

Khayyâm, astronom och kalendermakare

Temadag om Omar Khayyâm

Stockholms universitet 2010-11-27 11:15–11:45

Christer Kiselman



Omar Khayyâm, ^o*Omar Khayyâm* |

Abu'l Fath Omar ibn Ibrâhim Khayyâm |

arabisk form ^o*Umar b. Ibrâhîm al-Khayyâmî* |

Född omkring 439 A.H. (Anno Hegirae)/1048 i Nišâbur (Nayşâbur, $3^{h}55^{m}12^{s} = 58^{\circ}48' \text{ O}, 36^{\circ}12' \text{ N}$) |

Död där mellan 515 A.H./1121 och 520 A.H./1126 enligt en källa; enligt en annan levde han ända till 1131. | (Vet man bättre?)

Han studerade enligt en uppgift i Samarkand som ung och flyttade sedan till Bukhara, där han blev känd som matematiker.



Day and night and the twilights were stately and unhurried on this planet that took thirty hours to turn. And the pace of the seasons also was large; this was the dawn of the vernal equinox, and four hundred days of spring and summer lay ahead.

Ursula LeGuin: *Rocannon's World*, 1966:51

Det problem vi skall studera är starkt planetberoende.



Han fick i uppdrag av sultanen Jalâl al-Din Malik Shâh I (Malikshâh, Djalâl al-Dawla; av Seljuq-dynastin; regerade 1072–1092) att leda en grupp som skulle föreslå en reformerad kalender. | I denna grupp ingick åtminstone sex andra män:

Abd-ol-Raḥmân Khâzeni,

Abu Moẓafar Asfazâri,

Abu ^oAbas Lokari,

Moḥamad ibn Aḥmad Ma^cmuri,

Meiman ibn Najib Vâseti, och

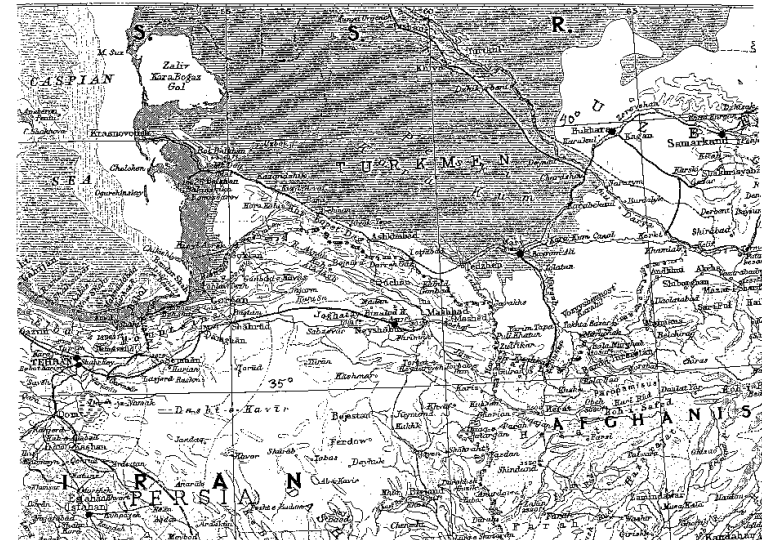
Ibn-Koşak Beihaqi Mobâhi. |

Men var arbetade de? Några källor säger Işfahân, några Merv. Även Nišâbur och Rey nämns. Kanske fanns inte alla på samma ort.



Khayyâm fick också i uppdrag av shahen att bygga ett observatorium i Isfahān ($3^h26^m44^s = 51^\circ41' \text{ O}, 32^\circ41' \text{ N}$). Men enligt en annan uppgift kallade shahen honom till observatoriet i Merv ($4^h08^m46^s = 62^\circ12' \text{ O}, 37^\circ40' \text{ N}$). | (Jag vet inte om det finns något kvar i någon av städerna. Jämför med observatoriet i Samarkand, byggt 1424–1429 av Ulugh Beg (1394–1449), som är bevarat.) |

Han stannade enligt en uppgift i Isfahān i 18 år, och i början av den tiden arbetade han på sin kalender.



Det kan noteras att han var ung, kanske bara 25 år, när han fick kalenderuppdraget. Sultanen accepterade sedan denna kalender och den trädde i kraft

1 farvardin 458 A.P. (*Anno Persico*);

1079-03-15 enligt den julianska kalendern, motsvarande

1079-03-21 i den då ännu inte existerande gregorianska;

9 ramaḍān 471 A.H.

Kalendern kallas *Jalālī-kalendern* efter sultanen och var väsentligen i kraft till 1924 (dess sista år var 1303 A.P.). Mehdi Aminrazavi ger namnen *Malikī calendar* (*taqwīm-i malikī*) och *Jalālī calendar* (*taqwīm-i jalālī*). |

Khayyâms kalender hade 12 månader med en längd om 30 dagar, och sedan lade man till fem eller sex skottdagar i slutet av året, alltså just före vårdagjämningen, vilket också varit praxis före islam. Några extra dagar hade varit i bruk under lång tid, troligen redan från år 500 f.Kr.



Dock placerades de extra dagarna, som på persiska kallas *andargâh*, på arabiska *al-mustaraka*; på engelska och franska *epagomenae* efter grekiskans *ἐπαγόμηναι*, inte alltid efter den sista månaden; de vandrade runt året. |

Men man använde före Khayyâm inte skottår, varför åren gled iväg från årstiderna. När avvikelsen från årstiderna blev för stor, sköt man in en skottmånad.

| Olika kalendrar på olika orter ... fel i skatteuppbörden ... här anar vi ett starkt motiv för en reform! |

Men det viktigaste skälet var kulturellt: man önskade att årets början skulle sammanfalla med vårdagjämningen! Noruz är den viktigaste högtiden. |

Som vi skall se ändrades kalendern senare så att månaderna blev olika långa, och de extra dagarna räknades i stället in i de olika månaderna. | Kalendern blev då litet krångligare, men, som vi skall se, mer exakt som solkalender.



Jordaxeln lutar

Låt oss titta på varför det måste vara så krångligt. |

Jorden snurrar runt sin axel på ett dygn och går runt solen i en bana på ett år. Men axeln är inte vinkelrät mot jordbanans plan. Ibland lutar den södra änden mot solen så att den ljusa delen av dygnet blir längre än den mörka delen på södra halvklotet. Just nu, den 27 november 2010, är det så: solen ligger söder om ekvatorns plan i rymden. |

Eftersom solen är mycket större än jorden så är det kanske bättre att säga att ekvatorns plan, som är rörligt i förhållande till solen, ligger norr om solen. När så ekvatorns plan passerar genom solen är natt och dag lika långa – vi har dagjämning.



Enligt Mehdi Aminrazavi var den nya kalendern ”based on thirty-three years”, vilket betyder att den innehöll 8 skottår under en period av 33 år: åren med nummer 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 och 33 var skottår. Det ger en längd i medeltal av

$$365 \frac{8}{33} = 365,24242424 \dots \approx 365^d 05^h 49^m 05,45^s,$$

cirka 6,55 sekunder kortare än det gregorianska året, som har 97 skottår på 400 år och alltså omfattar

$$365 \frac{97}{400} = 365,2425^d = 365^d 05^h 49^m 12^s.$$

| Detta var emellertid inte en numerisk regel, utan i stället en ur observationer härledd, empirisk regel, som var avsedd att verifieras genom observationer och korrigeras vid behov genom att man ibland i stället hade en 29-årsperiod, där åren med nummer 4, 8, 12, 16, 20, 24 och 29 var skottår.



I Iran är **Noruz**, nyåret, den viktigaste högtiden. Man väntar på rätt sekund då solen passerar ekvatorn på väg norrut. Senast var det 2010-03-20 18:32; nästa gång blir 2011-03-21 00:21 (svensk tid). |

Solens deklination (dess vinkelavvikelse från jordens ekvatorsplan) ökar kring Noruz med 24' (24 bågminuter) per dygn; det blir en bågminut per timme, en bågsekund per tidsminut och 0,017 bågsekunder per tidssekund. Denna sistnämnda vinkel är mycket liten: det är den vinkel som upptas av 1 millimeter på 12 kilometers avstånd. Kan man verkligen mäta solens deklination så noga?



I Iran firar man också den längsta natten, *Ŝab-e Yaldâ*, vid vintersolståndet. Det senaste inträffade 2009-12-21 18:47, nästa 2010-12-22 00:38 (svensk tid).

I Khayyâms kalender bevarade månaderna sina gamla persiska namn. Det var tydligen inte självklart. Arabiska namn, och nya, poetiska namn var på tal. Detta har tagits till intäkt för påståendet att han skulle vara en persisk nationalist – ett mycket svagt argument.



Månadernas längd

Den persiska kalendern var och är en ren solkalender, där årets början definieras med hjälp av observationer av vårdagjämningen och där halvåren har olika längd av astronomiska orsaker. |

De första sex månaderna i den nutida persiska kalendern:

farvardîn, ordîbehešt, xordâd, tir, mordâd, ŝahrivar

har alla 31 dagar; de därpå följande fem

mehr, âbân, âzar, dey, bahman

har 30 dagar,

och den tolfte (*esfand*) 29 dagar eller, när det är skottår, 30 dagar.

Det betyder att det första halvåret, omfattande årstiderna *fašl-e bahâr* och *fašl-e tâbestân* (vår och sommar), är $6 \times 31 = 186$ dagar långt; det andra, bestående av årstiderna *fašl-e pâiz* och *fašl-e zemestân* (höst och vinter), blott 179 eller 180. |

I den gregorianska kalendern omfattar det första halvåret januari–juni 181 eller 182 dagar; det andra 184 dagar. Där har ungefär varannan månad 31 dagar och varannan är kortare. Undantag är december–januari och juli–augusti, som är två par av långa månader; i stort sett kan man väl ändå säga att varannan månad är lång och varannan är kort i denna kalender.



Men att halvåret har olika längd i den persiska kalendern är mycket välmotiverat. Vi kan till exempel se att det mellan marsdagjämnningen 2010-03-20 18:32 och septemberdagjämnningen 2010-09-23 05:09 är 186 dagar, 9 timmar och 37 minuter. | Vi kan konstatera att det första halvåret i den persiska kalendern är längre än det andra halvåret, och att denna skillnad korrekt återger den astronomiska verkligheten. |

Som kontrast kan vi peka på att solen gick in i Fiskarnas zodiaktecken redan den 18 februari i år, medan gick in i Lejonets, Jungfruns, Vågens och Skorpionens tecken så sent som den 23 juli, augusti, september respektive oktober. Det tidiga datumet i februari är den kombinerade effekten av att februari föregås av två långa månader och att jorden går fort i sin bana under dessa månader.



Den persiska kalendern fastställdes i sin nuvarande form 1925-03-31. Då fixerades månadernas längd så som jag nämnt. Tidigare hade de varierat enligt astronomiska observationer, d.v.s. kalendern var då ännu mer astronomiskt styrd, men svårare att beräkna, eftersom man behövde efemerider för att bestämma när solen skulle gå in i ett visst tecken i zodiaken. Under de sista åren av *Jalâli-kalendern*, åren 1302 och 1303 A.P., förekom månader med 30, 31, 32 dagar inom det första halvåret båda åren och med 29, 30, 31 dagar inom det andra halvåret båda åren, men halvåret hade samma längd som nu, 186 respektive 179 dagar.



Orsaken till att våren och sommaren tillsammans är längre än hösten och vintern är att jordbanan inte är en cirkel – den är en ellips – och att jorden ligger närmast solen i sin bana i början av januari (i år 2010-01-03). Och när jorden ligger nära solen går den fortare enligt Johannes Keplers andra lag, både mätt som hastighet i banan och (ännu mer) som vinkelhastighet. Alltså går det fortare att gå de 30 grader som ett tecken i zodiaken omfattar under månaderna kring januari än under månaderna kring juli. Allt detta visste perserna, men de gregorianska och julianska kalendrarna struntar i det – liksom Khayyâm själv.



Det kanske bör understrykas att månadernas längd enbart bestämdes av solens rörelse längs zodiaken. Månens rörelser hade och har ingen betydelse: den persiska kalendern är en ren solkalender. | Detta är i sig anmärkningsvärt, eftersom de flesta kalendrar som använts eller används i Asien antingen är månkalendrar (som den islamska), där månåret förflyttar sig jämfört med de av solen definierade årstiderna, eller modifierade sol-mån-kalendrar (som de babylonska och kinesiska kalendrarna i Asien eller Colignykalendern i Europa), där månaderna visserligen definieras av månens faser, men där man genom att sätta in skottmånader ändå ser till att året börjar vid ungefär samma årstid.



Det enda samband som finns mellan månen och månaderna i den persiska kalendern är det etymologiska: samma ord för båda, *mâh* 'måne, månad', liksom på kinesiska *yuè* 'måne, månad'. | Och motsvarande ord är besläktade på svenska; på finska *kuu* 'måne', *kuukausi* 'månad'; engelska *moon* 'måne', *month* 'månad'; tyska *Mond* 'måne', *Monat* 'månad'. (Däremot är det inte så på arabiska (*qamar*, *šahr*); latin (*luna*, *mensis*); esperanto (*luno*, *monato*); franska (*lune*, *mois*); eller ryska (луна, месяц, *luná*, *mésjac*.)



Om deklinationen vid en sådan meridianpassage var nordlig men liten, så förstod man att den efter 365 dygn skulle vara sydlig, och att alltså året som just börjat måste bli ett skottår. Det är nämligen 365 dagar och ungefär 5 timmar och 49 minuter mellan två passager norrut. Nackdelen med denna metod var förstas att det inte är lätt att förutsäga vilka år som långt in i framtiden kommer att bli skottår. Om deklinationen var $5'49''$, så hade man ett gränsfall, och om det så var mulet 365 dagar senare, så kunde man inte veta om året som just börjat skulle bli ett skottår eller ej.



Olika sätt att bestämma skottår

Skottår blir som solen visar

Enligt Heydari-Malayeri (2006:4) mätte man förut solens deklination vid dess meridianpassage i Tehran ($3^h25^m42^s = 51^\circ25'23''$ O, $35^\circ41'46''$ N), och den första dag då deklinationen var nordlig förklarades vara den första farvardin. Om solen gick över till norra halvklotet på eftermiddagen, så blev följande dag den första farvardin. Med denna metod blev ett år skottår när observationerna visade det. Ingen formel behövs.



Ett exempel kan illustrera detta: år 2017 kommer vårdagjämningen att inträffa den 20 mars klockan 11:48 svensk tid och 14:18 iransk tid. Då kommer solens deklination när den står i söder vid longituden $3^h30^m = 52^\circ30'$ grader ost (som är Irans referensmeridian) att vara omkring $-2'$. Det räcker alltså inte för att förklara den 20 mars 2017 som den första farvardin, och år 1395 A.P. blir därför skottår. Men om man mäter litet fel, så kanske man får en nordlig deklination – den 20 mars blir i så fall felaktigt utropad till den första farvardin 1396 A.P.; år 1395 A.P. blir inte skottår fast det borde vara det. (Nu kan man beräkna solens deklination långt i förväg med stor precision, så problemet är löst: år 1395 blir skottår.)



Ett verkligt gränsfall var vårdagjämningen år 1930, som inträffade den 21 mars klockan 09:30 i Sverige, klockan 12:00 i Iran. Den dagen var den 30 esfand 1308 (ett skottår), och den 22 mars 1930 var den 1 farvardin 1309. Alltså kan vi dra slutsatsen att vårdagjämningen ansågs inträffa på eftermiddagen den 21 mars.



Den gregorianska kalendern

Den gregorianska kalendern (efter Gregorius XIII, 1502–1585, påve 1572–1585; påvlig bulla 1582-02-24) har ett skottår vart fjärde år utom när årtalet slutar på 00; då fordras att årtalet skall vara delbart med 400. Alltså blir det 97 skottår på 400 år, och årets längd blir som nämnts i medeltal

$$365 \frac{97}{400} = 365,2425^d = 365^d 05^h 49^m 12^s.$$



Den julianska kalendern

Den julianska kalendern (efter Julius Caesar, 100–44 f.Kr.) har en enkel regel: ett skottår om 366 dagar vart fjärde år, så att åren i medeltal blir

$$365 \frac{1}{4} = 365^d 06^h.$$

Skottdagen inträffar enligt traditionen den 24 februari, sex dagar före den 1 mars, räknat inklusivt som romarna gjorde; därav det franska namnet *année bissextile*, som betyder ett år med två dagar *ante diem sextum Kalendas Martias*. Således blir skottdagen *ante diem bis sextum Kalendas Martias*.

Att den 29 februari numera kallas skottdag är ett sentida påfund, vars legitimitet har ifrågasatts.



Khayyâms kalender – med den modifikation som jag beskrivit angående skottdagarna – används fortfarande i Iran. Man har då och då en 29-årsperiod i stället för 33-årsperioden. Det gör att årets längd i medeltal ligger mellan $365 \frac{8}{33} \approx 365,24242424$ och $365 \frac{7}{29} \approx 365,24137931$, men närmare det första, eftersom det närmevärdet är en bättre approximation. Därför blir 33-årsperioderna mycket vanligare än 29-årsperioderna – på Khayyâms tid nästan 10 gånger vanligare, nu 16 gånger vanligare. Valet mellan periodens längd görs astronomiskt, d.v.s. genom efemeridberäkning.



Hur stora blir felen i de olika kalendrarna?

Om man definierar Noruz efter solens observerade deklination, så behövs ingen regel, och något fel kan per definition inte uppstå. Svårigheterna är andra, som redan nämnts. Om man däremot har en numerisk regel, som i de julianska och gregorianska kalendrarna, så blir det med nödvändighet fel efter en tid, d.v.s. datum för vårdagjämningen glider iväg, vilket är icke önskvärt. I den persiska kalendern vill man ha kvar Noruz den 1 favardin, och även i den gregorianska kalendern vill man ha kvar vårdagjämningen nära den 21 mars. Avvikelser, eller i varje fall större avvikelser, betraktas som fel.



Men att bestämma hur stort felet blir är en besvärlig uppgift. Det finns flera fenomen som samverkar för att året skall få en viss längd uttryckt i soldygn: dels blir soldygnet allt längre, dels definierar ekvatorn och ekliptikan två plan som rör sig i förhållande till varandra (båda rör sig också i förhållande till stjärnorna).



Årets längd i olika kalendrar jämfört med vårdagjämningsåret
längd vissa år enligt Heydari-Malayeri (2006:8, formel [4])

Kalender respektive Vårdagjämningsår	Årets längd mätt i soldygn, timmar, minuter, sekunder
◇ 7 skottår på 29 år	$365^d 05^h 47^m 35,17^s$
• År 1000	$365^d 05^h 48^m 56,78^s$
• År 1079	$365^d 05^h 48^m 57,10^s$
• År 2000	$365^d 05^h 49^m 00,18^s$
• År 2010	$365^d 05^h 49^m 00,21^s$
◇ 8 skottår på 33 år	$365^d 05^h 49^m 05,45^s$
gregorianska kalendern:	
◇ 97 skottår på 400 år	$365^d 05^h 49^m 12^s$
julianska kalendern	
◇ 1 skottår på 4 år:	$365^d 06^h 00^m 00^s$



Khayyâm som meteorolog

Omar Khayyâm var också verksam som meteorolog, även om han inte skrivit något om väder och klimat. |

År 508 A.H./1114 (när Omar var 66 år) blev han tillfrågad av Şadr al-Dīn Muḥammad ibn al Muẓaffar om när sultanen kunde ge sig ut på jakt utan att råka ut för regn eller snö. Omar svarade inte genast utan tänkte på frågan i två dagar. Därefter gav han sultanen ett datum. Men när den dagen kom, blev vädret oroligt: det blev mulet och började snöa. Alltså en felaktig prognos! | Men Omar sade: ”O Sulṭān, oro dig inte. Molnen kommer att ge sig i väg och under de närmaste fem dagarna kommer det inte att regna.” Och det visade sig stämma.



Man har tolkat detta så att Omar iakttog vädret under två dagar för att kunna se ett mönster. Han visste att det tillfälliga dåliga vädret den första dagen skulle följas av en period av vackert väder. |

Det var väl en kallfront som kom in och i den kalla luftmassa som lade sig över landet fanns det normalt inte tillräckligt med fukt för att ge snöbyar eller regnskurar. |

Man kan dra slutsatsen att han trodde att väderprognoser är möjliga – och att han dessutom kunde göra en, som han grundade på sina kunskaper och sina observationer av vädret under två dagar. |

Det framgår att han inte använde något argument från astrologin.

Tack till Elie Wardini för initiativet – och för
inbjudan! |

Tack till alla för er uppmärksamhet!