Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Arnošt Dittrich
Šířka Luny v klínopisné tabulce Kidinnu-ově

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 65 (1936), No. 4, 245--258

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/109329

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1936

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

Šířka Luny v klínopisné tabulce Kidinnu-ově.

Dr. **Arnošt Dittrich**, Stará Ďala.

(Došlo dne 1. října 1935.)

Sloupec věnovaný v tabulce Kidinnu-ově šířce Luny vyjádříme cosinem, čímž se zbavíme chyb, jež jsou od archaické početní techniky Babyloňanů. Pak můžeme pomocí tabulky předpovídati zatmění. Nalezneme dvě, jež jsou ob jednu lunaci od sebe. Z babylonských délek Luny určíme si přibližnou dobu roční těchto dvou zatmění a hledáme je pak v Oppolzerově „Canonu". Nalezneme čtyři data ob saros od sebe vzdálená. Pravé datum vybereme z nich dvojí cestou: jednak z okolnosti, že první zatmění padlo na 28 Arahsamna babylonského kalendáře, jednak z okolnosti, že v tabulce Kidinnu-ově objevuje se jednou Elul II. Obě cesty vedou k témuž datu, jež se shoduje s epochou, kterou udává okraj tabulky v éře Arsasovců i Seleukovců. Též ostatní zatmění z tabulky předpověděná shodují se svými intervaly přesně s Oppolzerovým „Canonem". Tabulka vyjadřuje šířku Luny uspokojivým způsobem.

Znalost šířky je důležitá pro předpovídání zatmění slunečních a měsíčních. Padne-li nov měsíční blízko uzlu, lze čekati zatmění slunce. Stojí-li úplněk blízko uzlu, lze čekati zatmění měsíce. Na Kidinnuově tabulce nového světla[1]) nalézá se sloupec věnovaný šířce Luny bezprostředně za sloupcem D pro poloviční noc a před sloupcem F pro rychlost Luny. Je to sloupec E z tab. 1.

Všimněme se babylonských slůvek num (= eliš, t. j. severně, nahoře) a sik (= šapliš, t. j. jižně, dole). To je náhrada našich znamének + a —. Nulla, průchod uzlem označen slovem bar (bod průchodní, uzel).

Původně pozorovalo se bez nástrojů. Jak mohl takový pozorovatel stanoviti šířku Luny? — To není jinak možno, než když mu ekliptika nějakým způsobem je dána. Zhruba lze večer na modrém nebi určiti ekliptiku pomocí planet (na př. Venuše a Jupi-

[1]) Viz články: „Matematické prostředky babylonských astronomů". Časopis **63** (1933), 17. — „Náhrada astronomických tabulek babylonských trigonometrickými vzorci". Časopis **63** (1934), 82.

Tab. 1.

Z tab. pro nové světlo Luny*) č. 272, 81-7-6.

No.	E				e*
0.					
1.	6	5	30	sik	— 4,28°
2.	9	46	30	sik	— 4,94
3.	5	54		sik	— 4,21
4.	2	1	30	sik	— 2,31
5.	1	51		bar	+ 0,24
6.	2	43	30	num	+ 2,72
7.	6	36		num	+ 4,44
8.	9	16		num	+ 4,92
9.	5	33	30	num	+ 4,02
10.	1	31		num	+ 2,00
11.	2	21	30	bar	— 0,58
12.	3	14	0	sik	— 3,00
13.	7	6	30	sik	— 4,19
14.	8	45	30	sik	— 4,88
15.	4	53		sik	— 3,81
16.	1	0	30	sik	— 1,68
17.	2	52		bar	+ 0,92
18.	3	44	30	num	+ 3,27
19.	7	37	0	num	+ 4,70
20.	8	15		num	+ 4,81
21.	4	22	30	num	+ 3,58
22.	0	30	0	num	+ 1,35
23.	3	22	30	bar	— 1,26
24.	4	15	0	sik	— 3,52
25.	8	7	30	sik	— 4,79
26.	7	44	30	sik	— 4,73
27.	3	52	0	sik	— 3,34
28.	0	0	30	bar	— 1,01
29.	0	53		num	+ 1,59
30.	4	45	30	num	+ 3,75
31.	8	38		num	+ 4,87
32.	7	14		num	+ 4,61
33.	3	21	30	num	+ 3,07
34.	0	31	0	bar	+ 0,67
35.	1	23		sik	— 1,92
36.	5	16		sik	— 3,97
37.	9	8	30	sik	— 4,91
38.	6	43	30	sik	— 4,48
39.	2	51		sik	— 2,89

*) Kugler: Mondrechnung. 12, 13.

tera) a slunce na obzoru. Zavřeme jedno oko a napneme pro druhé šňůru tak, aby procházela co nejtěsněji mezi planetami jdouc přesně středem kotouče slunečního. Tak dostaneme přibližnou polohu ekliptiky a je-li měsíc vidět, máme i úsudek o jeho šířce. Přesněji lze dostati ekliptiku na nočním nebi. Lze určiti rovnou její polohu vůči stálicím. Při dlouho trvajícícm úplném zatmění měsíce stojí Luna, když je nejhloub vnořena do stínu země, skoro v uzlu, a tedy i v ekliptice. Poloha zàtmělého měsíce vůči stálicím určuje tedy i jeden bod ekliptiky na klenbě nebeské. Každé další takové zatmění poskytne i další bod na hvězdném nebi, jímž ekliptika prochází. Tak lze časem zjistiti polohu ekliptiky vůči stálicím. Pozorovatel, jenž zná polohu ekliptiky, může ji kdykoliv pro své oko realisovati napnutou bílou šňůrou, jež se mu do ní promítá. Pak může průměr Luny užíti jako míry a odhadnouti, jak daleko v této míře stojí Luna od ekliptiky. Při přepočítání na naší míru úhlovou položí se průměr Luny roven polovině obloukového stupně. To pro odhadovou metodu stačí.

Taková nějaká prostá měření tušíme za sloupcem E. — Odložme pro začátek interpretaci sloupce a studujme jej jen jako oscilaci neznámé veličiny, jež vyjádřena po babylonském způsobu aritmetickou řadou. Užijeme techniku, kterou jsem podrobně vysvětlil v článku „Matematické prostředky babylonských astronomů“. Psaní čísel v sloupci E z tab. 1 jest šedesátičné. Jednotka prozatím není známa. Vyjma tam, kde je jednoduchá či dvojitá čára nalezneme obecně tutéž diferenci $3^{I}\,52^{II}\,30^{III}$, kde římské cifry nahoře mají obdobný význam jako úhlové značky $^{\circ}\,'\,''$.)[2] Volíme římské značky, protože hodnota jejich pro začátek není nám známa. Víme jen, že

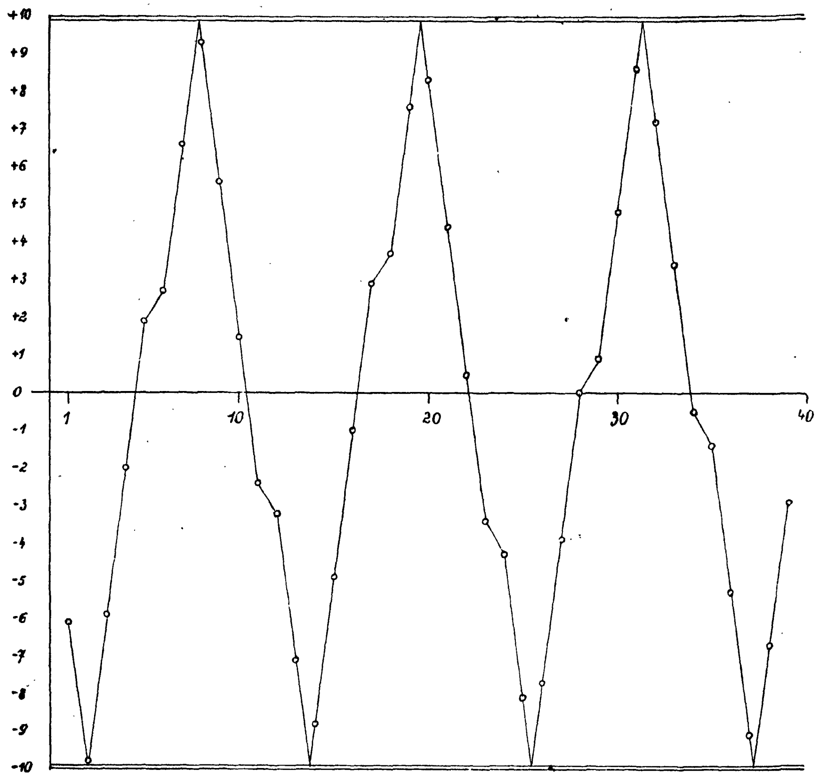
$$1^{I} = 60^{II},\ 1^{II} = 60^{III}.$$

Ale jakou úhlovou měrou jest 1^{I} prozatím nevíme. Nevíme ani, je-li to vůbec míra úhlová. Toho se jen per analogiam dohadujeme.

Kde jest jednoduchá neb dvojitá čára v tab. 1 sloupce E, nalezneme obvyklou početní technikou Babyloňanů ideální (záporné) minimum neb (kladné) maximum. Absolutní hodnoty obou extrémů se shodují a činí $9^{I}\,52^{II}\,15^{III}$. Jen u členů následujících po znamení bar objeví se důsledně diference $0^{I}\,52^{II}\,30^{III}$ místo $3^{I}\,52^{II}\,30^{III}$, tedy hodnota o 3^{I} sražená. To je něco nového. Zjednejme si graf tabulky E, abychom tuto zvláštnost přehlédli. Viz graf na obr. 1.

Na grafu vidíme, že se nejedná o normální babylonskou oscilaci, která se vyjadřuje serií lomených úseček, jež tvoří jako by paprsek světelný mezi dvěma rovnoběžnými zrcadly sem tam reflektovaný. Kdysi se patrně takového schematického vyjádření,

²) F. K. Kugler: Die babylonische Mondrechnung, 38—40, 1900.



Obr. 1.

jak naznačeno na obr. 2, užívalo. Diference byla $3^{I}\,52^{II}\,30^{III}$, ale amplituda byla větší o $1^{I}\,30^{II}$. Perioda této vlny τ vyjádřená jednotkou T_S plyne z relace

$$\tau = \frac{4A}{d} = \frac{4\,(9^{I}\,52^{II}\,15^{III} + 1^{I}\,30^{II})}{3^{I}\,52^{II}\,30^{III}} = 11\,\frac{343}{465}\,T_S. \qquad (1)$$

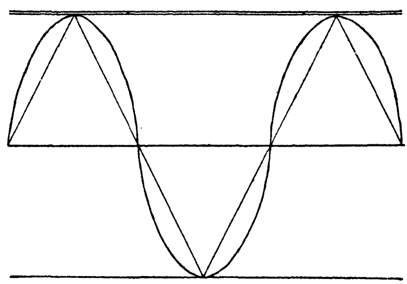
Perioda jest sice dobrá, jak později uvidíme, ale amplituda je příliš veliká. My bychom zavedli jednoduše jinou diferenci δ, jak ji vyžaduje zmenšená amplituda, a počítali bychom δ z relace

$$\frac{4\,(A - 1^{I}\,30^{II})}{\delta} = \frac{4A}{d},$$

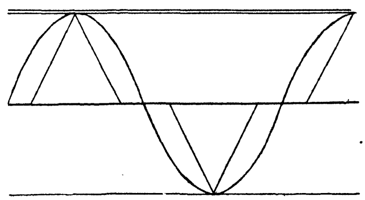
takže

$$\delta = d\left(1 - \frac{1^{I}\,30^{II}}{A}\right).$$

Babyloňané — nevíme prozatím proč — chtěli si zachovat diferenci starou; proto snížení amplitudy způsobí ztrátu kontinuity. Na obr. 3 vidíme jak sníženou vlnu aproximují vsunutými trojúhelníky. Mají při reflexních čarách tytéž úhly vrcholové jako dříve. Ale nyní se již nespojují základny jejich na ose vlny v nepřerušenou přímku. Vždy po překročení této osy objeví se v tabulce bar. Pak se místo d přidá jen $(d - 3)$, čím se přehoupneme na rameno sousedního trojúhelníka. To se stane — viz obr. 1 — jednou při sestupu a jednou při vzestupu, takže amplituda sníží se o $^3/_2$.



Obr. 2.



Obr. 3.

Co znamená amplituda $9^{\mathrm{I}}\ 52^{\mathrm{II}}\ 15^{\mathrm{III}}$? — Přirozenou měrou pro stanovení šířky, je odhadování její v průměrech Luny à 30′. V čas novu a úplňku je podle Tycho Brahe-a největší šířka 4° 58′ 30″.[3]) Přepočítejme to, berouce $\frac{1}{2}$ stupně za míru a dostaneme $9^{\mathrm{I}}\ 57^{\mathrm{II}}\ 00^{\mathrm{III}}$; tím přiblížili jsme se babylonské amplitudě na 0,7%. Zajisté má Kugler pravdu, když klade $1^{\mathrm{I}} = 0{,}5°$.

Dosud je výklad sloupce E šířkovým pohybem Luny jen míněním. Jsou však v číselném materiálu již sděleném doklady, že tím jsme na správné cestě. Všimněme si vzorce (1), který jsme objevili jako periodu klikatiny na obr. 1. Plyne z něho

$$\tau = \frac{5458}{465} T_S. \tag{2}$$

Čitatel 5458 je však znám z Hipparchova sdělení, jež zachoval Almagest.[4]) Značí-li T_d dračí oběh Luny, jest

$$5458\, T_S = 5923\, T_d. \tag{3}$$

Tím je nalezen most od sloupce E v babylonské tabulce k šířce Luny. Čitatel má 4 cifry. Čtyrciferných čísel je 10 000. Je tedy pravděpodobnost nahodilé shody 1 : 10 000. — Tu poskytuje číslo 5458. Ale také číslo 5923 je ve vzorci (2) ukryto. Dostane se sečtením čitatele a jmenovatele. Jde tedy o shodu na 8 cifer.

[3]) Kugler: Mondrechnung, 45.

[4]) K. Manitius: Ptolemäus Handbuch der Astronomie, I, 198. 1912.

Pravděpodobnost její nahodilosti jest 10^{-8}, činí jen stotinu jedné miliontiny.

Dračí oběh

$$T_d = 27^d{,}21222 \tag{4}$$

je o

$$2^d{,}31837,$$

kratší než synodický

$$T_S = 29^d{,}53059. \tag{5}$$

Protože po čase T_d šířka se restituuje, udává diference

$$d = 3^{\mathrm{I}}\ 52^{\mathrm{II}}\ 30^{\mathrm{III}}$$

změnu šířky, jež nastane za čas

$$T_S - T_d.$$

Protože Babyloňané svými primitivními prostředky kladou tuto změnu úměrnou uplynulé době, jest

$$\frac{d}{T_S - T_d} = \frac{4A}{T_d}.$$

Z toho plyne dosazením

$$\frac{3^{\mathrm{I}}\ 52^{\mathrm{II}}\ 30^{\mathrm{III}}}{T_S - T_d} = \frac{4\,(9^{\mathrm{I}}\ 52^{\mathrm{II}}\ 15^{\mathrm{III}} + 1^{\mathrm{I}}\ 30^{\mathrm{II}})}{T_d}.$$

Čísla v čitatelích známe ze vzorce (1). Je tedy

$$\frac{\tau}{T_S} = \frac{T_d}{T_S - T_d} = 11\,\frac{343}{465},$$

z čeho dostaneme relaci (3), dosud spojovanou se jménem Hipparchovým.

Babylonské sešinutí, jímž se trhá kontinuita není šťastnou myšlenkou. Marně pokusil jsem se z grafu 1 o předpovídání a identifikaci zatmění. Ale k tomu nebyla tabulka Kidinnu-ova pořízena; slouží ku stanovení nového světla a k tomu hrubé údaje o šířce stačí. Musil tu být asi vážný důvod, když Babyloňané tak nedokonalou tabulku snášeli. Když bychom počítali se stálou hodnotou d nedbajíce o korrekci při bar, stala by se perioda tabulky — až na 3% — siderickým měsícem. Snad kdysi Babyloňané pokládali dračí uzly za nepohyblivé vůči stálicím. Tu by arci návrat od uzlu do téhož uzlu žádal siderický měsíc. — Zase tu narážíme na primitivnost, začátky a opravy prvních pokusů, jak je způsobuje konfrontace teorie se skutečností.

Lépe dopadneme, když klikatiny grafu 1 nahradíme hladkou sinusoidou a určíme přibližné šířky z ní. Rovnice pro šířku n-tého řádku tabulky zní:

$$e_n^* = A \cos \frac{2\pi}{\tau}(n - \nu),$$

kde amplituda

$$|A| = 9^{\mathrm{I}}\, 52^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}} = 4^\circ\, 56'\, 15'' = 4{,}93750^\circ.$$

Délka vlny jest v jednotce T_S, kterou nyní nepíšeme:

$$\tau = \frac{5458}{465}.$$

Třeba ještě určiti fasovou konstantu ν. Když $n = \nu$, je cos $= 1$, ale šířka podle obr. 1 rovná se zápornému extrému. Na tab. 1 vidíme, že extrému $- |A|$ dosáhne se nejprve mezi $n = 1$ a $n = 2$. Pro nalezení hodnoty

$$\nu = 1 + x,$$

kde x je kladný zlomek, řiďme se obr. 1. Vidíme v tab. 1, že pro $n = 1$ jest šířka rovna $6^{\mathrm{I}}\, 5^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}}$; nechme ji nyní rovnoměrně klesati po čas x stálou rychlostí $3^{\mathrm{I}}\, 52^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}}$ až dosáhneme spodní extrém $- 9^{\mathrm{I}}\, 52^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}}$. Pak je hledaný zlomek x definován rovnicí:

$$- 6^{\mathrm{I}}\, 5^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}} - x(3^{\mathrm{I}}\, 52^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}}) = - 9^{\mathrm{I}}\, 52^{\mathrm{II}}\, 30^{\mathrm{III}},$$

z čehož

$$x = 0{,}9763440,$$

takže nejmenší

$$\nu = 1{,}97634.$$

Propočítejme

$$e_n^* = - 4{,}93750^\circ \cos \frac{360 \,.\, 465}{5458}(n - 1{,}97634),$$

z čehož

$$e_n^* = - 4{,}93750^\circ \cos (30{,}67057^\circ\, \mathrm{n} - 60{,}61560^\circ). \qquad (7)$$

V tab. 1 nalezneme ve sloupci e^* serii hodnot pro $n = 1 \ldots 39$. Použijme této tabulky k stanovení jednoho průchodu uzlem. Dostali jsme již v předchozím, že v čas $= 1{,}97634$ byla Luna v největší jižní šířce. Podle schematické teorie babylonské byla v uzlu vzestupném o čas $T_d/4$ později. Učiníme-li ve vzorci pro ν jednotku času T_S viditelnou, je onen vzestupný uzel v čas

$$1{,}97634 T_S + T_d/4.$$

Držíme se raději uzlu než extrému. Okamžik maxima a minima vždy pozorováním těžko se určuje. Extrémy šířky mohli Babyloňané vůbec nanejvýš hrubě odhadnouti. Průchod uzlem mohli aspoň občas na zatměních kontrolovati. Zejména úplné neb kruhové zatmění určovalo průchod uzlem i okamžik novu na zlomek dne. Mohl se stanoviti pomocí klepsydry neb hodin slunečních.

Tabulka Kidinnu-ova je opatřena datem. Můžeme proto nov označený číslem $n = 2$ umístiti v našem kalendáři. Při tom nesmíme zapomenouti, že tabulka čítá střední novy babylonské. Tyto jsou ob $T_S = 29{,}53059$ od sebe vzdáleny. Ale jak leží vůči pravým novům nám (prozatím) není známo. Pravé novy mají od sebe vzdálenosti tu menší, tu větší než T_S, takže tato veličina je jejich střední hodnotou, kol které kolísají. My bychom střední novy umístili podle požadavku metody nejmenších čtverců. Tabulku pravých i středních novů v tom smyslu pro 3555 let propočítal Dr. Guinness v „Creation centered in Christ", vol. II. 1896. V nich je viděti, že pravý nov nevzdaluje se od středního o víc než $0{,}59^d$.[5])

Kugler má zajisté pravdu, když míní, že Babyloňané počítali své střední novy od nějakého úplného neb kruhového zatmění, že tedy i jejich první střední nov byl novem pravým. Babylonské střední novy vznikají pak tím, že se tento pravý nov přenáší kroky vždy T_S dnů dlouhými do budoucnosti. Následkem toho střední novy babylonské mohou se vzdáliti od pravých novů až o tolik, kolik mohou býti od sebe — až na celistvý násobek konstanty T_S — dva novy pravé. To je ale dvakrát tolik než mohou střední novy Guinness-ovy vzdáliti se od pravých, čili $1{,}18^d = 1^d\,4^h\,19^m$.

Průchod vzestupným uzlem, jejž chceme propočítati, opozdí se za druhým středním babylonským novem o

$$\tfrac{1}{4}T_d - 0{,}02366T_S = 6{,}104361^d = 6^d\,2^h\,30^m.$$

Hodnoty T_d a T_S jsou udány u čísel (4) a (5).

Pravý druhý nov byl r. — 103. 21 dubna v $7^h\,5^m$ večer babylonského času. Datum stanoveno pomocí té doby nejlepších tabulek Schoch-ových.[6]) Je spolehlivé až na několik málo minut.[7])

Druhý střední babylonský nov je od nahoře udaného pravého vzdálen o $\pm\, 1{,}18^d k$, kde k je kladný zlomek. Uzel vzestupný, o který se zajímáme, padne o $6^d\,2^h\,30^m$ později. Byl tedy s nejistotou až $1^d\,4^h\,19^m$ průchod onen r. — 103, 27. dubna v $9^h\,35^m$ večer, t. j. uzlem stoupal měsíc mezi 26. dubnem v $5^h\,16^m$ večer až 29. dubna $1^h\,54^m$ ráno.

Vypočítejme nyní délku Luny λ a šířku její β pro půlnoc, jíž začíná 28. a 29. duben. Počítám pomocí Schochových tabulek[8]) na desetiny stupně. Přesnější počet nemá smyslu. Neboť Babyloňané nevěděli o paralaxe měsíční. Jejich údaje polohy jsou ideální, odpovídají našim geocentrickým. Když, ale opírali své počty o kruhovitá a totální zatmění, tedy o pozorování, jsou ideální polohy, jež

[5]) H. Ludendorff: Das Mondalter in den Inschriften der Maya. Berl. Ber. Separ. 8. 1931.

[6]) Langdon, Fotheringham, Schoch: The Venus tablets of Ammizaduga, Oxford, 1928.

[7]) P. V. Neugebauer: Astronomische Chronologie, I, 78. 1929.

[8]) K. Schoch: Planeten-tafeln für Jedermann, XIX, 8. 1927.

chtěli dostat rušeny paralaxou jako kolísavou chybou. Chyba v poloze je obecně zlomek aequatoreální horizontální paralaxy 57′ 2,70″. Za těchto okolností počítání na desetinu stupně je skoro ještě nadměrné, neboť $0{,}1° = 6'$.

Nalézám, že r. — 103 o půlnoci babylonského času, jíž den začíná bylo

	λ	β
28. dubna	103,0°	— 0,9°
29. dubna	115,9	+ 0,2

Interpolací nalezneme, že průchod uzlem (vzestupným) byl dne 28. dubna $7^h\ 38^m$ večer.

Druhý střední babylonský nov byl o $6^d\ 2^h\ 30^m$ dříve. Tedy 22. dubna $5^h\ 08^m$ odpoledne.

První střední babylonský nov je o synodický střední oběh

$$T_S = 29^d\ 12^h\ 44^m\ 2{,}8^s$$

dříve, tedy dne 24. března $4^h\ 24^m$ ráno.

Tak jsme vyčíslili absolutní hodnotu babylonského začátku tabulky. Výsledek ten nesmí se však přeceňovati co do přesnosti. Logický důsledek babylonské teorie nemusí býti ve shodě se skutečností. Babyloňané nekladli na logickou kontinuitu tolik váhy jako my. Vždyť užívají v různých sloupcích téže tabulky různé konstanty a vezmou pro své pohodlí třeba i méně přesnou, ač exaktní hodnotu znají. Jejich ideálem je právě vědecké pohodlí. Mají jinou estetiku vědeckou než my.

Zmínil jsem se již o marných pokusech svých předpověděti zatmění pomocí originální šířkové kolony Babyloňanů, pomocí sloupce E z tab. 1. — Nejde to, protože vyjádření šířkových změn klikatinou z obr. 1 je příliš nešikovné. Nejde tu o opravdové pochybení — asi jako zanedbání paralaxy měsíční — ale jen o ideovou těžkopádnost, nevhodnou historičkost, t. j. ovlivnění minulostí a vývojem. To vše jsme odstranili ve sloupci e^*. Je tedy naděje, že pomocí něho se předvídání zatmění zdaří, což bude vítanou kontrolou.

Největší absolutní hodnota šířky při níž je zatmění slunce ještě možno činí 1° 34,4′. — Pro zatmění měsíce činí hranice 1° 2,6′.[9]) Vybereme si nyní z tab. 1 ze sloupce e^* ty hodnoty n, pro něž příslušné e^* zůstává pod kritickou hranicí sluneční $1{,}57\dot{3}°$. Šířky e^* vztahují se sice na střední novy babylonské, ale máme už vyšetřeno, že tyto nejsou daleko od pravých, tedy, že i naše hodnoty e^* nemohou býti daleko od těch, jež příslušejí pravým novům. Tak nalezneme, že zatmění sluneční lze očekávati pro novy příslušné

[9]) Kugler: Mondrechnung, 134.

číslům

$$n = 5\ ,\ 11\ ,\ 17\ ,\ 22\ ,\ 23\ ,\ 28\ ,\ 34\ ,$$
$$6\ -\ 6\ -\ 5\ -\ 1\ -\ 5\ -\ 6$$

V druhém řádku udány jsou intervaly od jednoho zatmění k následujícímu v celistvých lunacích.

Nyní bychom se mohli pokusiti o ryze astronomické určení stáří tabulky. Není starší takové tabulky než z r. — 200 a není již žádných z doby po Kr. Naši tabulku umístíme tedy někde v prvních dvou stoletích před Kr. K tomu potřebujeme tabulku zatmění slunečních pro tato první dvě století, jež udává v lunacích intervaly od jednoho zatmění ke druhému. Tabulku tu pořídil jsem na základě Oppolzerova „Canonu" zatmění.

Neotiskuji ji zde, protože tento nasnadě ležící postup nevede k cíli. Snažil jsem se nejprve o umístění serie

6-6-5-1-5-6

ve zmíněné tabulce. Hledal jsem skupinu 5-1-5 mezi serií šestek předcházejících i následujících. Mezi rokem — 200 až 0-tým nalezl jsem jich celkem sedmnáct! —

Tento chudobný výsledek může býti od toho, že naše serie 6-6-5-1-5-6 je příliš krátká. Pokusil jsem se o její doplnění na celý saros. Ze vzorce pro e^* stanovil jsem přímo hodnoty n, pro něž zůstane e^* pod sluneční hranicí $1{,}57\dot{3}°$.

Tabulka moje pomocná čítala 11 sarů. Nyní byla otázka, kde se dá saros doplněný pomocí vzorce pro e^* umístiti. — Ukázalo se, že nikde! Nejde to. Vysvětlení je v tom, že stanovení saru zatmění naším způsobem je přece jen hrubé. Oppolzer pracuje s pravými novy, v Kidinnu-ově tabulce jsou přibližné šířky pro střední novy babylonské, jež se mohou od pravých vzdáliti o víc než jeden den. Proto se při stanovení pomocného saru může státi, že vypočteme interval 6 lunací mezi dvěma sousedními zatměními a máme míti místo 6 skupinu 5-1 neb 1-5.

Z pouhého sloupce pro šířku tedy stáří tabulky neurčíme. Musíme přibrati ještě jiné sloupce. V tabulce šířkové je vyznamenaná hodnota $n = 22$, kdy bylo zatmění, tím, že hned po ní pro $n = 23$ zase bylo zatmění. Dvaadvacátý střední nov babylonský měl podle sloupce tabulky Kidinnu-ovy délku 251,6°. Podle sloupce F byla rychlost Luny za den pro $n = 22$

$$F_{22} = 14°\ 54'\ 10'' = 14{,}9°.$$

Střední nov babylonský může se od pravého novu vzdáliti až o $\pm\ 1{,}18^d$, čemuž přísluší pro $n = 22$ změna délky o 17,6°. Je tedy pravý nov délkou mezi 234,0° až 251,6°. To jsou však babylonské délky, jež kladou slunovrat zimní na 278,25°.[10]) Pravý nov spojený

[10]) Délka dne v babylonských tabulkách měsíčních. Vyjde později.

se zatměním byl tedy 8,65° až 44,25° před zimním slunovratem. Roku — 200 padl zimní slunovrat na 24,6/XII a roku 0-tého na 23,2/XII. Přijměme zhruba, že slunce urazí za den 1°, pak jest datum zatmění, jež přísluší číslu $n = 22$ mezi 9/XI až 16/XII. Datum to je charakterisováno tím, že o lunaci později bylo znovu zatmění.

Nyní budeme v Oppolzerově ,,Canonu,, hledati zatmění v prvních dvou stoletích př. Kr., jež padnou mezi udaná dvě data a byla po měsíci zase sledována zatměním. Jsou jen čtyři:

— 138. XI. 11, — 120. XI. 21, — 102. XII. 3, — 84. XII. 13.

Tyto čtyři hodnoty jsou ob saros od sebe. Tato neurčitost je v povaze věci samotné. Když užíváme k stanovení stáří tabulky zjev jako zatmění, jež se ob saros vrací, objeví se tato perioda i v chronologickém výsledku.

Někdo by mohl myslit, že mezi jednotlivými sary vybereme pravé datum pomocí rychlosti Luny, kterou jsme při horním počtu skutečně i použili. Ale tato se přibližně ob saros také restituuje, t. j. nemůže sloužiti k individualisaci horních čtyř sarů. Chceme-li se dostati dál, musíme přibrati další materiál, nějaké dosud nepoužité sdělení tabulky. Naše těžkosti — čtyři data místo jediného — jsou od toho, že jsme pracovali s babylonskými středními novy. Ale tabulka ve sloupci L sdílí i pravé novy: udává jejich měsíc, den i zlomek jeho, čítaný od půlnoci, jako náš železniční čas. Pro $n = 22$ sdílí tabulka, že pravý nov byl 28. měsíce Arah-samna. Babylonský kalendář opírající se o 19letý cyklus Meltonův od r. — 382 do r. 0 byl Kuglerem přesně stanoven.[11]) Schoch mohl vypracovati tabulky, jež dovolují převod dne 28. Arah-samna v datum juliánské.[12]) Převedeme-li ono babylonské datum pro čtyři nalezená léta dostaneme:

— 138,	— 120,	— 102,	— 84
11. XII,	22. XI,	3. XII,	14. XI.

Srovnáme-li se serií čtyř horních dat, vidíme, že první a poslední je vyloučeno. Je tu rozchod o celou lunaci. Přesná je shoda jen u data třetího. Jednodenní rozdíl nalezneme u data druhého.

Za obyčejných okolností nepozastavovali bychom se nad rozdílem o jeden den. Babylonský kalendář byl měsíční a první den každého měsíce závisel na pozorování nového světla. Tenoučký srp ve večerních červáncích může však ujíti pozornosti, je-li obzor zakalen. Tím po případě začátek měsíce o jeden den zpozdí. Schochovy začátky měsíce jsou ideální, průměrné, jež vylučují takové potíže, jako kalnost obzoru. Kdyby datum 28 Arah-samna pochá-

[11]) Sternkunde und Sterndienst in Babel. II, 435. 1924.
[12]) Schoch: Planetentafeln, XLI, 15.

zelo ze smlouvy, dopisu a pod., zkrátka, kdyby to bylo opravdové datum, řekli bychom, že nové světlo včas přehlédli a tím se stalo, že zatmění v 21-XI padlo jim na 27 Arah-samna. Ale pravý nov tabulky babylonské i nové světlo je také počítáno a to docela slušnou aproximační technikou. — Proto se nemůžeme vymlouvat na přehlédnutí nového světla: musíme i druhé číslo zamítnouti, třebaže rozdíl činí nyní jen jediný den.

Zbývá nám tedy pro $n = 22$ zatmění slunce v den 3/XII r. — 102. Datum toto jest v přesné shodě s nápisem na tabulce, jímž datována tato v éře Seleukovců i Arsasovců.[13]) Kdyby nám umístění těchto ér v našem kalendáři nebylo přesně známo, dostali bychom je z předchozí úvahy, kdyby nejistota umístění byla menší než jeden saros.

Výběr mezi čtyrmi zatměními lze provésti ještě jinou cestou. Při $n = 8$ objeví se v tabulce Kidinnu-ově Elul II. Ten se ale objeví v kalendáři posledních 200 let př. Kr., jen jednou ob 19 let. Léta obsahující přestupný Elul dává vzorec[14])

$$-\,293/2 + 19n.$$

Rok označen dvěma čísly, protože babylonský rok začíná Nisanem, jarním měsícem, zhruba naším časem velkonočním. Číslo n jest celistvé.

Mezi $n = 8$ (Elul II) a $n = 22$ (Arah-samna) vsouvá se jediný Nisan pro $n = 15$. Den 28. Arah-samna se zatměním je proto v roce dalším, jenž dán vzorcem·

$$Z = -\,292/1 + 19n. \qquad (8)$$

Protože Arah-samna je osmý měsíc, padne (viz data 22-XI, 3-XII) do předního roku. Rok zatmění dán tedy vzorcem

$$Z = -\,292 + 19n.$$

Položme postupně

$$Z = -\,138,\ -\,120,\ -\,102,\ -\,84,$$

a dostaneme z relace (8) příslušné

$$n = 8\tfrac{2}{19},\ 9\tfrac{1}{19},\ 10,\ 10\tfrac{18}{19}.$$

Jen jediná hodnota n jest celistvá, totiž ta, jež přísluší roku — 102. Tím je ono datum ověřeno po druhé způsobem, jenž musí uznati i ten, komu by se zdálo, že rozdíl o jeden den (27. či 28. Arah-samna) má malou váhu.

Váha tohoto rozdílu závisí na spolehlivosti předpovědí zatmění

[13]) Kugler: Mondrechnung, 10, 32.

[14]) Kugler: Sternkunde und Sterndienst in Babel. II, 599. 1924. — Tam užil Kugler po prvé šířky Luny k stanovení stáří pomocí zatmění v polemice se Schnablem.

z tabulky Kidinnu-ovy. Srovnejme proto ještě zatmění z babylonských šířek Luny, předpověděná se zatměními z Oppolzerova „Canonu". Jsou to zatmění:

— 103. VII. 19.
6
— 102. I. 12.
6
— 102. VII. 8.
5
— 102. XII. 3.
1
— 101. I. 1.
5
— 101. V. 29.
6
— 101. XI. 22.

Za nimi udány intervaly v lunacích. Vypíšeme-li je do řádku

6-6-5-1-5-6,

dostaneme tutéž serii, kterou jsme dostali z tabulky Kidinnu-ovy. Babylonské šířky korigované na čistou vlnu mohou tedy skutečně sloužit ku předpovídání zatmění. Následkem toho i použití zatmění při stanovení stáří tabulek je důvěryhodno.

Určení stáří i tabulky datované, jako tato, není zbytečné. — Což kdyby datování bylo porušeno chybou? — Vždyť tabulky nejsou obecně originály, ale leckdy jen výtahy z opisů, t. j. jsou z třetí ruky. Není divu, že v nich chyby, přepsání i nedorozumění jsou dosti častá. Není-li tabulka datována je stanovení data přímo z jejího obsahu naprostou nutností, jedinou naší nadějí. — Vždyť pozorování astronomické bez data vůbec jako pozorování nehodnotíme.

*

La latitude de la Lune sur la table cunéiforme de Kidinnu.

(Extrait de l'article précédent.)

Les Babyloniens connaissaient un art inconnu pour nous avec lequel ils fixaient approximativement la latitude de la Lune. Ils exprimaient les oscillations de la latitude à l'aide d'une série arithmétique. Cette technique habituelle est compliquée encore sur la table de Kidinnu par la correction, qui apparaît régulièrement après le passage par le noeud. Nous remplacons le zigzag des Babyloniens (vois l'image No 1) par une sinusoïde et nous trouvons son expression dans la formule (7). De cette manière nous délivrons la table des fautes qui sont causées par le fait que les Babyloniens remplacent le sinus par une série arithmétique croissante et décroissante. De la colonne *e* de la table No. 1, on peut prédire l'éclipse. À l'aide de deux éclipses éloignées de deux lunaisons j'ai tâché de fixer une époque de la table de Kidinnu. Des longeurs babyloniennes de la Lune nous fixons approximativement la saison de ces éclipses et nous les cherchons ensuite dans les deux derniers siècles avant J. Ch. en se servant du Canon de l'éclipse de Oppolzer. Nous trouvons quatre dates éloignées de saros l'une de l'autre. La date juste peut être choisi de ce quatrième par deux méthodes D'un côté, parce que la première de deux éclipses voisines eut lieu le 28 Arah-samna, de l'autre côté, parce qu'on trouve dans la table Elul II ce qui a eu lieu une fois dans 19 ans. Les résultats correspondent et sont d'accord avec l'époque indiquée sur la marge de la table dans l'ère des Arsacides et des Séleucides. Puis, j'ai étudié la solidité des prédictions de l'éclipse pour toute l'étendue de la table en la comparant avec le Canon d'Oppolzer, les deux séries des intervalles entre les deux éclipses voisines exprimées en lunaisons s'accordent précisément. Les latitudes approximatives de la Lune sur la table de Kidinnu se sont alors montrées justes dans notre épreuve.