

Propedeutica al

calcolo

delle eclissi e delle occultazioni di stelle

Questo lavoro è un semplice estratto limitato al calcolo delle eclissi lunari
con allegato un argomento di fotometria sulla luce della Luna.

3 Tavole illustrative nel testo.

<http://digilander.libero.it/occultazioni/>

Pierre Dubochet

Grenoble - 2005

Rev.: 2007 Marzo 05

Chi vuole descrivere qualcosa
deve astrarre il generale dal particolare,
formare concetti, comparare,
deve, insomma,
pensare.

Dove basta invece il dito per indicare,
la bocca si chiude,
la mano che scrive e disegna si ferma,
le facoltà mentali
si degradano.

(Rudolph Arnheim, Rundfunk als Hörkunst, 1936)

(trad. di Kurt Röllin, 1987)

Indice

(questo Indice non comprende la *Prefazione* e la *Sintesi*)

Parte prima

(Premesse teoriche – Presentazione dei due metodi principali)

- 1.1 Introduzione ai calcoli**
- 1.2 Il primo metodo (cenni)**
- 1.3 Un calcolo imprescindibile**
- 1.4 Limitazioni imposte sulle previsioni**
- 1.5 Il secondo metodo**
 - 1.5.1 Un Teorema illustre**
- 1.6 Calcolo dell'angolo di posizione e della cuspidè**
- 1.7 Utilità e uso dei coefficienti di stazione.**
- 1.8 Come “fermare” il tempo ? (datazione delle previsioni)**
 - 1.8.1 Dove reperire il valore di ΔT ?**
 - 1.8.2 Calcolo della quantità $UT1 - UTC$ con la precisione di 1 / 50 di secondo**
 - 1.8.3 Le radio non sono tutte uguali (stazioni di tempo campione)**

Parte seconda

(Il metodo semplificato – Applicazioni pratiche – Questioni connesse a entrambi i metodi)

2.1 Aldebaran a Siena (calcolo dell'istante di immersione)

2.1.1 Calcolo dell'angolo di posizione

2.1.2 Calcolo dell'angolo della cuspid

2.1.3 Calcolo dell'emersione e dei relativi angoli di posizione e della cuspid

2.2 Forma della Terra (cenni)

2.2.1 Brevissimi appunti sull'ellissoide: (fig. 5)

2.3 Venere a Loiano (applicazione numerica per i transiti)

2.4 Questione prima (rapporto fra osservazione e calcolo)

2.4.1 Risposta

2.5 Questione seconda (discussione teorica e applicazione numerica per una eclisse di Sole)

2.5.1 Risposta

2.5.2 Note conclusive sullo studio dell'eclisse di Sole

2.5.3 Modifiche e note apportate al calcolo semplificato di una eclisse di Sole secondo il metodo di Alberto Sambo da Pierre Dubochet

2.6 Questione terza (generi di occultazioni; applicazione numerica per Venere e la Luna)

2.6.1 Risposta

2.6.2 Note conclusive sullo studio dell'occultazione di Venere

2.7 Questione quarta (riepilogo)

2.7.1 Risposta

2.8 Software & dintorni

2.9 Introduzione alle eclissi di Luna

2.9.1 Previsione delle eclissi totali di Luna

2.9.2 Conclusione e suggerimenti

Parte terza

(Esempi di possibili semplificazioni dei calcoli nell'Astronomia di posizione – Ricerche e spunti didattici per le Scuole e gli Astrofili)

3.1 Su di alcuni fenomeni periodici (fenomeni eliocentrici)

3.2 Su di alcuni fenomeni periodici (fenomeni geocentrici)

3.3 Un fenomeno davvero curioso

3.3.1 Come si calcola l'angolo Ω

3.4 Esercitazioni col tempo – Tempo delle effemeridi – Lo IERS

3.5 Moonlight (la luce della Luna)

3.6 “Luna cuccata marenaro all'erta” (inclinazione dell'asse della fase)

3.6.1 Caso particolare delle quadrature (formula di Santini)

Bibliografia

2.9 Introduzione alle eclissi di Luna

Su cosa siano e come e perché avvengono le eclissi di Luna, nulla si può aggiungere a quanto facilmente reperibile in un qualunque testo scolastico di Geografia. Qui ci limitiamo a ricordare che il fenomeno è possibile solo durante la Luna Piena e nottetempo. Non sempre la Luna entra totalmente nel cono d'ombra della Terra: quando ciò si verifica l'eclisse sarà parziale — entra parzialmente nel cono — oppure di penombra — non entra affatto nel cono — contrapposta a quella totale con la Luna *completamente* intersecante detto cono (fig. 11). Facciamo però rilevare che la Luna non potrà mai restare completamente priva di luce solare: ciò si verifica per la presenza di atmosfera terrestre la quale devia, all'intorno di B , il percorso rettilineo dei raggi che da A si congiungono in V . In B si ha una rifrazione per cui il vertice V del cono di *assoluta oscurità* si trova arretrato verso T . Siccome detto vertice si trova a 268 000 km dalla Terra e la distanza minima del perigeo è di 350.175 km, ne consegue quanto poco fa dichiarato. Inoltre, sempre all'intorno di B , si verifica una dispersione cromatica selettiva: l'atmosfera assorbe molto di più le brevi lunghezze d'onda (blu-violetto) e lascia passare, e con minore deviazione angolare, quelle a maggiore lunghezza (giallo-rosso). Quest'ultima annotazione spiega il colore cupreo, rossastro, che assume il nostro satellite nel corso della totalità. A causa principalmente delle mutevoli condizioni atmosferiche la tonalità cromatica di un'eclisse non sarà uguale ad altre e, per una stessa eclisse, cambierà da luogo a luogo.

Negli ambienti accademici le eclissi di Luna non muovono grandi interessi: a volte si svolgono osservazioni fotometriche nello svolgersi del fenomeno e poco altro. Fra gli Astrofili si tenta di rendere tramite fotografie a colori il progresso dell'eclisse. A volte sono utilizzate le videocamere ma, salvo eccezioni, la resa qualitativa è inferiore. Questo genere di eclissi acquistano interesse quando porgono la possibilità di osservare favorevoli occultazioni di stelle altrimenti invisibili a causa dell'abbagliamento procurato dalla luce del plenilunio: di ciò i Previsori e gli Osservatori giudiziosi dovranno tenerne debito conto

2.9.1 Previsione delle eclissi totali di Luna

In questa sezione non discuteremo del calcolo delle penombrali perché in pratica difficilmente o, piuttosto, per nulla visibili dalla Terra, ma ci limiteremo ai contatti dell'ombra. Tutti i calcoli verranno svolti con il minimo di annotazioni ritenendo il Lettore già informato del "nostro" metodo semplificato. **Per Teorie del moto del Sole abbiamo utilizzato quella fornita da Meeus [19] che si rifà ad un compendio della parigina VSOP87 mentre per il moto della Luna ci siamo avvalsi di una nostra personale elaborazione, ridotta a circa 500 termini periodici, su quella di Brown-ILE 1954 [21].** Al termine dei calcoli segue un confronto con i dati ufficiali forniti dalla NASA (l'Ente spaziale americano) firmati dal dottor Fred Espenak.

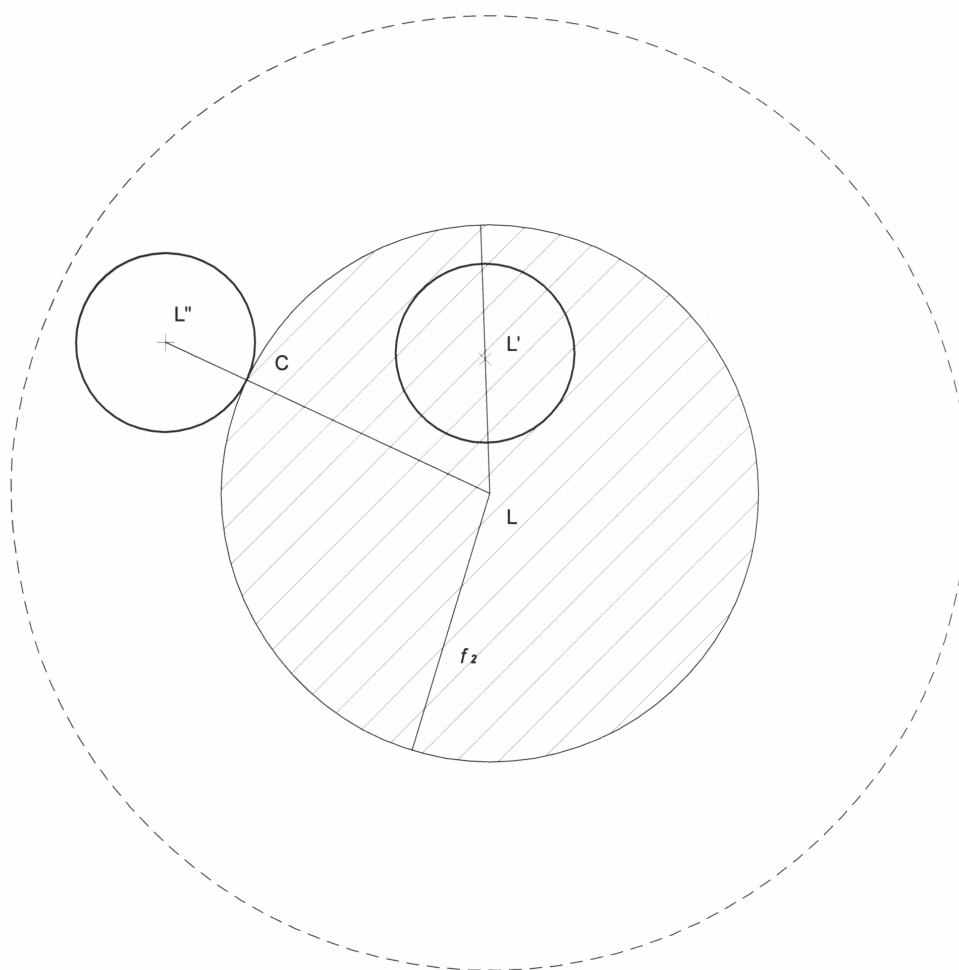
Il metodo classico di previsione di un'eclisse di Luna, non richiedendo la formazione preliminare degli elementi besseliani, manifesta una ridotta mole di calcoli con conseguenti programmi informatici più semplici da scrivere e di più veloce esecuzione. D'altra parte non è necessaria un'elevata precisione: i comuni Almanacchi forniscono i tempi delle varie fasi al minuto e, fatte salve le verifiche computazionali, non vi sono motivi per eccedere questo limite. Non dovremo nemmeno preoccuparci del valore di $\Delta T = (TT - UT1)$ in quanto queste eclissi le si osservano nei medesimi istanti per qualunque luogo sulla Terra (ovviamente interessato dal fenomeno). Se però intendiamo esprimere i tempi ottenuti in UT1, allora è *indispensabile* indicare il valore di ΔT che abbiamo adottato.

Nel presente contesto effettueremo la previsione con il metodo già esaminato a proposito delle occultazioni di stelle e delle eclissi di Sole. In questo caso il punto antisolare L (fig. 12) è l'origine di un sistema di assi ortogonali ⁽¹⁾ con l'asse verticale Y diretto al Polo nord celeste e l'asse delle X come il parallelo di declinazione per L . A volte potrebbe verificarsi che la differenza fra l'ascensione retta dell'antisolare e quello della Luna superi, in valore assoluto, 1° : ciò capita se intendessimo calcolare le fasi penombrali ma siccome gli istanti ottenuti andranno arrotondati al minuto più vicino,

¹ si definisce punto antisolare il prolungamento, nella parte in ombra della Terra, dell'asse che congiunge il centro di questa con il Sole e avente ascensione retta pari a quella del Sole diminuita di 180° e declinazione cambiata di segno.

verrà assorbita la causa di “errore” che si commette a considerare piana la calotta sferica che contiene entrambi i punti. Nell’esempio pratico che svolgeremo, riterremo *piana per definizione* quella calotta sferica contenente il circolo di raggio f_2 più la quantità CL” che è il raggio apparente della Luna (fig. 12).

Posizioni reciproche fra il cono d'ombra e di penombra della Terra
e la sezione della Luna



L = punto antisolare (vedi anche la Fig. 11)
L' e L'' = centro della Luna
CL'' = semidiametro della Luna
LL' = σ = minima separazione angolare geocentrica

Fig. 12

La formula risolvente delle varie fasi dell'eclisse è la (27) del paragrafo 2.5.1 nella quale si potrebbe con sicurezza elevare il valore di n a 30 od anche a 60. Se sussiste la condizione espressa dalla (30) e quindi ci troviamo in presenza di un'eclisse totale di Luna, allora σ descriverà le fasi salienti dell'eclisse giusto il seguente prospetto:

$\sigma^2 = (f_2 + s_{\odot})^2$	si ha il primo ed ultimo contatto dell'ombra.
$\sigma^2 = (f_2 - s_{\odot})^2$	si ha l'inizio e la fine della totalità
$\sigma^2 = \pm 0$	si ha la fase massima dell'eclisse ovvero quando $ f_2 - s_{\odot} $ raggiunge il minimo ed è minima la distanza della Luna dal punto antisolare L .

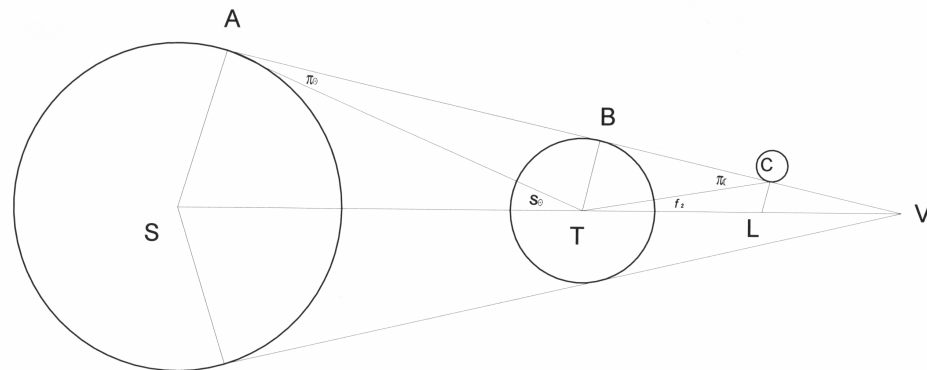
Il valore di σ , al pari di n , potrebbe calcolarsi ogni 30 oppure 60 minuti.

Osserviamo la figura 11. In essa sono rappresentate le sezioni complanari del Sole, della Luna e della Terra (le rispettive proporzioni e distanze non sono in scala). Il punto C è l'intersezione del cono d'ombra CTL con l'allineamento AV tangente la superficie del Sole e della Terra, mentre L è l'intersezione dell'orbita della Luna con il prolungamento della congiungente ST ⁽²⁾. L'angolo CTL , indicato in figura con f_2 ⁽³⁾, è dunque il raggio apparente del cono d'ombra della Terra il cui vertice, V , è situato oltre la distanza LT della Luna.

² il segmento CL rappresenta evidentemente l'orbita della Luna e avrebbe dovuto disegnarsi curvilineo. D'altra parte la Luna impiegherebbe circa 1 ora e mezza a percorrerlo e, con buona approssimazione, può ancora ritenersi rettilineo.

³ in alcune pubblicazioni è chiamato σ oppure ω .

Geometria del cono d'ombra della Terra durante un'eclisse di Luna



- s_{\odot} = semidiametro apparente del Sole
- π_{\odot} = parallasse orizzontale del Sole
- π_{L} = parallasse orizzontale della Luna
- CL = semidiametro del cono d'ombra della Terra sulla Luna
- angolo VTC = f_2 = semidiametro apparente del cono d'ombra

Fig. 11

Affermato ciò, e con i simboli dichiarati in calce alla figura 11, possiamo facilmente dimostrare che:

$$\Pi_{\odot} + \Pi_{\text{L}} = s_{\odot} + f_2 .$$

A tal uopo si consideri il triangolo ATC nel quale: $\Pi_{\odot} + \Pi_{\text{L}} = 180^{\circ} - \angle ATC = s_{\odot} + f_2$ e quindi:

$$f_2 = \Pi_{\odot} + \Pi_{\text{L}} - s_{\odot} . \quad (28)$$

La (28) esprime in modo semplice e geometricamente ineccepibile il semidiametro apparente del cono d'ombra della Terra. Nella realtà le relazioni poc'anzi descritte si complicano perché la Terra *non* è una sfera ed inoltre è circondata di gas atmosferico. La questione consisterà nel definire, nel modo più prossimo al vero, la forma della sezione del cono d'ombra terrestre che evidentemente *non può* essere circolare. L'esame fisico di alcune eclissi ci conducono verso uno schiacciamento dell'ombra che appare essere di 1:102, quasi il triplo del globo terrestre.

Per il mero calcolo di previsione evidenziamo che lo schiacciamento polare della Terra farà *diminuire* il valore della parallasse della Luna ma la farà *aumentare* per la presenza dell'atmosfera. Quest'ultimo fenomeno lo si può spiegare osservando come la presenza di strati di gas all'intorno di *B* determinerà un incurvamento dei raggi luminosi che staccandosi da *A* si dirigono a *C*. Un ipotetico osservatore, posto in *C*, osserverà il *prolungamento* dei raggi "piegati" raggiungere un ipotetico punto situato all'esterno del limite della circonferenza del Sole, come se quest'ultimo avesse aumentato il proprio diametro fisico. Riferito in termini tecnici, l'atmosfera dà luogo a un sistema diottrico con curvatura positiva estendentesi tutto attorno la Terra fino ad alcune decine di chilometri di quota. Lo stesso fenomeno lo esperiamo osservando il tramontare del Sole e della Luna: continuiamo a vedere gli astri quando questi già si trovano al di sotto della linea del nostro orizzonte e con un maggiore diametro apparente.

Di conseguenza la formula (28) andrà così riscritta:

$$f_2 = (0,998340 \Pi_{\odot} + \Pi_{\oplus} - s_{\odot}) 51 / 50. \quad (29)$$

Il primo termine numerico fa riferimento a una latitudine di $|45^\circ|$ mentre l'ultimo aumenta del 2% l'apertura dell'angolo f_2 . Come è stato giustamente notato, la maggiore incertezza delle previsioni è insita nel valore da assegnarsi all'effetto dell'atmosfera piuttosto che trascurare addirittura la prima correzione (cfr. p. 236 di [12]). Come regola mnemonica si ha che lo schiacciamento terrestre diminuisce di $1/500$ la parallasse della Luna mentre l'atmosfera incrementa di $1/50$ il raggio del cono d'ombra della Terra.

Osserviamo di nuovo la figura 12. La circonferenza più ampia, con linea continua, è il limite dell'ombra della Terra alla distanza che la separa dalla Luna mentre le due minori sono relative a due possibili posizioni che quest'ultima assume durante un'eclisse totale. Quando il centro della Luna è in L'' si verifica un contatto d'ombra e quando in L' l'ombra le nasconde *per intero* la faccia visibile (⁴) e per di più si trova alla minima distanza del centro dell'ombra.

Affinché si verifichi un'eclisse totale di Luna occorre che sia soddisfatta la seguente condizione:

⁴ infatti un'eclisse totale di Luna ha luogo solo e solamente se la Luna passa *completamente* all'interno del cono d'ombra della Terra. Se ci trovassimo sulla Luna osserveremo un'eclisse di Sole.

$$\sigma < f_2 - s_{\zeta} \quad (30)$$

vale a dire:

$$\sigma < [(0,998340 \Pi_{\zeta} + \Pi_{\odot} - s_{\odot}) 51 / 50] - s_{\zeta} \quad (31)$$

Dalla medesima figura si evince che il *caso-limite* di un'eclisse totale di Luna si ha allorché:

$$\sigma = f_2 - s_{\zeta}.$$

La grandezza (latinamente detta: *magnitudo*) di un'eclisse di Luna è definita dalla seguente frazione:

$$[(0,998340 \Pi_{\zeta} + \Pi_{\odot} - s_{\odot}) (51 / 50) + s_{\zeta} - \sigma] / 2 s_{\zeta}. \quad (32)$$

I calcoli avranno sempre inizio con la ricerca del tempo della congiunzione in ascensione retta del Sole e della Luna. In genere sarà sufficiente conoscere l'istante del plenilunio con un'incertezza di un quarto d'ora e poi procedere al successivo affinamento (⁵). Le successive tabelle sono state preparate per far vedere, didatticamente, l'ordine al quale devono soggiacere i calcoli di Matematica astronomica.

Se, ad intervalli di 30 minuti, si fanno le differenze fra le ascensioni rette del punto antisolare e di quelle del centro di massa della Luna, si ottiene:

⁵ ricordiamo che le fasi della Luna si calcolano sulle coordinate eclittiche.

Tempo Terrestre	AR antisolare meno AR della Luna
22:30	+0°,014 519
23:00	+0°,000 846
23:30	-0°,012 824

Poiché le differenze seconde (omesse per brevità) sono molto piccole è lecito interpolare con una curva di 2° grado — parabola — ottenendo lo zero a 23^h 31^m 51^s,4 TT.

Sia le tabelle che le procedure seguenti non hanno, a questo punto, più bisogno di spiegazioni. Lo studioso noti comunque la piccola e costante variazione dell'angolo f_2 .

Non abbiamo apportato correzioni alle effemeridi della Luna per cui il centro di figura coincide con quello di massa. Per il semidiametro, s_{ζ} , della Luna si è applicata la seguente formula:

$$\sin s_{\zeta} = k \sin \Pi_{\zeta}$$

con $k = 0,272\ 507\ 6$ valore — raccomandato dalla IAU, per le eclissi, nell'Agosto 1982 — che esprime il rapporto fra il raggio della Luna e il raggio equatoriale della Terra (p. 424 – 425 di [26]).

SOLE

TT	α_{\odot}	δ_{\odot}	Π_{\odot}	s_{\odot}
21 ^h 30 ^m	22 ^h ,950 493	-6°,709 342	0°,002 464	0°,268 884
22 ^h 00 ^m	22 ^h ,951 789	-6°,701 345	0°,002 464	0°,268 883
22 ^h 30 ^m	22 ^h ,953 083	-6°,693 351	0°,002 464	0°,268 882
23 ^h 00 ^m	22 ^h ,954 378	-6°,685 356	0°,002 464	0°,268 880
23 ^h 30 ^m	22 ^h ,955 673	-6°,677 357	0°,002 464	0°,268 879
00 ^h 00 ^m	22 ^h ,956 967	-6°,669 361	0°,002 464	0°,268 877
00 ^h 30 ^m	22 ^h ,958 262	-6°,661 365	0°,002 464	0°,268 876
01 ^h 00 ^m	22 ^h ,959 556	-6°,653 364	0°,002 464	0°,268 874
01 ^h 30 ^m	22 ^h ,960 851	-6°,645 366	0°,002 464	0°,268 873

LUNA

TT	α_{ζ}	δ_{ζ}	Π_{ζ}	s_{ζ}
21 ^h 30 ^m	10 ^h ,908 587	+7°,371 624	0°,909 027	0°,247 707
22 ^h 00 ^m	10 ^h ,923 584	+7°,254 323	0°,908 928	0°,247 680
22 ^h 30 ^m	10 ^h ,938 564	+7°,136 993	0°,908 829	0°,247 653
23 ^h 00 ^m	10 ^h ,953 532	+7°,019 580	0°,908 730	0°,247 626
23 ^h 30 ^m	10 ^h ,968 497	+6°,902 030	0°,908 632	0°,247 599
00 ^h 00 ^m	10 ^h ,983 444	+6°,784 456	0°,908 534	0°,247 573
00 ^h 30 ^m	10 ^h ,998 381	+6°,666 805	0°,908 437	0°,247 546
01 ^h 00 ^m	11 ^h ,013 314	+6°,549 021	0°,908 340	0°,247 520
01 ^h 30 ^m	11 ^h ,028 230	+6°,431 220	0°,908 244	0°,247 494

COORDINATE DIFFERENZIALI DELLA LUNA

TT	x (")	y (")	d (")
21 ^h 30 ^m	-2245,86	+2384,22	3275,42
22 ^h 00 ^m	-1511,79	+1990,72	2499,70
22 ^h 30 ^m	-778,32	+1597,11	1776,67
23 ^h 00 ^m	-45,36	+1203,21	1204,06
23 ^h 30 ^m	+687,64	+808,82	1061,62
00 ^h 00 ^m	+1419,92	+414,34	1479,13
00 ^h 30 ^m			
01 ^h 00 ^m	+2883,69	-375,63	2908,05
01 ^h 30 ^m	+3614,80	-770,93	3696,09

VARIAZIONE DELL'ANGOLO f_2

TT	f_2
21 ^h 30 ^m	0°,653 920
22 ^h 00 ^m	0°,653 820
22 ^h 30 ^m	0°,653 720
23 ^h 00 ^m	0°,653 622
23 ^h 30 ^m	0°,653 523
00 ^h 00 ^m	0°,653 425
00 ^h 30 ^m	0°,653 327
01 ^h 00 ^m	0°,653 231
01 ^h 30 ^m	0°,653 134

A) *Calcolo del primo contatto dell'ombra*

$$\{[(-2245,86 + 734,07 (t / 30))]^2 + [(+2384,22 - 393,50 (t / 30))]^2\} = (3245,86)^2 \quad \text{con } 0 \leq t \leq 30$$

otteniamo la radice: $t = 1,123\ 53$ che corrisponde a: $t = 1^m\ 07^s$

e, infine: $T = (21^h\ 30^m\ 00^s + 00^h\ 01^m\ 07^s) = 21^h\ 31^m\ 07^s\ \text{TT}$

B) *Calcolo dell'inizio della totalità*

$$\{[(-778,32 + 732,96 (t / 30))]^2 + [(+1597,11 - 393,90 (t / 30))]^2\} = (1461,84)^2 \quad \text{con } 0 \leq t \leq 30$$

otteniamo la radice: $t = 14,878\ 64$ che corrisponde a: $t = 14^m\ 53^s$.

e, infine: $T = (22^h\ 30^m\ 00^s + 00^h\ 14^m\ 53^s) = 22^h\ 44^m\ 53^s\ \text{TT}$

C) *Calcolo della fase massima (o del punto di "mezzo")*

$$\{[(-45,36 + 733 (t / 30))]^2 + [(+1203,21 - 394,39 (t / 30))]^2\} \quad \text{con } 0 \leq t \leq 30$$

otteniamo la radice: $t = 21,987\ 26$ che corrisponde a: $t = 21^m\ 59^s,2$

e, infine: $T = (23^h\ 00^m\ 00^s + 00^h\ 21^m\ 59^s,2) = 23^h\ 21^m\ 59^s,2\ \text{TT}$.

Per questo istante la distanza fra il centro dell'ombra della Terra e della Luna vale: $\sigma_{\min} = 1038'',08$.

D) *Calcolo della fine della totalità (o del secondo contatto interno)*

$$\{[(+687,64 + 732,28 (t / 30))]^2 + [(+808,82 - 394,48 (t / 30))]^2\} = (1461,33)^2 \quad \text{con } 0 \leq t \leq 30$$

otteniamo la radice: $t = 29,092\ 85$ che corrisponde a: $t = 29^m\ 06^s$

e, infine: $T = (23^h\ 30^m\ 00^s + 00^h\ 29^m\ 06^s) = 23^h\ 59^m\ 06^s\ \text{TT}$

E) *Calcolo dell'ultimo contatto dell'ombra*

$$\{[(+2883,69 + 731,11 (t / 30))]^2 + [(-375,63 - 395,30 (t / 30))]^2\} = (3242,70)^2 \quad \text{con } 0 \leq t \leq 30$$

otteniamo la radice: $t = 12,839\ 95$ che corrisponde a: $t = 12^m\ 50^s$

e, infine: $T = (01^h\ 00^m\ 00^s + 00^h\ 12^m\ 50^s) = 01^h\ 12^m\ 50^s\ \text{TT}$

Per calcolare la grandezza, g , dell'eclisse (formula (32)) occorre conoscere il valore dell'angolo f_2 e del semidiametro, s_{ζ} , della Luna per l'istante della totalità. Poiché tali valori variano nel tempo con regolarità, ci sarà sufficiente un'interpolazione lineare. Dalle rispettive tabelle si dedurranno i valori richiesti per $1319^s,2$ dopo le $23^h\ 00^m\ \text{TT}$. Al termine dei calcoli avremo:

$f_2 = 0^\circ,653\ 549$; $s_{\zeta} = 0^\circ,247\ 606$ ed infine la grandezza dell'eclisse:

$$g = \frac{0,653549 + 0,247606 - 0,288356}{2 \cdot 0,247606} = 1,2374.$$

2.9.2 Conclusione e suggerimenti

CONFRONTO CON ALCUNI DATI UFFICIALI DELLA NASA

Pierre Dubochet	Fenomeno (Total Lunar Eclipse of 2007 Mar 03)	F. Espenak (NASA)
23 ^h 00 ^m 46 ^s ,4	<i>Geocentric Conjunction</i>	23 ^h 00 ^m 47 ^s ,6
23 ^h 20 ^m 54 ^s ,2	<i>Greatest Eclipse</i>	23 ^h 20 ^m 55 ^s ,8
1,2374	<i>Umbral Magnitude</i>	1,2375
0,6535	<i>Umbral Radius</i>	0,6535
22 ^h 57 ^m 19 ^s ,2	α_{\odot} (<i>Sun at Greatest Eclipse</i>)	22 ^h 57 ^m 19 ^s ,1
-6° 40' 46",2	δ_{\odot} (<i>Sun at Greatest Eclipse</i>)	-6° 40' 46",6
0° 16' 08",0	s_{\odot} (<i>Sun at Greatest Eclipse</i>)	0° 16' 08",0
0° 00' 08",9	Π_{\odot} (<i>Sun at Greatest Eclipse</i>)	0° 00' 08",9
10 ^h 57 ^m 52 ^s ,2	α_{\lrcorner} (<i>Moon at Greatest Eclipse</i>)	10 ^h 57 ^m 52 ^s ,2
+6° 56' 00",4	δ_{\lrcorner} (<i>Moon at Greatest Eclipse</i>)	+6° 56' 00",6
0° 14' 51",4	s_{\lrcorner} (<i>Moon at Greatest Eclipse</i>)	0° 14' 51",3
0° 54' 31",2	Π_{\lrcorner} (<i>Moon at Greatest Eclipse</i>)	0° 54' 31",1
21 ^h 30 ^m 02 ^s	U1 (<i>Eclipse Contacts</i>)	21 ^h 30 ^m 04 ^s
22 ^h 43 ^m 48 ^s	U2 (<i>Eclipse Contacts</i>)	22 ^h 43 ^m 49 ^s
23 ^h 58 ^m 01 ^s	U3 (<i>Eclipse Contacts</i>)	23 ^h 58 ^m 01 ^s
01 ^h 11 ^m 45 ^s	U4 (<i>Eclipse Contacts</i>)	01 ^h 11 ^m 46 ^s
01 ^h 50 ^m 51 ^s ,5	<i>Umbral (Eclipse-semidurations)</i>	01 ^h 50 ^m 51 ^s
00 ^h 37 ^m 06 ^s ,5	<i>Total (Eclipse-semidurations)</i>	00 ^h 37 ^m 06 ^s
$\Delta T = +65^s,0$	<i>Remarks</i>	$\Delta T = +65^s,0$

Total Lunar Eclipse of 2007 Mar 03

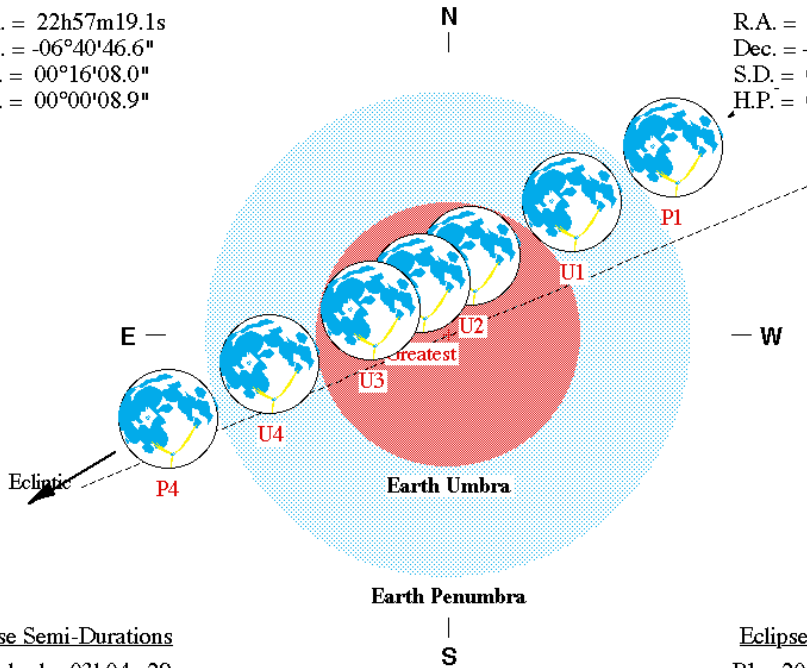
Geocentric Conjunction = 23:00:47.6 UT J.D. = 2454163.45888
 Greatest Eclipse = 23:20:55.8 UT J.D. = 2454163.47287
 Penumbral Magnitude = 2.3452 P. Radius = 1.2020° Gamma = 0.3174
 Umbral Magnitude = 1.2375 U. Radius = 0.6535° Axis = 0.2883°
 Saros Series = 123 Member = 52 of 73

**Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)**

R.A. = 22h57m19.1s
 Dec. = -06°40'46.6"
 S.D. = 00°16'08.0"
 H.P. = 00°00'08.9"

**Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)**

R.A. = 10h57m52.2s
 Dec. = +06°56'00.6"
 S.D. = 00°14'51.3"
 H.P. = 00°54'31.1"



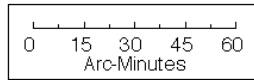
Eclipse Semi-Durations

Penumbral = 03h04m29s
 Umbral = 01h50m51s
 Total = 00h37m06s

Eph. = Newcomb/ILE
 ΔT = 65.0 s

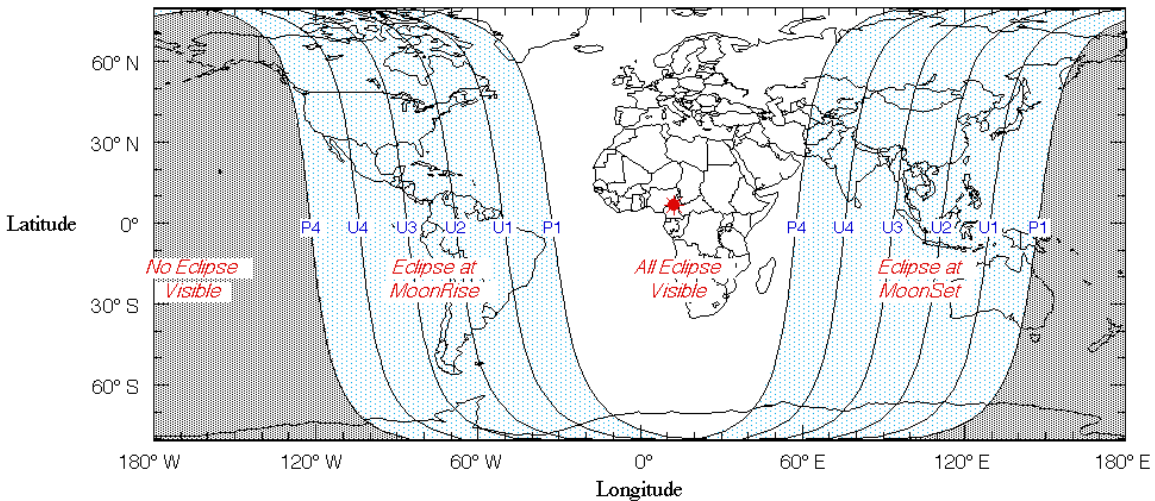
Eclipse Contacts

P1 = 20:16:29 UT
 U1 = 21:30:04 UT
 U2 = 22:43:49 UT
 U3 = 23:58:01 UT
 U4 = 01:11:46 UT
 P4 = 02:25:27 UT



F. Espenak, NASA's GSFC - 2004 Jul 07

<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>



Una presentazione più corretta delle coordinate avrebbe richiesto un decimale in meno nelle declinazioni. Non deve essere considerata un'eresia l'impiego di due Teorie di cui una sola con presupposti relativistici (la VSOP87) in quanto l'errore massimo che si commette nelle posizioni sia del Sole che della Luna è di circa $1'' - 1'',5$.

Al momento della stesura (Maggio 2005) i dati completi forniti dalla NASA erano aggiornati al 7 Luglio 2004 e rintracciabili presso: <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>.

Il signor Alexandre Amorim ha presentato sulla Internet i calcoli di previsione per l'eclisse totale di Luna del 28 Ottobre 2004. Al punto 2 della sua relazione si palesa un sensibile disaccordo con le risultanze del dottor Fred Espenak. A prescindere dal metodo di calcolo utilizzato, avvertiamo come l'uso congiunto di due programmi informatici sia di per sé una prassi *sconsigliabile*: ne avevamo parlato a proposito dell'impiego di differenti Cataloghi di stelle per il calcolo delle occultazioni.

Altra possibile e temibile causa di errori è il valore di ΔT che per epoche remote può essere *solo grossolanamente* stimato. Anche l'ottimo *SkyMap8* presenta questa "caratteristica" e l'utente non ha la possibilità di aggiornare il valore che, ricordiamolo, può essere determinato *solo con l'ausilio di osservazioni*: il mero calcolo matematico qui non serve a nulla. Come rimedio transitorio è bene effettuare i calcoli *prima* in tempo TT e *solo successivamente*, al termine di essi, aggiungere ΔT .
Poniamo però la massima attenzione perché quest'ultima procedura è valida *solo per quei fenomeni che possono essere veduti, allo stesso istante, per un qualunque luogo sulla Terra !*

3.5 Moonlight (la luce della Luna)

Questo è un argomento che riteniamo “raro” in quanto non lo abbiamo mai visto trattato nei testi scolastici e nemmeno nelle riviste di Astronomia ma non di meno si presta egregiamente a entrare fra le vive esperienze del Laboratorio di Fisica, delle Scuole Superiori, nelle modalità stabilite dagli Insegnanti. Potrebbe essere d’ausilio anche per chiunque abbia a che fare per motivi di lavoro, studio o ricerca, con la luce della Luna e l’atmosfera gassosa della Terra. Noi l’abbiamo tratto dalla pubblicazione [26] la quale a sua volta lo deriva da: Radio Corporation of America (1974). “Sources of Radiation”, *Electro - Optics Handbook*, section 6,61 (cfr. “Reference” sezione 9.6 di [26]). Nel presente lavoro trascriviamo esclusivamente quegli algoritmi che si riferiscono all’illuminamento prodotto dalla Luna.

L’illuminamento ricevuto dalla Luna varia al variare della fase, della sua altezza sull’orizzonte e dalla estinzione atmosferica ⁽⁶⁾. La Luna Piena quando si trova allo zenit produce un illuminamento, al di sopra di una superficie orizzontale, di circa 27 lx, equivalente a quello prodotto dal Sole ad una altezza di circa -8° . La quantità di illuminamento al suolo prodotta nottetempo dalla luce della Luna può essere calcolata da L_1 (che dunque è l’illuminamento della Luna Piena, all’altezza h e alla distanza media, sul suolo terrestre), corretto per la fase L_2 e la parallasse L_3 , come segue:

$$\log_{10} M = L_1 + L_2 + L_3$$

dove M è l’illuminamento espresso in lux ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$). I rispettivi valori di l si leggono nella tabella H ed inoltre $x = h / 90$, dove h è l’altezza della Luna. Si ha:

$$L_1 = l_0 + l_1 x + l_2 x^2 + l_3 x^3$$

⁶ la quantità di luce che giunge alla superficie della Terra è sempre minore di quella ricevibile in assenza di atmosfera: quest’ultima è un corpo composito semiopaco che riflette verso lo spazio ma anche assorbe una parte delle radiazioni elettromagnetiche (ivi compresa la luce) che permeano l’Universo. La luce proveniente dagli astri subisce un’attenuazione che dipende dalla stagione, dalla quota sul livello del mare e dall’altezza dell’astro. L’estinzione atmosferica inoltre è selettiva per cui le radiazioni a maggiore lunghezza d’onda venendo maggiormente attenuate da forti spessori di gas terrestri fanno sì che sia possibile osservare il Sole prossimo all’orizzonte, nella sua tipica colorazione rossastra, senza rimanere accecati.

$$L_2 = -8,68 \times 10^{-3} f - 2,2 \times 10^{-9} f^4$$

$$L_3 = 2 \log_{10} (\Pi / 0,951)$$

dove: $f = 180 - E$; Π = parallasse orizzontale della Luna

e: $\cos E = \sin \delta_{\odot} \sin \delta_{\zeta} + \cos \delta_{\odot} \cos \delta_{\zeta} \cos (\alpha_{\zeta} - \alpha_{\odot})$

con E che fornisce l'elongazione della Luna misurata nelle coordinate equatoriali geocentriche. La si confronti con la formula (10).

**COEFFICIENTI PER CALCOLARE L'ILLUMINAMENTO AL SUOLO PRODOTTO DALLA LUNA PIENA
ALLA DISTANZA MEDIA DALLA TERRA**

tab. H

Settore d'altezza	l_0	l_1	l_2	l_3	Errore massimo
20° – 90°	-1,95	4,06	-4,24	1,56	0,02
5° – 20°	-2,58	12,58	-42,58	59,06	0,03
-0°,8 – 0°	-2,79	24,27	-252,95	1321,29	0,03

Lo Studioso provi a calcolare il rapporto di luce fra il Primo Quarto e la Luna Piena (dovrà risultare 1 / 9 a parità di altezza e di parallasse).

Nel caso di osservazioni astronomiche l'elemento più importante da conoscere, piuttosto che l'illuminazione generale, è la posizione della Luna nel cielo.

Bibliografia

- [1] AA. VV.. *Explanatory Supplement to the American Ephemeris and Nautical Almanac*, Washington, London, U. S. Government Printing Office, Her Majesty's Stationery Office, 1974.
- [2] AA. VV.. *Nautical Almanac Offices. The Astronomical Ephemeris for the Year 1961*, London, Her Majesty's Stationery Office, 1959.
- [3] Abetti, Giorgio. *Il sole*, Milano, Hoepli, 1936.
- [4] Armellini, G.. *I fondamenti scientifici della astronomia*, Milano, Hoepli, 1952.
- [5] Bencini, Piero (curatore). *Appunti di cartografia*, Firenze, Istituto Geografico Militare, 1976.
- [6] Bureau des Longitudes. *Connaissance des Temps – Éphémérides Astronomiques pour 1996*, Lassay–les–Châteaux, les Editions de Physique, 1995.
- [7] Bureau des Longitudes; Institut de Mécanique Céleste et de calcul des Éphémérides. *Connaissance des Temps – Éphémérides Astronomiques pour 2004*, Les Ulis Cedex A, France, EDP Science, 2003.
- [8] Cotichia, A.; Maseroli, R.; Pierozzi, M.; Surace, L.. *Le determinazioni astronomiche di posizione in Italia dalle origini al 1991*, Firenze, Istituto Geografico Militare, 1995.
- [9] Fazio, Michelangelo. *SI, MKSA, CGS & Co. – Dizionario e manuale delle unità di misura*, 3^a ed., Bologna, Zanichelli, 1995.
- [10] Fichera, Elio; Barbalace Alfonso; Osservatorio Astronomico di Capodimonte; Gabinetto d'Idrografia dell'Istituto Universitario Navale di Napoli. *Osservazione cronometrica dell'eclisse totale di Sole del 15 Febbraio 1961*, Firenze, Istituto Geografico Militare, 1962.

(segnaliamo un errore sfuggito a p. 602, 3° rigo dall'alto, correggere: “attendere il 3 Novembre 2081” con: “attendere il 3 Settembre 2081”).

- [11] Flora, Ferdinando. *Astronomia nautica (navigazione astronomica)*, 5^a ed., Milano, Hoepli, 1964.
- [12] Fresa, Alfonso. *La luna*, 3^a ed., Milano, Hoepli, 1952.
- [13] Herald, Dave. *Occult*, versione 3.1.0, Australia, 2003, (*software*).
- [14] Hirshfeld, Alan; Sinnott, Roger W.; Ochsenein, François. *Sky Catalogue 2000.0, Volume I: Stars to Magnitude 8.0*, 2^a ed., Cambridge (Massachusetts) e Cambridge (United Kingdom), Sky Publishing Corporation e Cambridge University Press, 1991.
- [15] Istituto Geografico Militare. *Stralcio del Catalogo dei punti trigonometrici contenuti nel Foglio n. 087 della Carta d'Italia al 100.000*, Firenze, IGM, 1975.
- [16] Limburg, Eric. *The Lunar Occultation Workbench (LOW)*, Versione 2.0, The Netherlands, Dutch Occultation Association, 1998, (*software*).
- [17] Limburg, Eric.. *The Lunar Occultation Workbench (LOW)*, Versione 3.1 Professional con Watts database e con Moon Limb, The Netherlands, Dutch Occultation Association, 2001, (*software*).
- [18] Marriott, Chris A.. *SkyMap Pro*, versione 10, United Kingdom, 2003, (*linguaggio C++*).
- [19] Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*, Richmond, Virginia, Willmann – Bell, 1991.
- [20] Merril, Matthew M.. *Solar*, versione 1.40, South Gate, California, 1991, (*linguaggio QuickBasic 4.5*).
- [21] Nautical Almanac Offices. *Improved Lunar Ephemeris 1952–1959*, Washington, DC, U. S. Government Printing Office, 1954.

- [22] Nautical Almanac Offices. *The Astronomical Almanac for the Year 1999*, Washington, London, U. S. Government Printing Office, The Stationery Office, 1998.
- [23] Pflieger, Thomas; Montenbruck, Oliver. *Occult*, versione 93/07/01, Germania, 1993, (*linguaggio Turbo Pascal*).
- [24] Robertson, James. *Catalog of 3539 Zodiacal Stars for the Equinox 1950.0*, Washington, Astronomical Papers of the American Ephemeris, Vol. X, part 2, 1940.
- [25] Sambo, Alberto. *Problemi di astronomia sferica e teorica*, Galliera Veneta, Biroma, 1990.
- [26] Seidelmann, P. Kenneth (editor). *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, Mill Valley, California, University Science Books, 1992.
- [27] Société Astronomique de France. *Éphémérides Astronomiques 2001*, Paris, l'Astronomie, 2000.
- [28] Tirion, Wil. *Sky Atlas 2000.0 – 26 Star Charts, covering both Hemispheres*, Desk edition, Cambridge (Massachussets), USA, Sky Publishing Corporation, 1987.
- [29] Tirion, Wil; Ridpath, Ian. *Guida delle stelle e dei pianeti*, Padova, Franco Muzzio & C. Editore, 1988.
- [30] . *Bessel*, versione 1.0, Italia, 2001, (*linguaggio RPL*).
- [31] . *Ecli*, versione 1.0, Italia, 1999, (*linguaggio RPL*).
- [32] . *Occ*, versione 1.1, Italia, 2004, (*linguaggio RPL*).
- [33] Zagar, Francesco. *Astronomia sferica e teorica*, Bologna, Zanichelli, 1948.