

Astronomie

Cursul 10 - Eclipse de Lună și de Soare

Cristina Blaga

2 decembrie 2021

Eclipse de Soare și de Lună

- ▶ Pământul și Luna sunt corpuri opace, fără surse de lumină proprii. Ele primesc lumină de la Soare.
- ▶ Pe direcția Soarelui, în sens opus lui, în spatele Pământului și al Lunii, apar regiuni de umbră în care ajunge o parte din lumina Soarelui.
- ▶ Când Luna traversează zona de umbră a Pământului are loc o *eclipsă de Lună*, iar când Pământul trece prin regiunea de umbră a Lunii spunem că se produce o *eclipsă de Soare*.

- ▶ În timpul unei eclipse de Lună, strălucirea Lunii scade, pentru că la traversarea regiunii de umbră a Pământului, Luna își pierde sursa de lumină.
- ▶ În timpul eclipselor de Soare luminozitatea Soarelui **nu** se modifică lucru ce poate fi observat din afara regiunii de umbră a Lunii, strălucirea Soarelui scade pentru observatorii care văd discul Lunii acoperind parțial sau total discul Soarelui.

Eclipse și ocultații

Definiții

La trecerea unui corp ceresc opac prin conul de umbră al altui corp ceresc opac spunem că are loc o *eclipsă*, iar când un corp ceresc opac trece prin fața unei stele spunem că se produce o *ocultație*.

Observație

Eclipsele de Soare sunt ocultații de Soare, dar ele au fost denumite așa de astronomii antichității, care le-au observat și explicat corect, motive pentru care le numim în continuare eclipse de Soare.

Eclipse de Lună

- ▶ *Eclipsele de Lună* sunt cunoscute și sub numele de *întunecimi de Lună*, pentru că la intrarea în conul de umbră terestru suprafața Lunii se întunecă.
- ▶ Considerând că Soarele și Pământul sunt corpuri sferice, *conul de umbră terestru* mărginit de tangentele exterioare ale Soarelui și Pământului are înălțimea medie¹ de aproximativ 217 raze terestre.
- ▶ Orbita Lunii, considerată circulară, are raza egală cu 60 de raze terestre, de aceea Luna trece din când în când prin conul de umbră terestru.

¹Distanța dintre Pământ și Soare variază în timpul unui an din cauza excentricității orbitei terestre. Pentru calculul înălțimii medii a conului de umbră terestru folosim distanța medie Soare-Pământ.

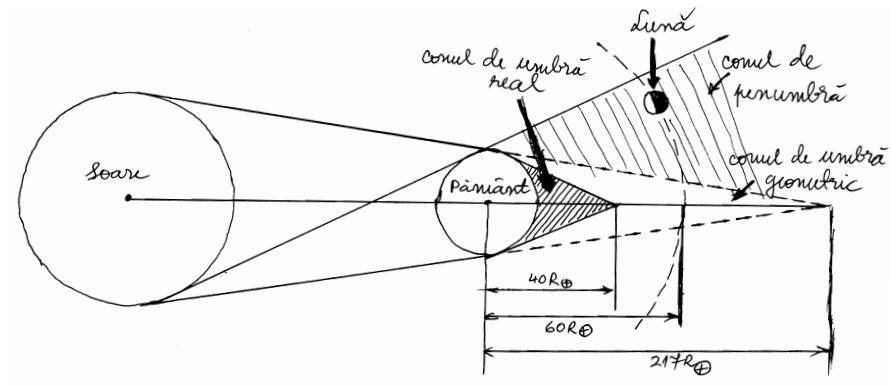


Figura: Conul de umbră geometric, adevărat și conul de penumbră al Pământului

Conurile de umbră ale Pământului

- ▶ Din cauza refracției astronomice la trecerea lor prin atmosfera terestră razele de lumină tangente Pământului sunt deviate de la direcția lor inițială și formează un con de umbră cu înălțimea medie de aproximativ 41 raze terestre. Conul de umbră astfel obținut se numește *con de umbră adevărat*.
- ▶ Conul de umbră determinat de tangentele exterioare la Pământ și Soare se numește *con de umbră geometric*.
- ▶ În spatele Pământului există o regiune în care ajung numai o parte din razele venite de la Soare. Ea este mărginită de tangentele interioare duse la Soare și Pământ, considerate corpuri sferice și se numește *conul de penumbră al Pământului*.

Luna în umbra Pământului

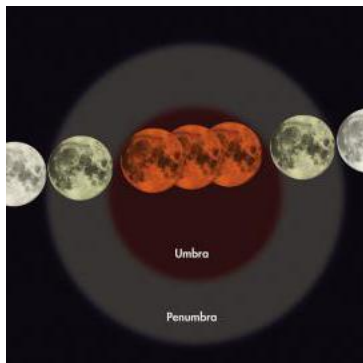


Figura: Luna e gălbuie în penumbră și roșiatică în umbra Pământului

- ▶ Dacă secționăm conurile de umbră și penumbră ale Pământului cu un plan perpendicular pe axa lor comună la distanța egală cu semiaxa orbitei Lunii obținem două cercuri cu centrul pe axa conurilor.
- ▶ La trecerea prin penumbra și umbra Pământului aspectul Lunii se schimbă.



Figura: Lună roșiatică la trecerea prin conul de umbră al Pământului

Eclipsă totală vs. parțială

- ▶ Momentul în care Luna intră în conul de penumbră al Pământului reprezintă începutul eclipsei parțiale.
- ▶ În cazul unei eclipse totale momentul în care Luna intră în conul de umbră terestru reprezintă începutul eclipsei totale.
- ▶ La ieșirea Lunii din conul de umbră terestru se termină eclipsa totală. Atunci discul Lunii este tangent exterior conului de umbră terestru.
- ▶ La ieșirea Lunii din conul de penumbră terestru spunem că eclipsa parțială de Lună a luat sfârșit.

Eclipsă de Lună



Figura: Aspectul Lunii în timpul eclipsei (I)

Eclipsă de Lună



Figura: Aspectul Lunii în timpul eclipsei (II)

Durata unei eclipse. Maximul eclipsei

- ▶ Durata unei eclipse parțiale de Lună, *i.e.* intervalul de timp în care Luna traversează conul de penumbră terestru este de 3-4 ore.
- ▶ Conul de umbră terestru este traversat de către Lună în 1-2 ore, aceasta fiind durata totalității eclipsei de Lună.
- ▶ Momentul de maxim al eclipsei este momentul în care centrul discului Lunii se află la distanță minimă de linia dată de centrele Soarelui și Pământului. Maximul eclipsei se calculează ca medie aritmetică a momentelor de început și sfârșit a eclipsei totale sau parțiale.

Eclipsele de Soare

- ▶ *Eclipsele de Soare* se produc când Pământul trece prin conul de umbră al Lunii.
- ▶ Conul de umbră lunar este mărginit de tangentele exterioare ale Soarelui și Lunii considerate corpuri sferice. Înălțimea lui² medie este de aproximativ 374000 km.
- ▶ Distanța de la Pământ la Lună variază între aproximativ 363300 km și 405504 km.

²Luna nu are atmosferă de aceea razele de lumină tangente sferei lunare mărginesc conul de umbră real al Lunii.

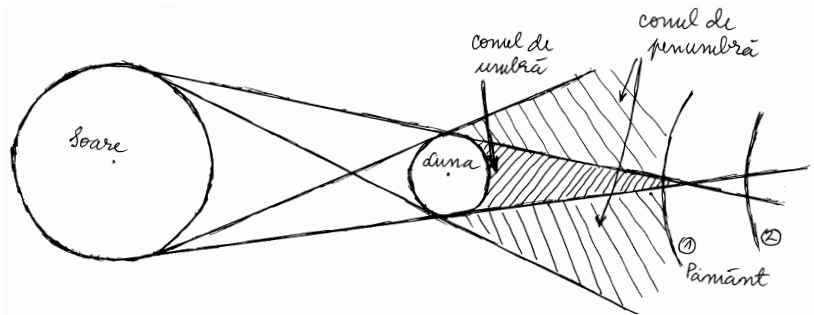


Figura: Geometria eclipselor de Soare totale (Pământul în poziția 1) și inelare (Pământul în poziția 2).

Eclipsă totală. Eclipsă inelară

- ▶ Conul de umbră al Lunii intersectează suprafața Pământului numai când Luna este în apropierea perigeului și a unui nod al orbitei sale. Atunci observatorii aflați în interiorul regiunii comune conului de umbră lunar și suprafeței Pământului pot vedea o *eclipsă totală de Soare*.
- ▶ Dacă prelungirea conului de umbră intersectează suprafața Pământului atunci observatorii din regiunea de intersecție văd o *eclipsă inelară de Soare*.

- ▶ Diametrul unghiular al Soarelui este aproximativ egal cu cel al Lunii. Când Luna este aproape de perigeu, diametrul ei unghiular este mai mare decât al Soarelui. În momentul de maxim al eclipsei Luna acoperă întreg discul Soarelui, de aceea eclipsa se numește *totală*.
- ▶ Când Luna este aproape de apogeu, diametrul ei unghiular este mai mic decât diametrul unghiular al Soarelui. În momentul de maxim al eclipsei, coroana circulară din discul Soarelui care nu este acoperită de Lună se vede ca un inel luminos, de aceea eclipsa se numește *inelară*.

- ▶ La intersecția conul de umbră al Lunii cu suprafața Pământului apare o pată întunecată, cunoscută sub numele de *pata de umbră* sau *umbra Lunii*. Observatorii aflați la un moment dat în interiorul umbrei Lunii văd discul Soarelui acoperit de Lună.
- ▶ Datorită rotației terestre diurne și a mișcării Lunii în raport cu Pământul pata de umbră se mișcă pe suprafața Pământului, descriind *fâșia* sau *banda de totalitate a eclipsei*, zonă din care eclipsa se poate vedea ca totală sau inelară.

Umbra Lunii



Figura: Umbra Lunii văzută de pe ISS (29 martie 2006)

- ▶ Diametrul maxim al fâșiei de totalitate este de 265 m, iar lungimea ei poate ajunge la 10-12 mii de km. Punctele care se află la distanțe egale de limitele nordice și sudice ale fâșiei de totalitate alcătuiesc *linia de centralitate a eclipsei*.
- ▶ Umbra se deplasează pe Pământ de la vest la est cu aproximativ 0,5 km/s. Pe limita vestică, respectiv estică a benzii de totalitate a eclipsei se găsesc locurile de pe Pământ pentru care eclipsa începe și se sfârșește la răsăritul, respectiv apusul Soarelui.

- ▶ Tangentele interioare ale Soarelui și Lunii, considerate corpuri sferice, mărginesc *conul de penumbră al Lunii*. Din locurile de pe Pământ aflate în conul de penumbră al Lunii, o parte din discul Soarelui se vede acoperită de discul lunar, de aceea spunem că observatorii de acolo văd o *eclipsă parțială de Soare*.
- ▶ Diametrul maxim al penumbrei este de aproximativ 1000 km, iar lungimea *benzii de penumbră*, zonă de pe Pământ de unde poate fi observată eclipsa parțială, este de 10-12 mii de km.

- ▶ În timpul eclipselor de Soare, Luna se mișcă de la vest la est pe discul Soarelui.
- ▶ *Primul contact* reprezintă momentul în care discurile celor două corpuri sunt tangente exterior.
- ▶ *Al doilea contact* este momentul în care discul Lunii este tangent interior discului Soarelui. În acest moment, la eclipsele totale de Soare, discul Lunii acoperă întreg discul Soarelui.
- ▶ Între primul și al doilea contact strălucirea Soarelui scade, pentru că suprafața lui este acoperită treptat de Lună. De regulă Soarele trebuie privit printr-un filtru de protecție sau în proiecție pe un ecran. La eclipsele totale de Soare, după momentul celui de-al doilea contact, putem privi Soarele ocultat de Lună direct, fără filtru de protecție.

- ▶ La eclipsele totale, cu foarte puțin timp înainte de al doilea contact, pe marginea discului solar se pot vedea raze de Soare care scapă prin văile de pe marginea discului Lunii, transformând marginea Soarelui într-un șir de sfere minuscule, foarte strălucitoare, cunoscute sub numele de *măgelele lui Bailey*.
- ▶ În primele secunde după al doilea contact se poate vedea cromosfera Soarelui, după care devine vizibilă coroana lui. Întinderea coroanei solare este dată de activitatea Soarelui. Ea are dimensiuni reduse în anii de minim de activitate solară și poate să ajungă la zece raze solare la maximul activității lui.

Eclipsă de Soare totală

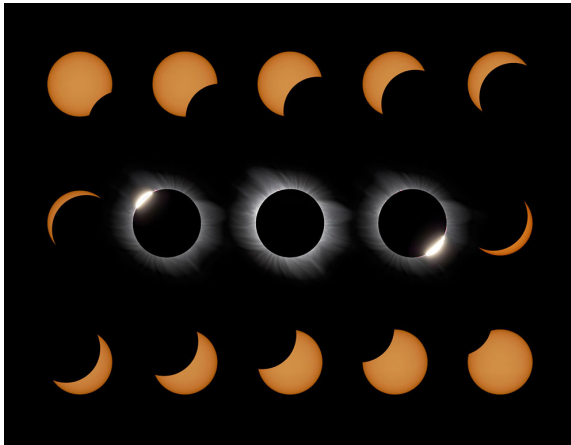


Figura: Aspectul Soarelui în timpul unei eclipse totale de Soare

- ▶ Al *treilea contact* reprezintă momentul în care discul Lunii este din nou tangent interior discului Soarelui.
- ▶ La eclipsele totale, după cel de-al treilea contact primele raze de Soare care scapă prin regiunile de altitudine joasă aflate la marginea discului Lunii formează *inelul cu diamant*. Al treilea contact reprezintă sfârșitul totalității eclipsei. Din acest moment Soarele trebuie privit din nou printr-un filtru de protecție sau în proiecție pe un ecran.
- ▶ Al *patrulea contact* este momentul în care discul Lunii eliberează complet discul Soarelui, cele două discuri fiind tangente exterior. Acesta marchează sfârșitul eclipsei.

Inelul de diamant



Figura: Inelul de diamant și mărgelile lui Bailey

- ▶ Intervalul de timp scurs între al doilea și al treilea contact reprezintă durata totalității eclipsei. O eclipsă totală de Soare poate dura maxim $7,3^m$, durata medie a acestor eclipse fiind de 2-3 minute.
- ▶ La eclipsele inelare durata maximă a totalității este de aproximativ 11^m . În timpul eclipselor inelare, discul Lunii nu acoperă întreg discul Soarelui, de aceea nu putem vedea cromosfera sau coroana solară și Soarele trebuie privit prin filtru de protecție sau proiectat pe un ecran chiar și în timpul totalității lor.

Coroana solară



Figura: Coroana solară devine vizibilă în timpul totalității eclipsei de Soare

Eclipsă de Soare inelară

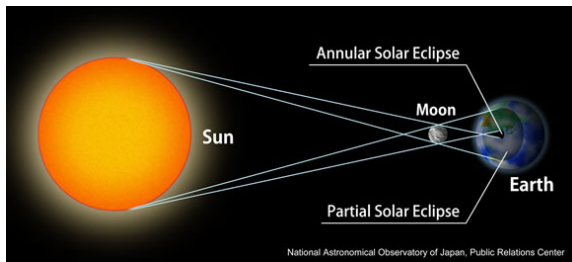


Figura: Prelungirea conului de umbră lunar ajunge pe suprafața Pământului

Eclipsă de Soare inelară



Figura: Aspectul Soarelui în timpul unei eclipse inelare

Eclipsă de Soare inelară

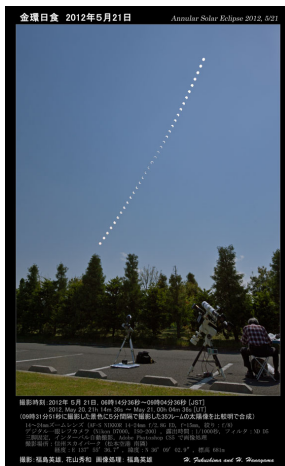


Figura: Eclipsa inelara din 20 mai 2012

Eclipsă de Soare hibridă

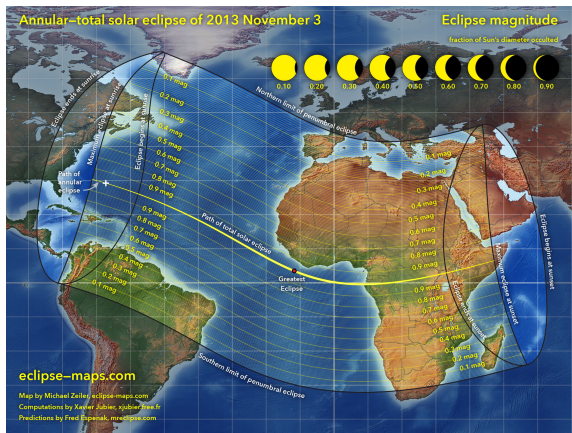


Figura: Eclipsa de Soare din 3 noiembrie 2013 a fost hibridă

Eclipsă de Soare hibridă

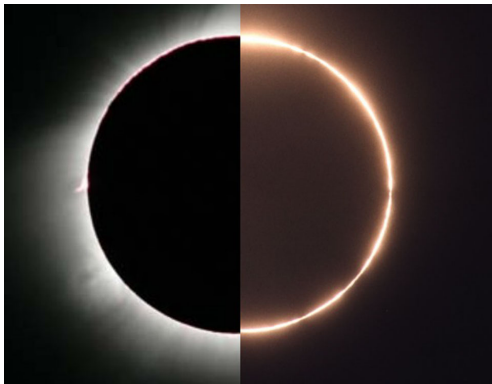


Figura: Aspectul Soarelui pentru doi observatori diferiți

- ▶ *Eclipsele* se produc atunci când centrele Soarelui, Pământului și Lunii sunt aproape coliniare.
- ▶ La eclipsele de Lună, Pământul se află între Soare și Lună, Luna fiind în faza de Lună plină.
- ▶ În timpul mișcării Lunii prin conul de penumbră al Pământului suprafața ei este gălbuie, iar în timpul totalității suprafața Lunii devine roșiatică.

În timpul eclipselor de Soare, Luna este între Soare și Pământ, în faza de Lună nouă, fază în care Luna nu este vizibilă de pe Pământ, pentru că îndreaptă spre noi fața opusă Soarelui. De aceea, modificarea strălucirii Soarelui în plină zi și restul fenomenelor ce se produc în timpul eclipselor de Soare au stârnit interesul, curiozitatea și deseori teama celor care le-au observat.

- ▶ Orbita lunară este înclinată pe ecliptică cu $5^{\circ} 9'$, unghi de aproximativ șase ori mai mare decât diametrul unghiular al Soarelui și al Lunii, de aceea eclipsele de Soare sau de Lună nu se produc de fiecare dată când Luna este în faza de Lună nouă sau Lună plină.
- ▶ Ele au loc numai când Luna și Soarele se află simultan în vecinătatea liniei nodurilor orbitei lunare.

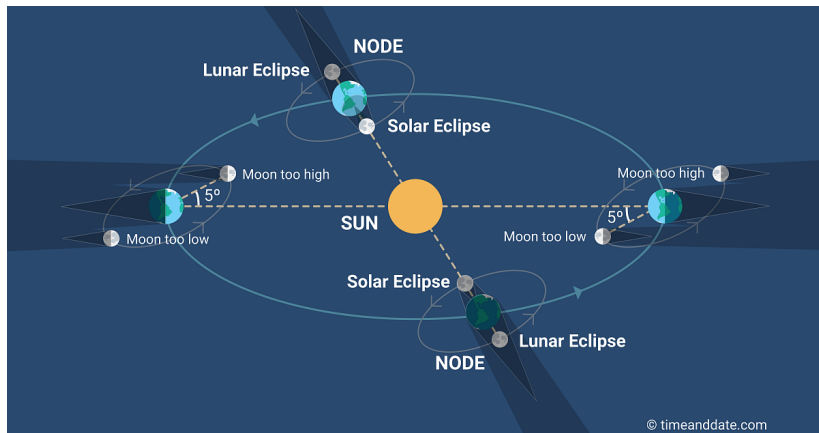


Figura: Planul orbitei lunare și planul eclipticii

- ▶ Din cauza nutației linia nodurilor se rotește în sens retrograd în planul eclipticii. Intervalul de timp dintre două treceri consecutive ale Soarelui prin nodul ascendent al orbitei Lunii se numește *anul draconitic* sau *anul eclipselor*.
- ▶ Pentru a determina durata acestui an, notată S , folosim perioada anului sideral, notată T , și perioada nutației, notată P .

- ▶ În intervalul de timp dintre două treceri consecutive ale Soarelui prin nodul ascendent al orbitei Lunii, linia nodurilor se mișcă retrograd în planul eclipticii cu unghiul

$$\theta = \frac{360^\circ}{P} \cdot S,$$

pe când Soarele se mișcă în sens direct cu unghiul

$$360^\circ - \theta = \frac{360^\circ}{T} \cdot S.$$

Înlocuind θ și simplificând relația găsim

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} + \frac{1}{P}.$$

- ▶ Pentru a afla durata anului eclipselor înlocuim în relația precedentă $T = 365,25$ zile solare medii, $P = 6798,3$ zile solare medii și obținem $S = 346,62$ zile solare medii.
- ▶ Astfel, intervalul de timp scurs între trecerea Soarelui prin nodul ascendent și descendent al Lunii este de 173,32 zile solare medii.
- ▶ Într-un an calendaristic au loc maxim 7 eclipse, 5 de Soare și 2 de Lună.

- ▶ Cu toate că numărul de eclipse de Soare care au loc într-un an este mai mare decât numărul de eclipse de Lună, un observator aflat într-un loc dat de pe Pământ poate observa în timpul vieții sale mai multe eclipse de Lună decât eclipse de Soare, pentru că eclipsele de Lună pot fi văzute de toți observatorii de pe Pământ care au Luna deasupra orizontului în timpul eclipsei, adică mai mult de jumătate din globul terestru, pe când eclipsele de Soare pot fi observate numai de observatorii care se află în penumbra Lunii, regiune care are o întindere de cel mult un sfert din suprafața Pământului.

- ▶ În medie dintr-un loc dat de pe Pământ se poate vedea o eclipsă totală de Soare o dată la 300 de ani. În secolul trecut teritoriul țării noastre s-a aflat pe linia de centralitate a eclipselor totale din 15 februarie 1961 și din 11 august 1999, iar în secolul acesta banda de totalitate a eclipsei din 3 septembrie 2081 va trece prin țara noastră.
- ▶ Informațiile complete despre eclipsele care se produc într-un an se pot găsi în anuarele astronomice sau pe internet pe pagini speciale dedicate eclipselor, cum sunt cele de la NASA <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html> sau <https://moon.nasa.gov/moon-in-motion/eclipses/>.

Eclipsele anului 2021

- ▶ Eclipsa inelară de Soare din 10 ianuarie - vizibilă din America de Nord, Europa, Asia.
- ▶ Eclipsa totală de Soare din 4 decembrie - vizibilă din Antarctica, S Africii, S Oceanului Atlantic.
- ▶ Eclipsa totală de Lună din 26 mai vizibilă din Asia, Australia, Pacific, America de Sud și Nord.
- ▶ Eclipsa parțială de Lună din 19 noiembrie, vizibilă din America de Nord și Sud, Europa de Nord, Asia de Est, Australia, Pacific.

Partial Lunar Eclipse of 2021 Nov 19

Ecliptic Conjunction = 08:58:37.0 TD (= 08:57:24.4 UT)

Greatest Eclipse = 09:04:05.7 TD (= 09:02:53.1 UT)

Penumbral Magnitude = 2.0720 P. Radius = 1.1829" Gamma = -0.4552

Umbral Magnitude = 0.9742 U. Radius = 0.6434" Axis = 0.4104"

Saros Series = 126 Member = 46 of 72

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 19h09m50.9s

Dec. = +19°32'33.1"

S.D. = 00°16'11.0"

H.P. = 00°00'08.9"

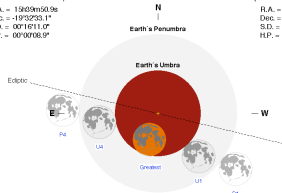
Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 09h40m24.8s

Dec. = +19°09'15.3"

S.D. = 00°14'44.5"

H.P. = 00°54'06.1"



Eclipse Durations

Penumbral = 06h01m29s

Umbral = 00h28m23s

AT = 73 s

Rule = CdT (Danjon)

Eph. = VSOP87/ELP2000-85

Eclipse Contacts

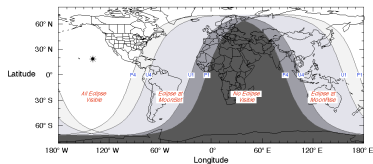
P1 = 06:02:09 UT

U1 = 07:18:41 UT

U4 = 10:47:04 UT

P4 = 12:03:38 UT

F. Espenak, NASA's GSFC
eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html



2021 Apr 20

Eclipsa de Lună din 19 noiembrie 2021

Pe pagina *Moon in motion* la adresa <https://moon.nasa.gov/news/168/an-almost-total-lunar-eclipse/> găsiți caracteristici ale eclipsei (de unde s-a văzut, momentele de contact, durată), un video al eclipsei, ș.a.

Total Solar Eclipse of 2021 Dec 04

Geocentric Conjunction = 07:56:04.9 UT J.D. = 2459552.830612

Greatest Eclipse = 07:53:22.5 UT J.D. = 2459552.814844

Eclipse Magnitude = 1.0367 Gamma = -0.9526

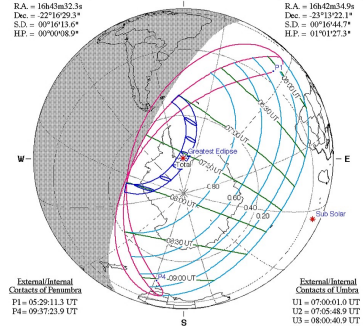
Saros Series = 152 Member = 13 of 70

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 16h43m32.3s
Dec. = -22°16'29.3"
S.D. = 00°16'13.6"
H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 16h42m34.9s
Dec. = -23°13'22.1"
S.D. = 00°16'44.7"
H.P. = 01°01'27.3"



External/Internal

Contacts of Penumbra

P1 = 05:29:11.3 UT
P4 = 09:37:23.9 UT

External/Internal

Contacts of Umbra

U1 = 07:00:01.0 UT
U2 = 07:05:48.9 UT
U3 = 08:00:40.9 UT
U4 = 08:06:29.2 UT

Local Circumstances at Greatest Eclipse

Lat. = 76°46.7'S Sun Alt. = 17.2°
Long. = 046°11.9'W Sun Azm. = 114.8°
Path Width = 418.6 km Duration = 01m54.4s

Ephemeris & Constants

Epl. = Newcomb/ILE
 $\Delta T = 78.8$ s
 $k1 = 0.2724880$
 $k2 = 0.27222810$
 $\Delta b = 0.0'' \Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration

(Optical + Physical)
 $l = -0.23''$
 $b = 1.26''$
 $c = 6.09''$
Brown Lun. No. = 1224



F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,
nnearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

Eclipsa de Lună din 4 decembrie 2021

Pe pagina <http://eclipsewise.com/solar/SEanimate/SEanimate2001/SE2021Dec04T.gif> găsiți o simulare a eclipsei.



Figura: Eclipsa totală de Soare, din 20 martie 2015, vizibilă din Atlanticul de Nord, Insulele Feroe, N Europei, fotografiată din Svalbard (Norvegia) a fost fotografia zilei în astronomie (<https://apod.nasa.gov/apod/ap150420.html>) în 20 aprilie 2015.

- ▶ Deși calculele pentru aflarea momentelor de început și de sfârșit al eclipselor sunt complicate, astronomii din antichitate erau în stare să le determine. Prezicerile lor aveau la bază periodicitatea eclipselor observate.
- ▶ Astronomii babilonieni au remarcat că eclipsele se repetă în aceeași ordine după un interval de timp. Perioada ciclului observat de ei este de 223 de luni sinodice, 6585,32 zile solare medii, sau aproximativ 242 luni draconitice, 6585,36 zile solare medii.

- ▶ Exprimată în ani, durata acestei perioade numite *saros* este de 18 ani și 11 zile și 8 ore³.
- ▶ Perioada unui saros este aproximativ egală cu 239 luni anomalistice, 6585,54 zile și 19 ani draconitici, 6585,78 zile. Într-un ciclu saros intră 70 de eclipse, 41 de Soare și 29 lunare.

³Durata unui ciclu saros este de 18 ani 11 zile și 8 ore sau 18 ani 10 zile și 8 ore în funcție de numărul de ani bisecți din acest interval.

- ▶ În 432 î. Ch astronomul grec Meton a observat că 235 luni sinodice sunt aproximativ egale cu 19 ani calendaristici. Înseamnă că după 19 ani fazele Lunii se repetă în aceeași zi.
- ▶ De exemplu, după eclipsa totală de Soare din 11 august 1999 va avea loc o eclipsă parțială de Soare în 11 august 2018 vizibilă din vecinătatea polului nord geografic.

Pentru laboratorul 6 vă rog să vă instalați alw
(<http://www.ericbt.com/astronomylab2>) și Stellarium
(<http://stellarium.org/>).