategórie sú zákryty hviezd Mesiacom, ktoré nastávajú takmer každú jasnú noc, keď je nad obzorom Mesiac. Zvláštnymi sa stávajú vtedy, ak hranica tieňa prechádza pozorovacím stanovištom a pozorovatelia môžu sledovať tzv. dotyčnicový zákryt hviezdy Mesiacom. Výsledkom sú potom profily mesačného povrchu, ktorých presnosť zatiaľ stále dosahuje takmer úroveň meraní kozmických sond. Práve takéto pozorovania stále majú vedecký význam. Ešte cennejšie sú však zákryty hviezd planétkami. Ide tiež o pozorovania viazané na zemepisnú polohu a preto sa ich nemôžu zúčastniť ľubovoľné profesionálne pracoviská. Práve naopak, aj napriek neporovnateľne slabšej technickej vybavenosti sú žiadané pozorovania amatérov. K pozičným meraniám by sme mali zahrnúť aj zatmenia Slnka, či Mesiaca a špeciálnym i zriedkavým prípadom pozičných pozorovaní sú prechody vnútorných planét pred slnečným diskom, ktorým sa budeme zvlášť venovať. K spracovaniu každého pozičného pozorovania sú potrebné pomerne presné údaje o zemepisnej polohe ako i presné časy okamihov pozorovaných úkazov.

## Zemepisná poloha

V dnešnej dobe už nie je problém zistiť pomerne presnú zemepisnú polohu pozorovacieho stanovišťa. Najjednoduchší a snáď aj najlacnejší spôsob je použiť dobré mapy. Dnes už nerobí problém zakúpiť si odtajnené vojenské mapy v mierke 1:25 000 až



1:50 000. V takejto mape jednému milimetru odpovedá 25 resp. 50 m na zemskom povrchu a pri odčítaní polohy sa takto dostaneme s presnosťou aj pod 20 m. Chyba odčítania by nemala presiahnuť jednu oblúkovú sekundu. Na trhu sa čoraz častejšie objavujú turistické mapy v mierkach 1:50 000, u ktorých je väčšinou súradnicová sieť tiež korektná. Každopádne je potrebné pri odčítaní polohy z mapy uviesť súradnicový systém (u vojenských máp na Slovensku je to S42 – Pulkovo, u turistických máp môže byť použitý aj iný, napríklad JTSK či WGS 84). Tento spôsob odčítania zemepisných súradníc je asi pre amatérov najprístupnejší. (Obr. 1)

## Obr. 1

Pomerne presné polohy v systéme WGS 84 je možné získať z dnes už bežne dostupných počítačových programov, napr. Microsoft Autoroute. Tu je ale vhodné zvoliť ako pozorovacie stanovište napr. križovátku ciest, či železničnej trati, pretože v mape okrem dopravnej siete nenájdeime vyznačené budovy ani iné stavby, či terénne útvary.

Najprogresívnejším a už asi aj najpresnejším spôsobom, ako určiť presnú zemepisnú polohu, je použiť systém GPS. Ide o malé prijímače, ktoré sú schopné na základe rádiového spojenia s 24 navigačnými družicami (z nich nad obzorom je vždy aspoň osem) vypočítať miesto, kde sa prijímač nachádza, s presnosťou až na niekoľko metrov. V odborných kruhoch sa možno stretnúť s ešte presnejšími meraniami.

## Čas

Čas je veličina rovnomerne plynúca a odvodená pôvodne od pohybov Zeme (deň, rok). Jedna sekunda je dnes definovaná na základe oscilácií atómu cézia. V bežnom živote sa používa rovnomerne plynúci koordinovaný svetový čas UTC (u nás pásmový stredoeurópsky, resp. letný), odvodený od atómového času a korigovaný podľa astronomických pozorovaní. Pri väčšine pozičných meraní je potrebné zaznamenať čas s presnosťou na desatiny, či stotiny sekundy. K tomu je potrebný presný zdroj časového signálu. Dnes sa v Európe najčastejšie používa rádiový signál DCF 77 (vysielač neďaleko Frankfurtu nad Mohanom – SRN), podľa ktorého sa korigujú aj niektoré slovenské rádiové stanice. Na trhu sú už bežne dostupné rádiom riadené hodiny, ktorých presnosť v mnohých prípadoch postačuje (LCD display je závislý na okolitej teplote, hodiny sa korigujú väčšinou len niekoľkokrát za deň...). Presný časový signál vysiela každú hodinu aj rozhlasová stanica Slovensko 1 a možno i niektoré ďalšie. Na zaznamenanie časových okamihov sa pri amatérskom pozorovaní používajú najčastejšie stopky. Tie sa pred úkazom spustia podľa presného časového signálu a potom sa pri úkaze zastavia (lepšie je použiť medzičas), alebo naopak, spustia sa pri úkaze a podľa presného signálu sa zastavia. Ďalší spôsob je použiť magnetofónový záznamník a snímať súčasne sekundové značky (napr. pípajúci prijímač DCF) a hlasové záznamy kontaktov. Presné časové značky je možné alternatívne nahradiť rozhlasovou stanicou, pričom na inom mieste sa táto stanica nahráva spolu so sekundovými značkami a vyhodnotenie sa urobí pri porovnaní oboch zvukových záznamov. Pri použití presnejších záznamových médií (video, či web kamera) väčšinou postačí nahráť presný čas pred a po úkaze a neskôr interpoláciou získať správne časové okamihy úkazu.

## Metódy pozorovania

Vizuálne – pozorovateľ sleduje úkaz cez ďalekohľad, alebo v projekcii a zachytí časy úkazov stopkami, či zvukovým záznamom spolu s presným časom.

TV – VHS, S-VHS resp. CCD – úkaz je zaznamenaný na magnetofónovú pásku spolu s časovými značkami z vkladáču času. Iná možnosť je snímať presný čas z hodín (DCF) pred a po pozorovaní a okamihy úkazu potom interpolovať. TV metóda je

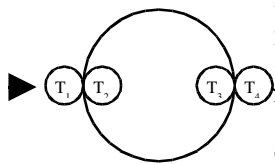
pochopiteľne presnejšia a prakticky eliminuje osobnú chybu. Je však oveľa náročnejšia na technické vybavenie. Pri spracovaní je možné použiť krokovanie videorekordéru. Dosiahne sa tak presnosť 0,02 - 0,04 sekundy pri rozlíšení 250-400 riadkov. Ďalšou výhodou je možnosť spracovania na PC (po grabovaní na disk).

WebCam – podobne, ako pri TV metóde, je eliminovaná osobná chyba pozorovateľa. Spracovanie v PC je ešte pohodlnejšie, rozlišovacia schopnosť porovnateľná s TV, prípadne i lepšia, citlivosť oproti niektorým TV, či CCD kamerám je o čosi nižšia. Táto nevýhoda môže byť kompenzovaná skladaním jednotlivých snímok i keď za cenu nižšej presnosti času. Pri snímaní sa ukladá strojový čas, ktorý by mal byť preto synchronizovaný podľa presného časového signálu. Na trhu sú prijímače DCF, ktoré priebežne upravujú strojový čas PC.

Fotografické pozorovanie – nastáva problém so záznamom presného času, preto je vhodná skôr na dokumentáciu. V prípade prechodu Venuše je možné odfoťiť fotosféru Slnka (v priemete) v čase T2 a T3 (každý z nich aj viackrát) spolu s hodinkami. Výhodou je vyššia rozlišovacia schopnosť.

## POZOROVANIE PRECHODU VENUŠE PRED SLNEČNÝM DISKOM

Praktické skúsenosti pozorovania tohto úkazu nemá nik z nás, posledný krát bol pozorovaný v predminulom storočí (1882). Napriek tomu sú zachované mnohé skúsenosti pozorovateľov predchádzajúcich generácií. Pri pozorovaní ide o zachytenie presných kontaktov T2 a T3 (Obr. 2). Prvý a posledný kontakt (T1 a T4) je možné



zaznamenať len problematicky, pretože časť Venuše, ktorá je ešte mimo disk Slnka je mnohonásobne slabšia a je prežiarená slnečným jasom. Aj presnosť merania kontaktov T2 a T3 je rádovo nižšia, ako to býva u bežných pozičných meraní. Najvážnejšou príčinou je efekt čiernej kvapky, ktorý znemožňuje, resp. sťažuje zachytiť presný čas

kontaktov.

Obr. 2

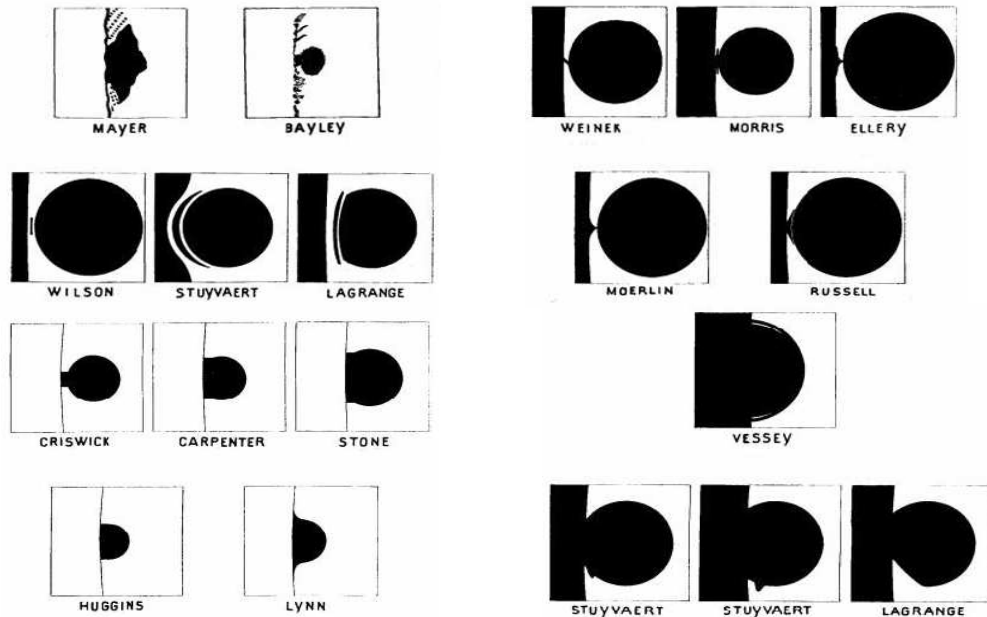
## Efekt čiernej kvapky

Tento jav vzniká súčasným pôsobením hneď niekoľkých faktorov:

- 1.iradiácia slnečného svetla
- 2.atmosféra planéty
- 3.turbulencia zemskej atmosféry
- 4.difrakcia lúčov na optických častiach prístrojov
- 5.sférická aberácia optiky
- 6.nedokonalé nastavenie okuláru
- 7.polyopia

Na základe uvedených poznatkov nie je možné predpovedať, aký tvar a veľkosť

bude kvapka maľ. Ako príklad uvádzame niekoľko efektov, pozorovaných v minulosti:



(Obr. 3)

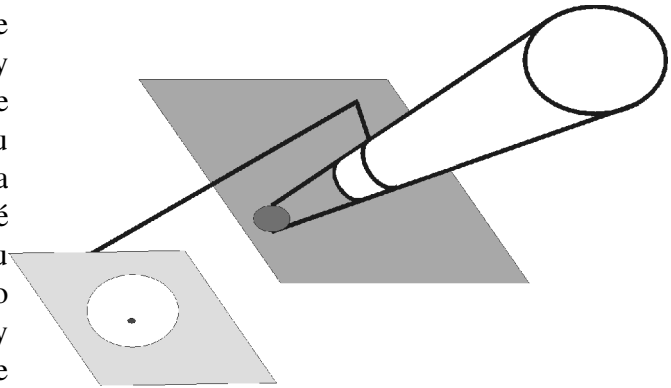
### Priame pozorovanie

K pozorovaniu je potrebný ďalekohľad. Uhlový rozmer Venuše je asi na hranici viditeľnosti voľným okom. Aj keď bude viditeľná, na určenie kontaktov to stačiť nemôže. Na druhej strane už relatívne menšie ďalekohľady (napr. aj poľovnícke triédre) by mali postačovať. **Pre priame pozorovanie je potrebné použiť pred objektívom vhodný slnečný filter. Filter musí byť dostatočne hustý, tak, aby pozeranie do Slnka nemohlo poškodiť zrak (bez neho môže dôjsť aj k vypáleniu oka)!!!** Vhodnú špeciálnu fóliu práve na tieto účely predáva napr. firma Tromf Banská Bystrica, ale je možné použiť aj správne vyvolaný film, či zväračské sklo a pod. Takýto priamy spôsob pozorovania umožní získať výsledky len jednému pozorovateľovi, ktorý sleduje úkaz v okulári ďalekohľadu. Tento spôsob pozorovania učiteľom s kolektívom žiakov **nedoporučujeme**.

### Metóda projekcie

V prípade viacerých pozorovateľov je vhodnejšie použiť metódu projekcie. Obraz Slnka sa vytvorí na projekčnej doske, umiestnenej vo vhodnej vzdialenosti od okuláru a kolmej na optickú os. V odborných kruhoch sa na záznam slnečnej fotosféry používa štandardizovaný rozmer kotúča – 250, resp. 125 mm. Pre amatérov je ľahšie dosiahnuteľný druhý z nich. Pri danom zväčšení (závisí od použitého okuláru) je potrebné posúvať projekčnú dosku ďalej, resp. bližšie k okuláru tak, aby sa dosiahol patričný rozmer priemetu Slnka, teda žiadaných 125 mm. Až potom sa obraz doostří okulárom. V prípade, že z technických dôvodov nie je možné dodržať štandardný rozmer aspoň 125 mm, možno sa uspokojiť aj s menším obrazom slnečného disku. Aby spolu s obrazom

Slnka na biely papier nedopadali aj priame slnečné lúče idúce mimo ďalekohľad, aby bol teda vytvorený obraz dostatočne kontrastný, je potrebné použiť tieniacu dosku (Obr. 4). Ak sa zhotovia tieniaca a projekčná doska rovnako veľké a vycentrujú sa v optickej osi, môžu poslúžiť aj pri vyhľadani Slnka – to by malo byť v strede vtedy, keď tieň tieniacej dosky presne pokryje projekčnú dosku. Obidve dosky môžu byť napr. zo smrekolitu.

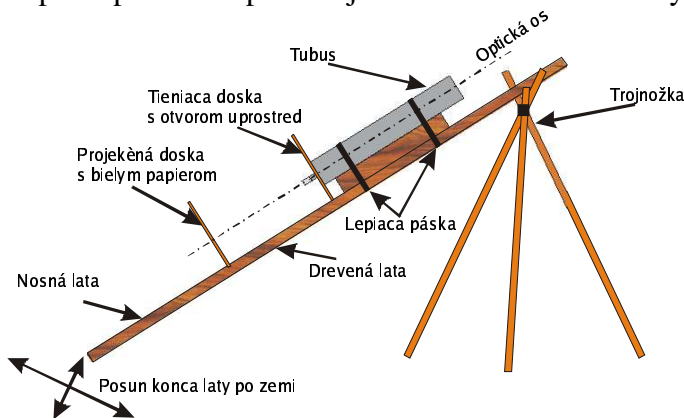


## Ako získať ďalekohľad

Astronomický ďalekohľad sa dá zostaviť z dvoch šošoviek, objektívu a okuláru, pričom prvá z nich by mala mať ohniskovú vzdialenosť cca 500 – 1000 mm (dve až jedna dioptrie), a ohnisková vzdialenosť okuláru by mala byť aspoň desaťkrát menšia. Obe šošovky sa dajú použiť so školských pomôcok. Pri využití školských optických lavíc, resp. sústav je úloha pomerne ľahko riešiteľná. Objektív spolu s dvoma objímkami z každej strany (stačí použiť tvrdší kartón) obalíme tubusom (rúra z tvrdšieho papiera). Okulár môžeme použiť napr. z mikroskopu. Rozmer prispôbíme priemeru tubusu tak, aby sa dal jemne posúvať kvôli zaostreniu. Najjednoduchší spôsob je samozrejme použiť vlastný ďalekohľad, hoci aj poľovnícky triéder. Aj vtedy je však potrebné zostrojiť k nemu montáž.

## Montáž ďalekohľadu

Ďalekohľad je potrebné otáčať za Slnkom, ktoré sa zdanlivo pohybuje s oblohou. Z tohto dôvodu je výhodné pri uchytení použiť paralaktickú montáž, kde jedna z osí smeruje k svetovému pólu. Vtedy stačí natáčať prístroj len podľa jednej z osí a je v princípe možné použiť aj motor. Amatéři v mnohých prípadoch používajú jednoduchšiu montáž azimutálnu, z čoho vyplýva potrebný posun v oboch osiach, t.j. v azimute aj vo výške nad obzorom.



Jednoduchú azimutálnu montáž je možné zhotoviť s použitím segmentov školských optických lavíc. Pritom si treba uvedomiť, že ďalekohľad musí byť vyvážený tak, aby sa ani v jednej osi samovoľne nepohyboval.

Pri dostatočne veľkom zornom uhle ďalekohľadu je možné použiť celkom jednoduchú konštrukciu, postavenú z drevených latiek (Obr. 5). Výšku trojnožky je potrebné meniť podľa uhlovej výšky

Slnka nad obzorom. Pri kontakte T2 bude Slnko asi 20-25° nad obzorom (výška trojnožky by vtedy mala byť asi trikrát menšia ako nosná lata), pri kontakte T3 bude Slnko asi vo výške 60-65° (výška trojnožky takmer taká, ako nosná lata). Namiesto trojnožky sa môže ako podpera využiť napr. zábradlie, múrik a pod.

### Projekčný prístroj – camera obscura

Priemet Slnka môžeme získať aj tak, že cez malú dierku napr. v papieri necháme prechádzať slnečné lúče. Tie sa potom v istej vzdialenosti od papiera, ktorý slúži súčasne ako tieniaca doska, zobrazia na iný papier na projekčnej doske. Kvalita obrazu pri amatérskom prevedení býva nižšia ako s použitím ďalekohľadu. Projekčný prístroj zhotovený na uvedenom princípe je možné aj zakúpiť.

### PC simulátor

Na nácvik pozorovania je vhodný počítačový simulátor, vytvorený Mgr. Petrom Zimnikovalom z B. Bystrice. Získať ho možno aj na internetovej stránke Slovenského zväzu astronómov amatérov [www.szaa.sk](http://www.szaa.sk). V ňom si pozorovateľ môže vyskúšať podobnú situáciu, ako pri samotnom pozorovaní. Každým spustením sa zlepšuje odhad jednotlivých časov, čo sa zrejme odrazí pri samotnom pozorovaní. Napriek tomu ide len o počítačovú simuláciu a skutočný priebeh pozorovania môže ešte prekvapiť.

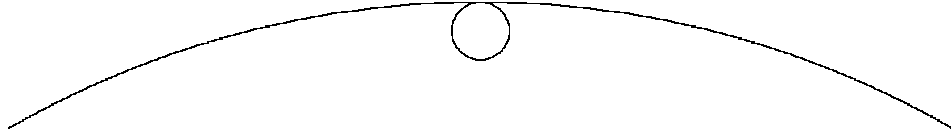
### Použitie šablóny na určenie kontaktov

List papiera s vytlačenou šablónou (Obr.6) by sa mal priamo vkladať na projekčnú dosku počas pozorovania prechodu. V časovej blízkosti kontaktov by sa mal posúvať tak, aby čo najlepšie vystihoval polohu Venuše a okraja disku Slnka. Ako čas kontaktu by sa potom považoval čas, v ktorom je najlepšia zhoda obrázku a priemetu Slnka.

Priemer okraja Slnka a priemer Venuše sú v pomere odpovedajúcom skutočnosti v čase prechodu. Zdanlivý rozmer Venuše pravdepodobne nebude zhodný s teoretickým a Venuša sa bude javiť o niečo menšia, ako je zobrazená na obrázku. Kontakt pravdepodobne nastane, keď väčšia kružnica bude kopírovať okraj Slnka a zároveň malá kružnica bude sústrednou kružnicou okolo kotúčika Venuše. Takto by pravdepodobne bolo možné čiastočne potlačiť vplyv úkazu „kvapky“.

Obrázok je potrebné upraviť na potrebnú veľkosť, ktorá je daná rozmerom slnečného kotúča v použitej projekcii. Šírka obrázku, t.j. dĺžka tetivy je zhodná s priemerom obrazu slnečného disku a podľa toho sa obrázok zväčší, prípadne zmenší

Pred pozorovaním je potrebné presne upraviť vzdialenosť projekčnej dosky tak, aby rozmer Slnka presne odpovedal priemeru okraja Slnka v obrázku.



## Čo zaznamenať

Všetky údaje by sa mali zaznamenať do pozorovacieho protokolu. Najdôležitejším údajom sú presné časy kontaktov T2 a T3. Vzhľadom k obtiažnemu určovaniu týchto časov odporúčame zaznamenať každý z nich trikrát nasledovne:

8. Prvý dojem

9. Najpravdepodobnejší okamih

10. Čas, kedy si je pozorovateľ istý, že Venuša je celá vnútri Slnka v prípade T2, resp. časť Venuše je už určite mimo disk v prípade T3

Doplňkom pozorovania môže byť odhad časov T1 a T4, aj keď ich určenie je viac ako problematické.

**V žiadnom prípade sa nenechajte ovplyvniť časom predpovedaným, môže byť významne nepresný!**

Pre budúce spracovanie je potrebné uviesť kde a za akých podmienok pozorovanie prebehlo. Pri určení podmienok možno vychádzať zo stupnice pre kreslenie fotosféry Slnka:

1. Veľmi silné kmitanie obrazu, pozorovanie často rušené hustou oblačnosťou, obraz Slnka sa takmer nedá zaostriť, malé škvrny nie sú identifikovateľné, presná poloha škvŕn a presný tvar penumbry sa nedá určiť, identifikovateľné sú iba veľmi jasné fakulové polia.
2. Značné kmitanie obrazu, pozorovanie občas rušené oblačnosťou, zaostrenie obrazu Slnka je problematické, malé škvrny sú ťažko identifikovateľné, presná poloha škvŕn a tvar penumbry sa s istotou nedá určiť, slabšie fakulové polia sú ťažko identifikovateľné.
3. Mierne kmitanie obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, zaostrenie obrazu nie je problematické, malé škvrny sú identifikovateľné, v stredovej oblasti je pozorovateľná granulácia, poloha škvŕn a tvar penumbry sa dá určiť dostatočnou istotou, fakulové polia sú dobre identifikovateľné.
4. Nepatrné kmitanie obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, malé škvrny sú dobre viditeľné, dobre pozorovateľná granulácia, presná poloha škvŕn a tvar penumbry sa dá určiť s istotou, fakulové polia sú dobre viditeľné.
5. Ideálne pozorovacie podmienky s takmer nepostrehnuteľným kmitaním obrazu, pozorovanie nerušené oblačnosťou, veľmi dobrá ostrosť obrazu, škvŕn, penumbier a granulácie, všetky detaily sú veľmi dobre pozorovateľné, zvlášť dobre vynikne štruktúra fakúl.

**Celé pozorovanie, prípravu techniky atď. je potrebné vyskúšať naostro niekoľko dní pred samotným úkazom!!!**

<b>Pozorovací protokol</b>									
<b>Prechod Venuše pred slnečným diskom – 8. júna 2004</b>									
Meno a priezvisko pozorovateľa:									
Vek:									
Predchádzajúce skúsenosti:									
Adresa:									
Prístroj:									
Objektív ďalekohľadu:		Priemer: ..... cm		Ohnisková vzd.: ..... cm					
*Metóda záznamu:		vizuálna video webcam fotografia iná:							
*Metóda pozorovania:		projekcia priamo (cez filter)							
Zväčšenie :.....x (pri priamom pozorovaní ďalekohľadom):				Priemer priemetu disku Slnka: ..... cm (pri projekcii):					
Miesto pozorovania:									
Súradnice:		φ	°	'	“	λ	°	'	“
*Spôsob zistenia súradníc:		mapa GPS iný:							
*Súradnicová sústava:		WGS 84 S-42 JTSK iná:							
Pozorovacie podmienky (1-5):		T1:	T2:	T3:	T4:				
Zdroj časového signálu:		DCF SRo1 iný:							
Spôsob merania času:		stopky diktafón vkladáč času iný							
Kontakty (čas v UT):									
T1	.....h ..... m ..... s								
T2	1: .....h ..... m ..... s	2: .....h ..... m ..... s	3: .....h ..... m ..... s						
T3	1: .....h ..... m ..... s	2: .....h ..... m ..... s	3: .....h ..... m ..... s						
T4	.....h ..... m ..... s								
Poznámky (napr. kvapkový efekt):									
<p>Odoslať na adresu: Mgr. Július Koza, Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica</p> <p>Obálku s protokolom označiť : VENUS TRANSIT 2004</p> <p>* čo sa hodí vyznačte</p>									