

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Bohumil Šternberk

Zkoumání starořalského reflektoru

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 61 (1932), No. 4, 180--188

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/121306>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1932

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



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

Zkoumání starodálského reflektoru.

Dr. B. Šternberk.

(Došlo 28. srpna 1931.)

I.

Synchronisační hodiny.

V létě r. 1928 byla zhruba dokončena montáž zdejšího zrcadla o průměru 60 cm. Podrobil jsem je zkouškám a stanovil hodnoty, jež třeba znát pro práce na novém stroji. Při tom, zejména s počátku, bylo nutno provést menší úpravy na stroji, což je pochopitelné u nevyzkoušeného modelu. V takových případech se měření opakovala. Některé prvky třeba sledovati několik let a proto moje práce není ještě ukončena. Rozhodl jsem se přece publikovati částečné výsledky, aby byla dána možnost vědecké kritiky běžných pozorování. To má význam zejména nyní, kdy taková pozorování budou konečně ve větším měřítku možná, neboť dochází k rozmnožení zdejšího personálu. — Rozdělil jsem svoje výsledky na několik samostatných oddílů. Později, až bude na př. možný definitivní úsudek o stálosti polohy pilíře atd., shrnu vše ve zvláštní publikaci ústavu.

Pohyb dalekohledu za oblohou i naše časové údaje spočívají na nově zakoupených hodinách fy Satori, Vídeň (číslo kyvadla 582). Tyto hodiny mají křemenné kyvadlo s čočkou,¹⁾ kolečkový kontakt (sekundu spojen — sekundu přerušen) a jsou v obvyklé dřevěné skříni, nikoliv tedy v prostoru o stálé hustotě vzduchu. Zavedli jsme je na hlavní zeď v pokojíku o jednom okně, namířeném k ESE (místnost pro časovou službu). Okno bylo zataženo záclonou a pokoj nevytápěn. Umístění toto není ideální. Hodiny trpěly otřesy (I. poschodí při státní silnici) a v teplotě jevil se částečné vliv denního chodu. Bylo však těžko nalézt vhodnější místo, neboť všechny sklepy ústavu a místnosti hvězdárny jsou vlhké, nebo dokonce jsou zatápěny spodní vodou.

¹⁾ M. Schanzer: Quarzpendel, Z. f. J. K. 33, 277.

Kontakt hodin dodává proud (2 miliamp.) pro synchronizační cívku pozorovacích hodin Hansenových (metoda Nušlova), jež stojí přímo v kopuli a řídí sekundovou kontrolu reflektoru. V případě potřeby lze připojit k témuž kontaktu hodin Satori současně obyčejné telegrafní relais (7 miliamp.), které buď spojuje na krátko telefon radioaparátu, nebo uvádí v činnost dva chronografy v serii. Jeden je v místnosti pro časovou službu, druhý v kopuli reflektoru. Místo tohoto lze zařadit zvon, podle něhož se exponuje. Spojení mezi kopulí a místností obstarává 200 m zemního kabelu. Instalaci všech hodin, pomocných přístrojů a zemního kabelu provedl podle mých návrhů obratně náš mechanik p. Souček. — Jak patrné, je správný chod hodin Satori základní důležitostí pro nás; z toho důvodu uveřejňuji poněkud podrobněji výsledky pozorování. Kromě toho nebylo vlastně o křemenném kyvadle dosud nic takového publikováno, pokud je mi známo. Jediná sdělení obsahuje Österr. Ung. Uhrmacher-Zeitung (separát firmy), podle kterého našli Krumpholz - Rossrucker v celkovém období 6 měsíců střední denní variaci chodu $\pm 0.015^s$ až $\pm 0.052^s$ (jen výsledky). Pro koeficient hustoty udává firma $0.012^s/1 \text{ mm Hg}$; o koeficientu teploty nalézám jedinou zprávu v Prometheus 30 119. Tato noticka, která ostatně trpí nepřesnostmi, udává pro koeficient teploty kompenzovaného křemenného kyvadla hodnotu 0.0361^s pro stupeň a den. Neběží-li o chybu tisku, mám podezření, že autor bral do počtu tlak vzduchu, ne hustotu. V tom případě přistoupí do výsledku zdánlivý koeficient teploty, který se číselně rovná asi trojnásobku koeficientu hustoty, je však záporný. Je nápadné, že udaný koeficient je číselně také trojnásobek tlakového koeficientu. Ostatně i nekompensované kyvadlo křemenné má koeficient teploty jen 0.02^s ! ²⁾

Domnívám se, že podrobnější zkoumání vlastností křemenného kyvadla má také význam pro řešení otázky, zda by křemen mohl přijít v úvahu při moderních konstrukcích „volných“ kyvadel a pod. To se dá rozhodnouti jen experimentálně. U křemenného kyvadla spojujeme s křemennou tyčí kovové hmoty pomocí objímek přitažených šrouby. Změnami teploty mohou zde vzniknouti velké tlaky (na tuto okolnost mne upozornil prof. Nušl), jež případně by se mohly projevit náhlými změnami polohy a podobně. Je tedy třeba často kontrolovat takové hodiny a výsledky obsírněji uveřejnit.

Pro jiné úřední povinnosti nebylo myslitelné, abych kontroloval hodiny pozorováním na pásážíku. Užil jsem k tomu vědeckých (rytmických) signálů pařížské stanice ($10^h 30^m$ S. E. Č., vlna 2650 m), které, jak na výsledcích ukáží, úplně stačí k odpovědi na

²⁾ Bock: Die Uhr, 2. Aufl. str. 57.

otázky, jež se při zkoumání hodin vyskytují. V této práci redukuji pozorování od 1. III. do 30. IX. 1930. Do 8. VI. stanoveny koincidence prohlédnutím proužku chronografu, od 16. VI. sluchem tím, že relais našich hodin spojovalo na krátko telefon přijímače. Poněvadž jsem proužků neproměřoval, nýbrž jen vyhledal koincidence, nemůžeme očekávatí valný rozdíl v přesnosti mezi oběma metodami. K této otázce se vrátím na konci svého článku.³⁾ Podotýkám, že k příjmu signálu jsme užívali dokonalého přijímače o 5 lampách (2 stíněných) a pěti laděných kruzích, který byl konstruován v laboratorích ministerstva pošt a telegrafů a našemu ústavu zapůjčen. Při registraci uváděl v činnost přijímač telegrafní relais (800 Ω); signály pařížské dávaly průměrně 8 miliampér. I na tomto místě děkujeme příslušným činitelům za jejich ochotu a laskavost. Získané koincidence byly redukovány pomocí tabulek Svobodových⁴⁾ a korekce opraveny podle hodnot uveřejněných ústavem Deutsche Seewarte.⁵⁾ Některé počty prováděl za mé kontroly pan L. Varga. Prvním předpokladem redukce je u kolečkového kontaktu znalost chyb jednotlivých sekund. Nalezl jsem je obvyklou cestou:⁶⁾ na chronografu psaly současně hodiny Satori a kyvadlový kontakt jiných hvězdných hodin (AI 16, Hg kompenzace, Hg kontakt). Po několik dnů prováděl jsem takto srovnání signálů obou hodin. Z výsledků odvozeny korekce jednotlivých sudých sekund, z nichž každá je střed z 10 hodnot (tabulka I.).

Sek.	Oprava	Sek.	Oprava	Sek.	Oprava	Sek.	Oprava	Sek.	Oprava	Sek.	Oprava
0	-0.001	10	+ 13	20	+ 8	30	+ 4	40	- 3	50	- 12
2	- 2	12	+ 11	22	+ 10	32	- 4	42	- 13	52	- 8
4	+ 2	14	+ 19	24	+ 14	34	- 3	44	- 13	54	- 14
6	+ 8	16	+ 2	26	+ 9	36	- 8	46	- 14	56	- 9
8	+ 7	18	+ 9	28	- 2	38	- 6	48	- 16	58	-

Poněvadž všechny naše chronografy jsou jehlové, kontroloval jsem jen sudé sekundy. Střední chyba hodnot uvedených v tabulce I. je $\pm 0.003^{\circ}$. Jak patrné, mají chyby převážně povahu *chyb excentricity*. Z některých dalších pokusů možno soudit, že velikost těchto chyb se poněkud mění, snad závisí na amplitudě kyvadla.

³⁾ Viz též Henderson: Comparison of the vernier and automatic methods of wireless signal reception. Pop. Astr. 38, 21.

⁴⁾ Svoboda: Sur le calcul des heures des signaux rythmés au moyen d'une table, A. N. 230, 375.

⁵⁾ A. N. 238, 281, 371 239 47, 247 240 199, 242 55.

⁶⁾ Viz na př. Wanach: Untersuchung einiger Radunterbrecher, A. N. 172, 145.

Pro náš účel však zatím stačí uvedená tabulka. Jak patrně, lze zanedbat při použité metodě redukční a pozorovací tyto chyby. Další důležité elementy jsou: tlak, teplota, vrstvení teploty, vlhkost vzduchu a amplituda kyvadla. Pro tlak vzduchu mohl jsem použít termínových pozorování meteorologů zdejšího ústavu, jimž děkuji i za přezkoušení Lambrechtova hygrometru, zavěšeného ve skříni hodin. Jako střední tlak jednodenního intervalu vzal jsem střed pozorování v 14, 21 a 7 hodin (místního času). Tato hodnota může se ovšem lišit od správného středního tlaku v nepříznivém případě přibližně až o 1 mm Hg. Teplotu jsem odečítal jen při signálu dvěma teploměry (0-20° C); spodní je 20 cm pod středem čočky kyvadla, vrchní je 78 cm nad spodním. Pro teplotu vzduchu ve skříni bral jsem střed čtení obou teploměrů; pro teplotu jednodenního intervalu střed z obou určení při signálech. — Nyní, kdy tepelná izolace místnosti byla poněkud zlepšena, obnáší denní rozdíl mezi maximem a minimem *teploty vzduchu v místnosti* nanejvýš 1.4° C. V době, pro kterou platí naše diskuse, byl poněkud větší; střední teploty udávané pro *skříň hodin* (amplituda ještě menší) nemohou se podstatně lišit od správných hodnot. Vliv teploty na hustotu vzduchu a tím na chod je ovšem značný. — Stejně bylo určováno vrstvení teploty jako rozdíl čtení obou teploměrů. Vlhkost odečítána také jen při signálech. Pokud se týče určení amplitudy, bylo naprosto nedostatečné zařízení na hodinách existující a tak mohl jsem ji měřiti teprve po skončení této serie pozorování. Namontoval jsem totiž k hodinám mikrometr podle návrhu Haynova,⁷⁾ což umožnilo mi měřiti amplitudu kyvadla se střední chybou $\pm 2''$. Výsledků částečně používám v dalším textu. Tabulka II. obsahuje pozorovací materiál pro intervaly 5—6denní.

Při výpočtu *koeficientu hustoty* užíváme veličiny d , dané rovnicí

$$d = b - 0.00367 bt - \frac{1}{3} e, \quad (1)$$

kde b je barometrický tlak (mm, Hg 0°), t teplota a e skutečné napětí vodních par ve skříni hodin. Veličina d je až na stálý koeficient specifická hmota vzduchu ve skříni hodin.⁸⁾ Tlak d (mm, Hg 0°) by měl suchý vzduch stejné spec. hmoty o teplotě 0°. — Víme z prací *Wanachových*, z nichž uvádím aspoň nejdůležitější,⁹⁾ že možno používati metody nejmenších čtverců vlastně jen pro *diference* chodů (g) zejména při určení koeficientu hustoty. Zpracujeme-li takto materiál v tabulce uvedený (Δg podle Δd), obdržíme pro koeficient hustoty hodnotu $+ 0.0142^\circ/\text{den}/1 \text{ mm}$. Vlastně bychom

⁷⁾ Hayn: Das elektrische Pendel der Leipziger Sternwarte. A. N. 192, 153.

⁸⁾ Viz na př. Strouhal: Thermika 339.

⁹⁾ Wanach: Über die Genauigkeit interpolierter und extrapolierter Uhrkorrekturen und Gänge, A. N. 190 169.

měli počítat současně koeficient teploty, nebo alespoň redukovat denní chody (ne průměrné 5denní), aby příslušné rozdíly teplot byly co nejmenší. V těchto případech vychází koeficient hustoty $+0.0151^{\circ}$ resp. $+0.0147^{\circ}$. Přijmeme hodnotu $+0.015^{\circ}$; střední chyba výsledku vychází v uvedených případech stejně $\pm 0.001^{\circ}$. Redukujeme-li chody tabulky II. pomocí koef. 0.015 na $d =$

Datum	Denní chod	Tlak	Tepl.	Vrstv.	Vlhkost	O—C
	<i>s</i>	<i>mm</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o/0</i>	<i>s</i>
III. 6.—1.	—0.264	759.8	8.5	0.39	61.1	+0.041
11.—6.	—0.408	50.3	9.3	0.44	61.2	+ 65
16.—11.	—0.618	37.7	9.1	0.36	60.8	+ 30
22.—16.	—0.635	43.0	11.8	0.40	61.8	+ 39
27.—22.	—0.564	51.0	12.7	0.32	62.4	+ 28
IV. 1.—III. 27.	—0.630	51.4	12.3	0.32	61.9	— 58
IV. 7.—1.	—0.690	45.6	12.2	0.32	60.8	— 39
13.—7.	—0.711	47.9	13.6	0.36	62.1	— 38
18.—13.	—0.941	35.3	15.0	0.32	62.2	— 36
23.—18.	—0.778	44.5	14.2	0.37	61.8	— 36
28.—23.	—0.850	49.1	17.2	0.41	62.8	— 56
V. 3.—IV. 28.	—0.890	44.4	17.7	0.33	62.5	— 11
V. 9.—V. 3.	—0.808	47.0	17.2	0.36	61.0	+ 16
14.—9.	—0.769	46.5	15.8	0.30	59.2	+ 5
19.—14.	—0.710	50.1	15.3	0.25	58.6	— 5
24.—19.	—0.740	51.1	16.0	0.28	58.7	— 23
29.—24.	—0.882	51.0	18.3	0.35	60.6	— 72
VI. 3.—V. 29.	—0.968	50.8	21.3	0.36	64.1	— 35
8.—3.	—0.888	53.8	20.3	0.32	63.1	— 35
21.—16.	—0.982	52.2	23.5	0.40	59.3	+ 12
26.—21.	—1.037	49.6	23.9	0.37	56.9	+ 9
VIII. 10.—5.	—0.900	47.8	21.5	0.29	55.6	+ 75
15.—10.	—0.920	46.5	19.9	0.31	57.2	+ 10
20.—15.	—0.758	50.4	18.0	0.25	58.5	+ 47
25.—20.	—0.842	54.1	21.3	0.41	61.6	+ 44
30.—25.	—0.806	57.8	22.0	0.29	61.2	+ 56
IX. 4.—VIII. 30.	—0.840	55.6	21.5	0.27	58.5	+ 30
IX. 9.—4.	—0.800	52.4	19.1	0.29	56.2	+ 15
14.—9.	—0.860	50.1	19.8	0.16	58.1	+ 22
19.—14.	—0.950	50.1	19.7	0.23	60.9	— 73
24.—19.	—0.886	49.6	18.7	0.29	61.6	— 41
30.—24.	—0.747	51.1	17.1	0.12	62.4	+ 15

$= 710 \text{ mm. (g')}$, nalezneme metodou nejmenších čtverců rovnici

$$g' = -0.714^{\circ} + 0.0054 t, \quad (2)$$

kdež stř. chyba koeficientů je $\pm 0.03^{\circ}$ resp. ± 0.002 . Vychází tedy koeficient teploty $= +0.005^{\circ} \pm 0.002^{\circ}$. Použijeme-li diferencí opravených chodů $\Delta g'$ a Δt , obdržíme stejně jako při současně redukcí Δg podle Δd a Δt tutéž číselnou hodnotu pro koeficient teploty,

ale střední chyba výsledku je větší. — Jak patrně, nalezená hodnota je dosti nejistá. U kompenzace křemenného kyvadla slouží k vedení čočky na tyči hoření objímka se třemi šrouby; nedotáhne-li tyto šrouby dostatečně, čočka se viklá. Dotáhne-li je příliš, přestane kompenzace fungovat. Chtěl jsem v přední řadě zjistit, zda kompenzace vůbec funguje. Jak z koeficientu teploty patrně, je tomu tak. — Číselná hodnota koeficientu má význam spíše teoretický. Je ostatně známo, že v pouhém materiálu daném časovou službou je velmi těžko odlišiti zejména vliv teploty kyvadla a hustoty vzduchu vzhledem k vztahu (1). Vliv vrstvení, který u křemenného kyvadla bude nepatrný, nelze v našem případě určit. Vyhledáme-li pomocí rovnice (2) zbývající odchylky, obdržíme hodnoty uvedené v posledním sloupci tabulky II. Nalézáme tu známý úkaz náhlých změn chodu hodin. Souvisí asi se změnami v pravidelném chodu teploty.

Vedle koeficientu hustoty a teploty mohl jsem odvoditi další vztah. Z denních záznamů korekce hodin, opravených pomocí odvozeného již koeficientu hustoty, vypočetl jsem střední variace chodu pro jednotlivé dny v týdnu. Nemohu otisknouti celý materiál, poněvadž by měl rozsah 5krát větší, než je tabulka II. Uvádím jen v tabulce III. výsledky. Prvý sloupec obsahuje označení dne,

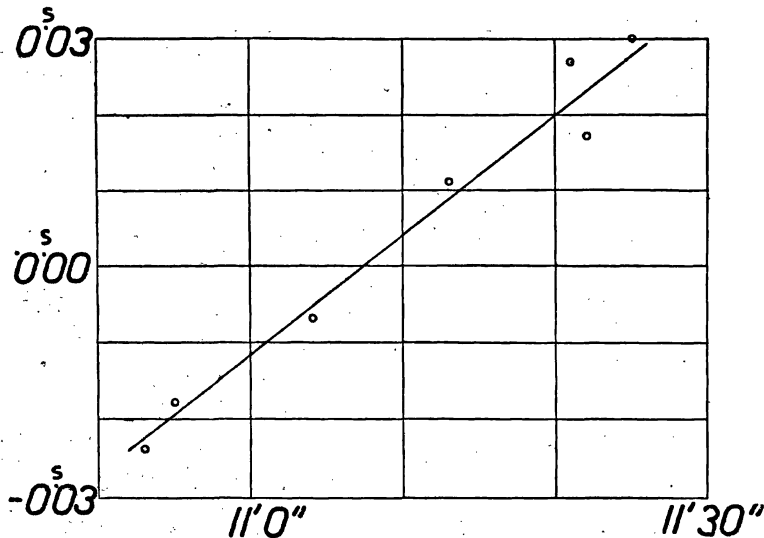
Den	Variace	Amplituda
sobota	+0.017	1° 11' 22"
neděle	+ 30	11' 25"
pondělí	+ 27	11' 21"
úterý	— 7	11' 4"
středa	+ 11	11' 13"
čtvrtek	— 24	10' 53"
pátek	— 18	10' 55"

druhý střední variaci chodu v 0.001°. Každá hodnota je střed z 5 až 18 určení (t. j. pondělků atd.). Její stř. odchylka je 0.010°. Ačkoliv je z tohoto sloupce zřejmé, že je jakási zákonitost pro variace chodu v jednotlivých dnech týdnu, zdálo by se nám, že ciferně je věc hodně nejistá. Ale je zajímavé, že tyto střední variace chodu postupují paralelně se změnami amplitudy kyvadla v jednotlivých dnech v týdnu; To jsou hodnoty třetího sloupce naší tabulky III. (výchylky z rovnovážné polohy kyvadla). Získal jsem je z údobí únor až duben 1931. Každá hodnota je střed ze 7 určení (t. j. pondělků atd.), stř. odchylka $\pm 15''$. Grafické znázornění obsahuje graf 1. (x amplitudy, y denní variace).

Hodiny se natahovaly v sobotu ráno. Zda běží o vliv závaží, či jiný, nelze zatím rozhodnout. Závaží (válec o průměru 5 cm,

výšce 11 cm) pohybuje se v rovině kmitu kyvadla, je vzdáleno od svislého kyvadla 12 cm a klesne za týden o 70 cm. Podrobněji ovšem bude možno věc vyšetřit až na rozsáhlejším materiálu několika let.

Pokusím se odvodit střední, denní, nahodilou variaci chodu hodin Satori (δ), jakožto veličinu příznačnou pro jakost hodin. Je patrné, že musím obdržet veličinu příliš velikou, že tedy hodiny jsou ve skutečnosti ještě lepší. Jednak není v materiálu pětidenním



vzat ohled na pravidelné změny chodu během týdne, jednak není do podrobností vyšetřena vliv amplitudy. — Na zbývajících odchylkách (I. -diference posledního sloupce tabulky II.) účastní se jednak δ , jednak μ , střední chyba korekce hodin Satori. V té je zase obsažen vliv chyb srovnání mých hodin a hodin Seewarte radiotelegrafickou cestou, chyba určení a interpolace času v Hamburku. Přesně vzato, opominuli jsme již vpředu jednu okolnost: naše korekce nemají pro všechna data stejnou váhu, závisí na vzdálenosti ode dnů, kdy Seewarte pozorovala hvězdy, a na délce intervalu mezi dvěma sousedními pozorováními hvězd. Obdržíme tedy jakousi střední hodnotu pro μ . Ostatně připomínám, že při použití Wanachovy formule na korekce získané pozorováními hvězd zase nutno aplikovati střední hodnotu pro T (interval) a tedy výsledky jsou i v tom případě jen přibližné. Formule tato¹⁰⁾ zní

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{3T}{1 + 2T^2} \left(M - \frac{6\mu^2}{T^2} \right)},$$

¹⁰⁾ l. c: A. N. 190, 181.

kdež M je střední hodnota čtverců rozdílů chodu. Učínme nejprve zjednodušující předpoklad $\mu = 0$, pak vychází $\delta = \pm 0.02^\circ$. Ale je možné odvodit z materiálu pozorovacího bez dalších prostředků přibližně hodnotu δ i μ . Použijeme k tomu té okolnosti, že vliv δ a μ jeví se různě u rozdílů chodů bezprostředně následujících než u alternujících rozdílů, nebo rozdílů ob 2 intervaly. Nastoupíme jaksi cestu, jakou Wanach v uvedené práci⁹⁾ dokazoval použitelnost metody nejmenších čtverců na difference chodů. Z formulí pro přímé, alternující rozdílly a rozdílly ob 2 intervaly plynou rovnice

$$\begin{aligned} \frac{1 + 2T^2}{3T} \delta^2 + \frac{6\mu^2}{T^2} &= M \\ \frac{1 + 5T^2}{3T} \delta^2 + \frac{4\mu^2}{T^2} &= M' \\ \frac{1 + 8T^2}{3T} \delta^2 + \frac{4\mu^2}{T^2} &= M'' \end{aligned} \quad (3)$$

M , M' a M'' lze snadno vypočítati z posledního sloupce tabulky II. Jsou patrně alternující rozdílly chodů vždy součtem následujících dvou, rozdílly ob dva intervaly součtem tří rozdílly bezprostředně následujících.

Zde můžeme zároveň řešiti otázku, který z pozorovacích způsobů je přesnější: zda odečítání koincidencí na proužku chronografu, či sluchem (v uvedeném uspořádání). Stačí, abychom vyšetřili hodnoty M , M' a M'' pro dobu do 16. VI. (I) a zbytek doby (II), který ovšem obsahuje méně pozorování a dá tedy méně přesný výsledek.

Dosazením do rovnic (3) obdržíme:

$$\begin{aligned} \text{(I)} \quad \delta &= \pm 0.013^\circ & \text{(II)} \quad \delta &= \pm 0.014^\circ \\ \mu &= \pm 0.050^\circ & \mu &= \pm 0.067^\circ \end{aligned}$$

Odečítání koincidencí na proužku je tedy pravděpodobně přece jen přesnější. V obojím případě vychází pro μ hodnota značně velká. Uvedl jsem již dříve okolnosti, jež zde působí. Bylo by záhodno prostudovati blíže působení kontaktu hodin Satori a naše relais.*) Rozdílly hodnot μ jsou příliš malé, než aby bylo třeba znovu

*) Poznámka při korektuře: V prosincovém čísle (1931) časopisu „Himmelswelt“ udává Freiesleben jako střední chybu hamb. korekcí $\pm 0.03^\circ$. Střední chyba rozdílly mezi korekcemi hodin Satori, získanými z objevení a zmizení signálu (část chyb příjmu včetně kolísání délky signálu), činí $\pm 0.032^\circ$. Poněvadž jsem bral v této práci v počet jen okamžiky zmizení signálu, vychází pro podíl na μ , způsobený uvedenými příčinami, hodnota $\pm 0.030^\circ$ až $\pm 0.044^\circ$. Protože zmíněnými okolnostmi nejsou vyčerpány všechny možné vlivy, odpovídají asi značné hodnoty μ v mé práci skutečnosti.

redukovati tab. II. s ohledem na váhu pozorování. Hodnota δ je v obou případech stejná, což bylo očekávaní a svědčí s ohledem na okolnosti výše zmíněné o velmi dobré jakosti hodin Satori 582.

Stará Ďala v srpnu 1931.

*

Étude du réflecteur de l'observatoire de St. Ďala.

(Résumé de l'article précédent.)

Dans sa première partie de l'étude des erreurs instrumentales du nouveau réflecteur de 60 cm (Zeiss) l'auteur s'occupe du pendule Satori 582 qui sert à synchroniser le moteur électrique du réflecteur. C'est un pendule sidéral à poids (avec un pendule compensé de quartz) soumis aux variations naturelles de la pression atmosphérique. L'heure exacte fut déterminée au moyen des signaux rythmés de la Tour Eiffel et des corrections de „Seewarte, Hamburg”. L'auteur trouve les erreurs du contact du pendule (tab. I.), le coefficient barométrique $0.015^s/1mm/jour$ et le coefficient thermique $0.005^s/1^0/jour$. Puis des changements systématiques de la variation diurne de la marche et de l'amplitude du pendule pendant les jours de la semaine écoulée entre deux remontages de l'horloge (tab. III.). Enfin, l'auteur indique une méthode qui permet de séparer la variation moyenne, diurne, accidentale de la marche et l'erreur moyenne de la correction du pendule qui est fondée sur un travail de Wanach (formules 3). La variation moyenne diurne du pendule Satori était $\pm 0.014^s$. La dernière colonne de la tab. II. permet d'étudier les changements brusques de la marche.