Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Arnošt Dittrich

Délka dne v babylonských tabulkách měsíčních

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 67 (1938), No. 3, 216--221

Persistent URL: `http://dml.cz/dmlcz/123855`

Délka dne v babylonských tabulkách měsíčních.

Arnošt Dittrich, Praha.

Věnováno panu profesorovi dr. Františku Nušlovi k jeho sedmdesátinám v den 3. prosince 1937.

V babylonských tabulkách měsíčních vyskytuje se sloupec věnovaný délce dne. Zpravidla následuje za délkou novu, jež je zároveň délkou slunce. Patrně se z ní počítá. Též délka dne je oscilující veličinou, jež kolísá mezi letní a zimní slunovratovou hodnotou. Ale kolísání to nezpracuje se pomocí babylonské řady aritmetické se stálou diferencí. Zde se diference skočmo mění.

Všimněme si tab. 1. — Vyjímá z Kidinnuovy tabulky nového světla, Nro. 272, sloupec *B*, jenž udává délku novu, sloupec *C*, délku dne, a sloupec *D*, jenž udává délku poloviční noci. Délka novu udává se ve stupních a jejich šedesátinných zlomcích. Den a polovina noci udává se v míře ^{z} $^\circ$ $'$, nám již ze sloupců *G* až *L* povědomých.[1] Prvé číslo, značené ^{z}, jež nikdy nepřekročí 6, značí násobek 4^h, druhé je vyjádřeno v šedesátinách jedné čtyrhodiny, značí tedy 4^m našeho obvyklého čítání času. Značkou čtyrminuty je $^\circ$. Rovník otočí se za 4^m právě o 1°, čím tato značka se motivuje. Další značka $'$ znamená šedesátinu z 1°, tedy 4^s.

V této časomíře doplňuje se Babyloňanům den se svou nocí na 6^z. Proto počítá se délka poloviční noci *D* ze vzorce

$$D = \frac{6 - C}{2}.$$

Přezkoumáme-li čísla *C*, *D* z tab. 1. vidíme, že v sloupci *D* poloviny časového stupně, jež platí 4^m, se zaokrouhlují, a to zpravidla dolů, tedy vynecháváním. Také délky dne jsou zaokrouhleny na celistvé $^\circ$ časové. Jsou však přece jen spolehlivější. Proto se budeme držeti především jich.

[1]) Pojednání to jest pokračováním v tomto časopise uveřejněných článků: „Matematické prostředky babylonských astronomů" (1933). — „Náhrada astronomických tabulek babylonských trigonometrickými vzorci" (1934).

Tabulka 1.

Z tabulky pro nové světlo Luny*) č. 272,81—7—6.

Čís.	Délka novu $\sim B$		Délka dne $\sim C$	Polovina noci $\sim D$
1	2° 2′ 6″ 20‴	Arietis	2^z 56°	1^z 32°
2	0 52 45 38	Tauri	3 14	1 23
3	29 25 24 56	Tauri	3 26	1 17
4	27 40 4 14	Gemin.	3 34	1 13
5	26 4 44 16	Cancri	3 32	1 14
6	24 47 24 18	Leonis	3 24	1 18
7	23 48 4 20	Virginis	3 9	1 25
8	23 6 44 22	Librae	2 51	1 34
9	22 43 24 24	Scorpii	2 36	1 42
10	22 38 4 26	Arcit.	2 27	1 46
11	22 29 22 24	Capri	2 27	1 46
12	22 2 40 22	Amph.	2 36	1 42
13	21 17 58 20	Piscium	2 50	1 35
14	20 15 16 18	Arietis	3 7	1 27
15	18 54 34 16	Tauri	3 22	1 19
16	17 15 52 14	Gemin.	3 32	1 14
17	15 33 53 36	Cancri	3 35	1 12
18	14 9 54 58	Leonis	3 28	1 16
19	13 3 56 20	Virginis	3 15	1 22
20	12 15 57 42	Librae	2 58	1 31
21	11 45 59 4	Scorpii	2 41	1 40
22	11 34 0 26	Arcit.	2 29	1 45
23	11 31 57 4	Capri	2 25	1 47
24	11 11 53 42	Amph.	2 31	1 44
25	10 33 50 20	Piscium	2 43	1 38
26	9 37 46 58	Arietis	3 1	1 29
27	8 23 43 36	Tauri	3 18	1 21
28	6 51 40 14	Gemin.	3 29	1 15
29	5 3 2 56	Cancri	3 35	1 12
30	3 32 25 38	Leonis	3 31	1 14
31	2 19 48 20	Virginis	3 20	1 20
32	1 25 11 2	Librae	3 4	1 28
33	0 48 33 44	Scorpii	2 46	1 37
34	0 29 56 26	Arcit.	2 33	1 43
35	0 29 19 8	Capri	2 26	1 47
36	0 15 54 26	Amph.	2 28	1 46
37	29 44 29 44	Amph.	2 39	1 40
38	28 55 5 2	Piscium	2 54	1 33
39	27 47 40 20	Arietis	3 12	1 24

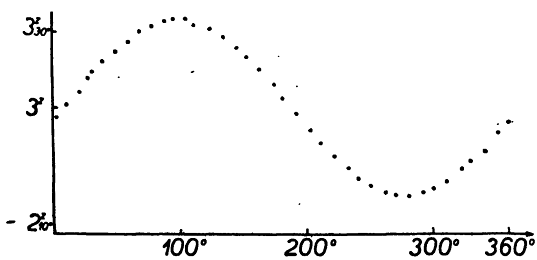
Založme si nyní tab. 2. Obsahuje celkem čísla z tab. 1., ale jsou přerovnaná, jak patrno na očíslování ve sloupci 1. Přerovnání nechává délky neustále růsti. Délky jsou nyní vyjádřeny celými stupni obloukovými a jejich decimálními zlomky až do tisícin. V dalším sloupci nalezneme příslušnou délku dne.

*) F. X. Kugler, Die Babylonische Mondrechnung, 12 (1900).

Tabulka 2.

Čís.	Délka novu	Délka dne	Čís.	Délka novu	Délka dne
1	2,035°	2^{z} 56°	32	181,420°	3^{z} 4°
26	9,630	3 1	20	192,266	2 58
14	20,255	3 7	8	203,112	2 51
39	27,795	3 12	33	210,800	2 46
2	30,879	3 14	21	221,766	2 41
27	38,395	3 18	9	232,723	2 36
15	48,910	3 22	34	240,499	2 33
3	59,423	3 26	22	251,567	2 29
28	66,861	3 29	10	262,635	2 27
16	77,265	3 32	35	270,489	2 26
4	87,668	3 34	23	281,532	2 25
29	95,051	3 35	11	292,490	2 27
17	105,565	3 35	36	300,265	2 28
5	116,079	3 32	24	311,198	2 31
30	123,540	3 31	12	322,045	2 36
18	134,165	3 28	37	329,742	2 39
6	144,790	3 24	25	340,564	2 43
31	152,330	3 20	13	351,300	2 50
19	163,066	3 15	38	358,918	2 54
7	173,801	3 9	1	2,035	2 56

Vykreslíme si graf, jenž směrem vodorovným nanáší délku slunce, svislým délku dne. Viz obr. 1. Obdržíme vlnu složenou z lomených úseček, jež se blíží sinusoidě. Obecně Babyloňané



Obr. 1.

čtvrtvlnu nahradí jedinou tětivou. Zde užity tětivy tři. Usiluje se patrně o jemnější přiblížení než aritmetickou řadou střídavě stoupající a klesající.

Přes zaokrouhlení na celistvé stupně časové pro 4^{m} je tabulka důvěryhodná. Chceme z ní určiti, na který stupeň padl Babyloňanům bod jarní. Otázka ta není zbytečná. U Řeků byl na 0°, což jsme i my přejali. Ale kdysi byl i na 15°, ba jsou i záznamy, jež jej kladou na 8° neb 10°. Pohyb bodu jarního může býti zdánlivý od nepřesného roku tropického. Ale je i skutečný od praecesse. Dokud tato nebyla objevena, projevoval se jako přemístění bodu jarního v ekliptice od předků zděděné.

Stanovil jsem nejprve polohu slunovratů. Sluneční délce $90 + x$ přísluší u Babyloňanů den tak dlouhý, jako v čas délky $90 - x$. Totéž platí o délkách $270 + x$, $270 - x$. Vyjdeme od tab. 2 a nalezneme obyčejnou lineární interpolací ke každé délce dne souměrnou vůči slunovratu. Máme nyní dvě délky sluneční, jež souměrně obstupují slunovrat. Aritmetický střed obou dá délku slunovratu samého. Dostaneme pro něj 39 hodnot. Tři vyloučíme. Jsou nespolehlivé, pocházejíce z hodnot slunovratu blízkých, kdy zaokrouhlení dne na celistvé stupně časové nejvíce ruší. Zbude nám 36 položek slunovratových, mezi 99,5° až 96,7°. Průměr: 98,227°.

Podobně jsem užil rovnodennosti. V babylonské aproximaci má den délku $3^z - y^\circ$ právě x dnů před rovnodenností, ale $3^z + y^\circ$ právě x dnů po rovnodennosti. Zase jsme vyloučili tři hodnoty opírající se o nejkratší a nejdelší dny. Zbylo 36 hodnot, jež kolísají mezi 9,8° až 6,6°. Střední hodnota jest 8,242°.

Ze slunovratů dostaneme tedy bod jarní 8,23°, z rovnodennosti 8,24°. Zajisté lze počítati na to, že zlomek stupně byl okrouhlý v šedesátičném ponětí čísel. Vidím v něm přiblížení k 15′, takže bod jarní padl na 8° 15′.

To je ale právě hodnota, k níž Kugler[2]) dospěl zcela jinou cestou, totiž přes klínopisný materiál. Zvolil si nejprve tabulky, kde délka dne byla udána nezkráceně. Pak se mohl opříti o babylonské schema k počítání délky dne z délky slunce; je zachováno ve formě úplného početního návodu. Nyní navrhl si sám změny konstant, aby se početní schema hodilo pro tabulku Kidinnuovu. Pak určil numerickou zkouškou polohu bodu jarního. Schema Kuglerovo vyjadřuje tab. 3.

Tabulka 3.

Délka slunce	Na 1°	Den	Na 1°	Délka slunce
8° 15′ Capri		2^z 24°		8° 15′ Capri
8 15 Amph.	+ 12′	2 30	— 12′	8 15 Arcit.
8 15 Piscium	+ 24	2 42	— 24	8 15 Scropii
8 15 Arietis	+ 36	3 0	— 36	8 15 Librae
8 15 Tauri	+ 36	3 18	— 36	8 15 Virginis
8 15 Gemin.	+ 24	3 30	— 24	8 15 Leonis
8 15 Cancri	+ 12	3 36	— 12	8 15 Cancri

[2]) Kugler, Mondrechnung, 95.

Chceme-li znáti délku dne, když slunce stálo v 9° 15′ Capri, musíme k 2z 24° přidati 12′, kde 1′ = 4s. Pro 10° 15′ Capri dostaneme 2z 24° 24′ atd.

Kugler legitimuje správnost svého postupu úspěchem.[3]) Vypočítává pro příslušné délky sluneční trvání dne, zaokrouhluje na celistvé stupně časové a srovnává se sloupcem *C* a *D*. Den vyjde vždy přesně pro každou dobře čitelnou hodnotu originálu. Jen na třech místech jsou úchylky o jednotku posledního místa, t. j. o čtyři minuty. Ale to se vyrovnává shodou pro polovinu noci *D*.

Lomené úsečky, jíž Babyloňané aproximovali vlnu, nebudeme tentokrát vyjadřovat cosinem. Raději srovnáme přímo jejich aproximaci s délkou dne v Babyloně v různou dobu roční, jak nám jej poskytují tabulky Schochovy.[4])

Tabulka 4.

⊙	Den	Den	Schoch	Δ	⊙
270° ↓	2z 24°	9h 36m	9h 58m	— 22m	↑ 270°
280	2 26	9 44	10 2	— 18	260
290	2 28	9 52	10 8	— 16	250
300	2 30	10 0	10 18	— 18	240
310	2 34	10 16	10 34	— 18	230
320	2 38	10 32	10 50	— 18	220
330	2 42	10 48	11 8	— 20	210
340	2 48	11 12	11 28	— 16	200
350	2 54	11 36	11 48	— 12	190
0	3 0	12 0	12 8	— 8	180
10	3 6	12 24	12 28	— 4	170
20	3 12	12 48	12 48	0	160
30	3 18	13 12	13 8	+ 4	150
40	3 22	13 28	13 26	+ 2	140
50	3 26	13 44	13 44	0	130
60	3 30	14 0	13 58	+ 2	120
70	3 32	14 8	14 10	— 2	110
80	3 34	14 16	14 16	0	100
90 ↓	3 36	14 24	14 20	+ 4	90

V tabulce 4 je den Kidinnův udán v našich hodinách a minutách ve 3. sloupci. Ve sloupci 4. jsou čísla Schochova a za ním diference Δ. Vidíme, že babylonská schematisace odchyluje se až o — 22m od nejkratšího dne, kdežto nejdelší den o + 4m se pro-

[3]) „Mondrechnung", 101, sloupec VI. a VII.

[4]) K. Schoch, „Planeten-Tafeln für jedermann". Str. 3. Tab. B. (1927). — Udává se polovina denního oblouku. Den začíná, když refrakcí zvednutý horní okraj slunce stojí na obzoru. Končí posledním zábleskem světla za obdobných okolností.

dlužuje. Brali patrně nejdelší den okrouhle jako $3\frac{3}{5}$, nejkratší $2\frac{2}{5}$ čtyrhodin. Schoch udává na str. 3 v tab. D nejdelší den babylonských 14^h $19{,}5^m$, nejkratší 9^h $58{,}9^m$.

Ani babylonská astronomie nespadla s nebe jako zázrak a dokonalost. I její vymoženosti se postupně vybojovaly a zlepšovaly. Ještě není odvaha držeti se empirického, tabulovaného zákona. Přednost se dává zjednodušující schematisaci.

*

La longeur du jour dans les tables lunaires des Babyloniens.

(Extrait de l'article précedent.)

La table de Kidinnu No. 272 contient après la colonne *B* avec les longueurs du soleil la colonne *C* avec les longuers du jour respectives. Voilà la table 1. La colonne *D* calcule de *C* la moitié de la nuit. Dans la table 2. qui est arrangée d'après les longueurs, on trouve 39 valeurs pour *C* comme fonction de la quantité *B*. Le graphique (fig. 1.) montre que cette fonction approche de la sinusoide. Chaque de l'onde est composé de trois cordes. A l'aide des valeurs qui sont placées symétriquement autour des solstices ou des équinoxes 4^m autour a trouvé la position du point vernal des Babyloniens $8^\circ\ 15'$.

La table No. 3. explique le mécanisme du calcul des Babyloniens découvert par Kugler. La table No. 4. fait la comparaison entre les longueurs du jour des Babyloniens et entre celles de Schoch. La différence s'explique par la tendance des Babyloniens à avoir une valeur arrondie pour le plus court et le plus long jour.