

Eclissi di Luna

Oggigiorno i calcolatori hanno un ruolo così importante nel nostro lavoro, che quasi ci dimentichiamo dello sforzo che bisognava compiere per risolvere a mano i nostri problemi. Fino a pochi anni fa per effettuare dei calcoli si usavano i logaritmi, mentre rimangono "epici" i vari tentativi di risolvere problemi della fisica della scienza in generale, con il solo ausilio del proprio cervello.

Addentrando nell'argomento di cui ci occuperemo, l'astronomia, si trovano nei secoli scorsi personaggi che dedicavano l'intera vita (!) allo studio del moto dei pianeti, in particolare della luna, sobbarcandosi una mole di calcoli tale da scoraggiare chiunque. Con l'ausilio dell'elaboratore, invece, questi calcoli possono essere effettuati in una frazione minima del tempo finora richiesto, mentre gli elaboratori stessi consentono approcci alternativi alla soluzione del problema.

Il problema che risolveremo con la calcolatrice Texas Instruments TI-59 sarà quello di prevedere i tempi e le caratteristiche di un'eclisse lunare, impostando semplicemente l'anno che desideriamo: il tutto, a dispetto dei nostri antenati, nel giro di pochi minuti.

Prima di vedere come è stato realizzato il programma "Eclissi di Luna" è necessaria una introduzione al problema, utile per chi non si occupa di astronomia e, magari, vuole saperne di più di quanto non possa capire da un lungo e complicato flow-chart.

Per "eclissi lunare" si intende il fenomeno che avviene quando la luna, nell'orbita intorno alla terra (la quale a sua volta orbita attorno al sole), si viene a trovare allineata con i due corpi celesti e si trova dentro al cono d'ombra generato dalla sfera terrestre.

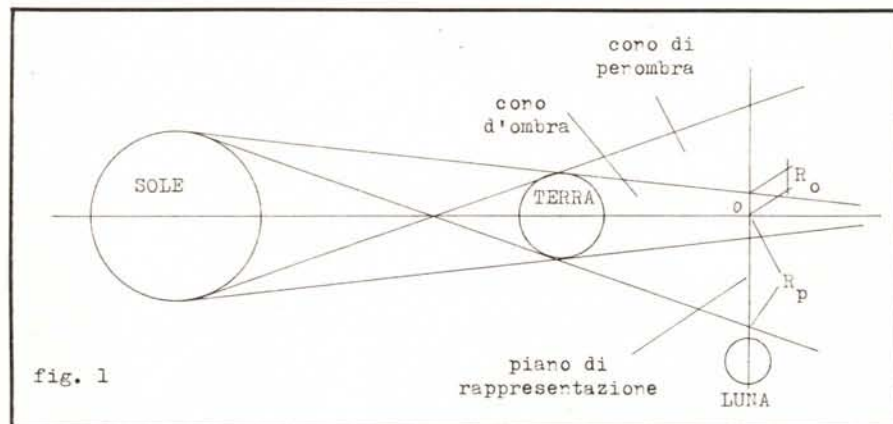
Facendo riferimento alla fig. 1, dove sono rappresentati non in scala i tre corpi celesti menzionati, si può vedere come la terra in ogni istante generi, dalla parte opposta del sole, un cono d'ombra: a seconda di quanto la luna "entra" in questo cono si avranno eclissi in penombra, parziali in ombra o totali.

Senza addentrarci troppo nei dettagli, per i quali rimandiamo alla vastissima letteratura disponibile sull'argomento, diciamo che si può "prevedere" il verificarsi dell'eclisse in base alla conoscenza delle caratteristiche orbitali della terra e della luna, in particolare con certe quantità legate al loro moto nello spazio e alla loro reciproca posizione, ed effettuando un cer-

to numero di test. È chiaro che non conoscere il significato di tutti i termini che incontreremo non pregiudicherà in alcun modo l'esito del calcolo: basterà usare bene i risultati, senza magari preoccuparsi di quanto vi sia a monte, per arrivare ad un grafico da cui si potranno vedere in anti-

zione ora dopo ora della luna. Quest'ultima sarà rappresentata da un dischetto che si muove mantenendo il centro lungo la retta.

I coni d'ombra e di penombra, aventi per asse il prolungamento della congiungente Terra-Sole, vengono rappresentati



Questa rubrica di MCmicrocomputer si occuperà, ogni mese, del software SOA (Sistema Operativo Algebrico) per le calcolatrici programmabili Texas Instruments. Queste pagine sono a disposizione dei lettori: se avete realizzato dei programmi che ritenete possano essere utili per altri utenti TI, inviateceli: il nostro indirizzo è MCmicrocomputer, Software SOA - Via Valsolda 135, 00141 ROMA. Il materiale che ci sembrerà più interessante verrà pubblicato e, naturalmente, gli autori saranno ricompensati per il loro contributo alla rivista. Scriveteci anche per domande, problemi, consigli eccetera.

po le caratteristiche salienti dell'eclisse.

Visto che abbiamo parlato di grafico, vediamo il significato fisico. Noi sappiamo che la luna ruota intorno alla terra in circa un mese: conseguenza di ciò è un moto "apparente" (cioè che noi vediamo da terra) rispetto alle stelle, che va da Ovest ad Est, contrario a quello da Est ad Ovest dovuto alla rotazione della terra e che dura un giorno.

In particolare la luna, in un'ora, si sposta sulla sfera celeste di una quantità all'incirca pari al proprio diametro.

Volendo rappresentare su di un grafico il moto della luna così come lo vediamo da terra, dovremo tracciare in un sistema opportuno di coordinate una linea retta con varie tacche che rappresentano la posi-

sul piano del grafico come due cerchi concentrici di raggi opportuni: se nel suo moto il dischetto della luna va ad intersecare uno o entrambi i cerchi, si avrà appunto un'eclisse di luna.

Metodo usato

Il metodo di calcolo deriva da quello fornito dall'astronomo Jean Meeus nel suo libro "Astronomical Formulae for Calculators", ed è stato realizzato, per motivi di compatibilità tra numero di passi di programma e numero di registri di memoria usati, in due programmi: il primo "predice" l'istante dell'eclisse e calcola alcune grandezze, mentre il secondo utilizza questi dati per fornire le caratteristiche del fenomeno.

Per motivi di spazio non ci è possibile pubblicare per intero le formule usate, che si possono ricavare, con molta buona volontà, dal programma stesso: rimaniamo però a completa disposizione per eventuali richieste in merito.

Osservando il primo flow-chart vediamo che basta impostare l'anno desiderato e premere il tasto A: si calcola subito un istante in cui cade una fase di "luna piena" e si entra così in un ciclo di istruzioni, nelle quali si calcola la quantità F (argomento della latitudine lunare); questo ciclo viene ripetuto finché la F non cade in un certo intervallo.

Luna piena e valore opportuno di F sono le prime due condizioni, verificate le

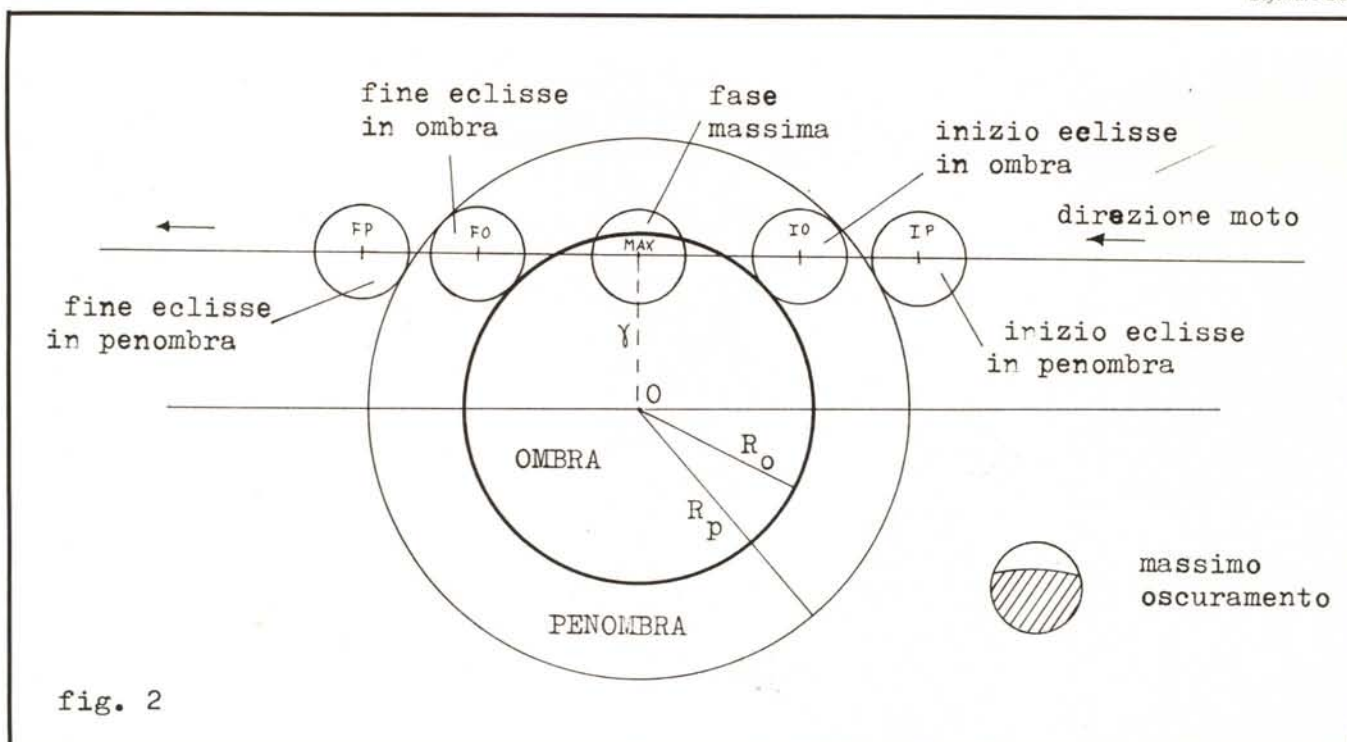


fig. 2

quali si può avere un'eclisse: altrimenti nel ciclo si incrementerà di uno la quantità K (numero di rivoluzioni orbitali della luna intorno alla terra) e si andrà a considerare la "luna piena" del mese successivo. Ora considerazioni di carattere astronomico ci assicurano senza ombra di dubbio l'uscita da questo ciclo, richiedendone la ripetizione, nel peggiore dei casi, per 6 o 7 volte.

All'uscita del ciclo perciò stiamo "puntando" ad un certo giorno individuato dalla quantità GG (giorno giuliano) che rappresenta per convenzione il numero dei giorni trascorsi dal 1° gennaio dell'anno 4713 a.C. Si calcoleranno successivamente le quantità M (anomalia solare media), M' (anomalia lunare media) e le quantità S , C , u che ci serviranno per le caratteristiche dell'eclisse.

Subito dopo si applicano delle correzioni alla quantità GG , per ottenere l'istante in cui si ha la fase massima dell'eclisse. Quindi si calcola la quantità γ , che rappresenta la minima distanza raggiungibile dalla luna nel suo moto rispetto al centro dei cerchi d'ombra e di penombra, e la GP (grandezza dell'eclisse in penombra): è quest'ultima grandezza che con il suo valore ci indica quale frazione del disco lunare verrà "intaccata" dalla zona di penombra e ci darà la possibilità di verificare se in quel giorno di luna piena ci sarà un'eclisse.

Se GP è positiva siamo nel caso favorevole e l'elaborazione continuerà con il calcolo di n (moto orario medio della luna), dopodiché l'elaborazione terminerà.

Se GP risulterà negativo, vorrà dire che la luna passerà completamente al di fuori dell'ombra e l'elaborazione continuerà nel ciclo visto prima, andando ad analizzare la "luna piena" successiva.

Per inciso segnaliamo che le grandezze

F , M , M' , γ , u sono espresse in gradi (in particolare le prime tre vengono calcolate con una serie polinomiale e sono normalizzate nell'intervallo 0° - 360°); n è espressa in gradi/ora, mentre GG è misurata in giorni e frazioni di giorno.

Facciamo ora riferimento al secondo flow-chart, che utilizza le quantità GG , k , γ , u , n fornite dal programma precedente.

Innanzitutto dal Giorno Giuliano si calcola, tramite il Pgm 20 del Modulo "Master Library", la quantità N che rappresenta il numero di giorni trascorsi a partire dall'inizio dell'anno considerato. Da N si ottengono, con delle formule empiriche, i valori "giorni" e "mese" corrispondenti che ci permettono di individuare esattamente la data dell'evento.

Fatto ciò si vanno a calcolare gli istanti di inizio e di fine delle varie fasi: il primo è individuato da $Sdpe$ (semidurata della fase di penombra) che sottratto dall'istante di fase massima ci fornisce appunto IP (Inizio Penombra).

A questo punto si calcola la grandezza GO dell'eclisse in ombra, sul cui significato si possono ripetere le considerazioni già fatte per GP : se GO è negativa vuol dire che non si avrà eclisse in ombra e si salteranno i calcoli degli istanti relativi a quella fase.

Vengono quindi calcolate le quantità $Sdpa$ (semidurata della fase parziale) e IO (Inizio Ombra); tramite la subroutine E' si calcola eventualmente $Sdto$ (semidurata della fase totale) ed IT (Inizio Totale), mentre in caso contrario viene acceso il flag 7, dato che viene calcolata la radice di un numero negativo. Successivamente viene stampato MAX (istante di fase Massima), seguito poi, eventualmente, da FT (Fine Totale) e, ancora eventualmente, da FO (Fine Ombra).

L'ultimo istante FP (Fine Penombra) termina la serie riguardante i tempi dell'evento. L'elaborazione viene conclusa con il calcolo di P (raggio del cerchio di penombra) e di O (raggio del cerchio d'ombra) nonché con la stampa di GO , solo se risulta positivo. Ricordiamo che le quantità P ed O sono espresse in gradi.

I programmi

Come abbiamo detto il problema della previsione di eclissi lunari è stato risolto con due programmi separati, con in tutto più di 600 passi. Per quanto riguarda i registri di memoria abbiamo che nelle memorie da $R10$ ad $R53$ devono essere inserite le quantità numeriche specificate nell'apposito listato: è questa una serie di dati iniziali che vengono utilizzati quasi per intero dal primo programma, che adopera anche nove registri (da $R00$ ad $R7$ e $R09$) per calcoli intermedi ed altri sette (da $R54$ ad $R59$ ed $R08$) per i risultati finali da passare al secondo programma.

Questo a sua volta richiama i contenuti dei registri $R10$ e da $R13$ ad $R19$ mentre utilizza alcuni dei registri da $R00$ ad $R09$. Come si vede si è ottenuta una notevole gestione della memoria, data dalla necessità di gestire tutte e 60 le memorie con 600 e più passi di programma: considerato che la lettura della scheda magnetica (contenente un programma) avviene in un tempo brevissimo, neanche i tempi di esecuzione ne risentono in maniera determinante.

Dando un'occhiata ai due programmi si può notare che vengono utilizzate ampiamente le risorse disponibili, con l'uso di un certo numero di Subroutine richiamate molte volte dai programmi, e con l'abbondante utilizzazione delle parentesi nei cal-

coli e delle operazioni con le memorie. Sono usate, per i salti condizionati e non, le etichette per rendere sufficientemente leggibile il pur complesso programma.

Segnaliamo inoltre l'uso delle istruzioni *Op 10* ed *Op 19*: la prima è la cosiddetta "funzione segno" cioè una funzione che vale 1 se l'argomento è positivo, 0 se l'argomento è nullo e -1 se è negativo; è usata per il calcolo della quantità *s* che deve valere 1 se l'anno considerato è normale e 0 se è bisestile. L'istruzione *Op 19* equivale invece (ci sia concesso il paragone) alla funzione *ON ERROR* del BASIC, in quanto, se incontrata quando nel programma si ha una condizione di errore, setta automaticamente il *flag 7*, che può in seguito essere testato per seguire strade differenti: nel nostro caso serve per far saltare alcune parti di programma nel caso in cui non si ha la fase totale dell'eclisse.

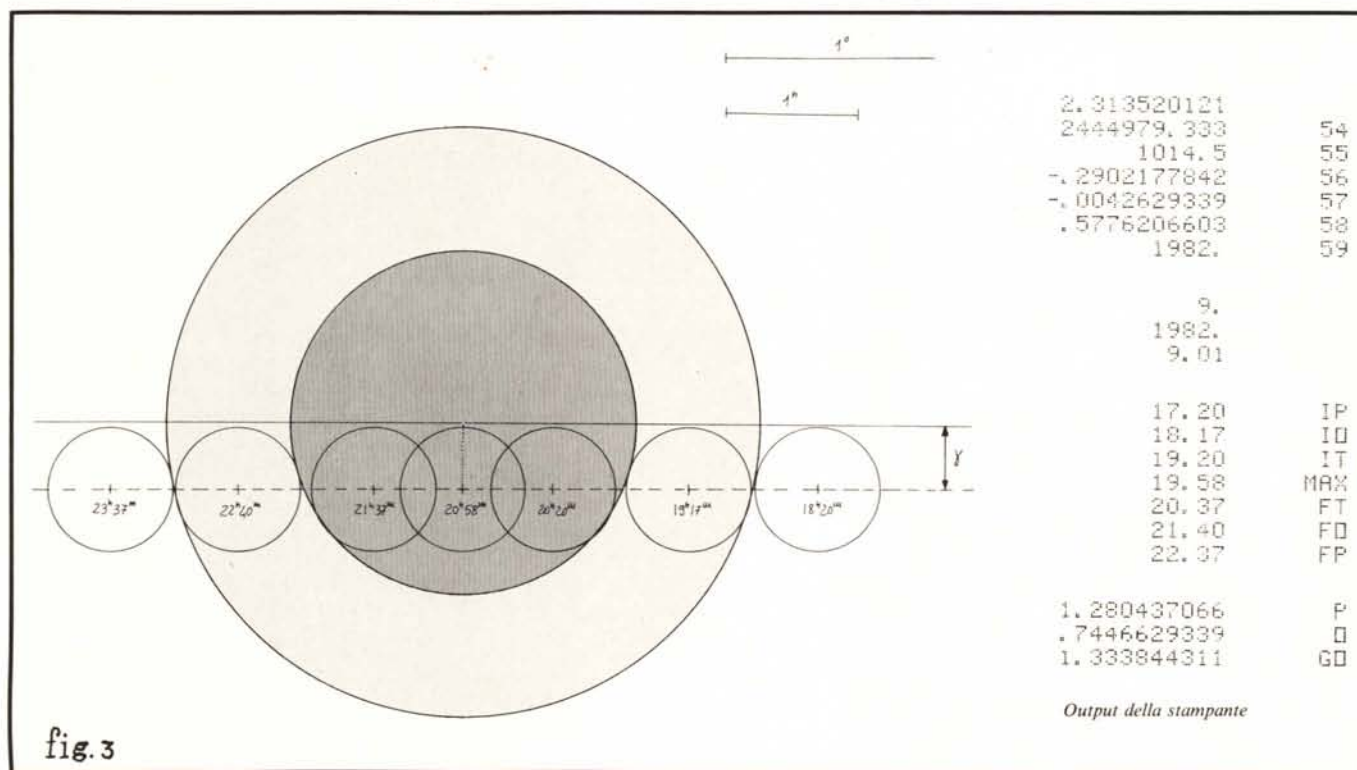
Prima di passare all'analisi dell'esempio,

Supponiamo di voler predire le caratteristiche della prima eclisse lunare che avrà luogo nel 1982: carichiamo perciò la prima parte del programma e tutti i dati (con le due schedine), impostiamo 1982 e premiamo *A*.

Dopo un tempo variabile caso per caso ma mai superiore ad un minuto, la calcolatrice avrà già stampato un certo numero di dati: il primo (2.3135 ecc.) rappresenta la "Grandezza dell'eclisse in penombra" (*GP*) mentre i rimanenti sono i contenuti delle memorie da *R54* ad *R59* e valgono rispettivamente:

R54	GG	Giorno Giuliano
R55	k	rivoluzioni orbitali
R56	γ	distanza minima luna-ombra
R57	u	quantità ausiliaria
R58	n	moto orario lunare
R59	ANNO	anno impostato all'inizio.

software SOA



precisiamo che il contenuto del registro *R20* deve essere 2415020.75933 cioè con dodici cifre significative e perciò deve essere introdotto in memoria ad esempio nel seguente modo:

2415020 STO 20 .75933 SUM 20

Esempio di applicazione del programma

Dobbiamo innanzitutto caricare, uno alla volta, i due programmi registrandoli successivamente ognuno su di una schedina magnetica; memorizziamo quindi i dati nei registri corrispondenti e salviamo il tutto sulla terza schedina. Solo ora siamo pronti al calcolo vero e proprio.

Carichiamo ora, senza spegnere la calcolatrice, la seconda parte (è l'ultima schedina) e premiamo *A*.

Dopo pochi secondi si avranno vari valori stampati, dei quali i primi tre sono rispettivamente: 9 (è *N* cioè il numero di giorni trascorsi dal capodanno del 1982), 1982 (senza spiegazioni!) e 9.01 (codifica di *GIORNO.MESE* = 9 gennaio).

Successivamente si hanno gli orari degli eventi con indicato sulla destra la fase a cui si riferiscono. Bisogna far attenzione che questi orari ottenuti sono espressi in *T.E.* (Tempo delle Effemeridi), che per il grado di precisione adottato si può considerare coincidente con l'ora di Greenwich, per cui dobbiamo aggiungere un'ora per ottenere l'ora del fuso in cui si trova l'Italia ed

un'ulteriore ora se si ha l'ora legale.

Seguono quindi il valore del raggio della penombra, quello dell'ombra ed eventualmente la grandezza dell'eclisse in ombra. Già questo può bastare per avere un'idea di quanto potremo vedere il prossimo 9 gennaio: dato che in quel periodo il sole tramonta circa alle 16^h45^m (a Roma), si ha più di un'ora e mezza di tempo prima che l'eclisse cominci: avremo modo così di poter giudicare prima e dopo l'eclisse la luminosità della luna. Fino alle 19^h15^m però essendoci la fase di penombra potremo notare, nel migliore dei casi, un leggero oscuramento del disco lunare, cosa che può essere facilmente rilevata fotograficamente. Ma da quell'ora in poi lo spettacolo che ci si mostrerà sarà abbastanza inconsueto:

PRIMA PARTE

0001 76 LBL	0993 55 -	1988 55 -	2883 29 CP	0601 11 H	1555 95 +	2500 42 STD	3445 02 +
0001 19 H	0994 43 PCL	1989 43 PCL	2884 22 INV	0601 43 PCL	1556 59 INV	2501 02 02	3446 02 +
0002 73 RCL	0995 12 12	1990 02 02	2885 77 GE	0601 04 04	1557 42 STD	2502 25 CLR	3447 03 3
0003 04 09	0996 22 INV	1991 22 INV	2886 76 LBL	0601 85 +	1558 01 01	2503 87 IFF	3448 02 +
0004 39 DP	0997 76 LBL	1992 95 +	2887 98 ADV	0604 43 PCL	1559 85 +	2504 07 07	3449 69 DP
0005 29 29	0998 76 LBL	1993 42 STD	2888 99 PRT	0605 10 10	1560 01 1	2505 39 COS	3450 04 04
0006 92 KTH	0999 76 LBL	1994 56 56	2889 43 RCL	0606 75 -	1561 95 +	2506 02 2	3451 32 32
0007 76 LBL	1000 95 +	1995 09 9	2890 13 13	0607 43 RCL	1562 55 04	2507 04 4	3452 69 DP
0008 16 H	1001 39 39	1996 00 0	2891 95 +	0608 54 54	1563 03 3	2508 03 3	3453 06 06
0009 39 39	1002 01 01	1997 75 -	2892 43 PCL	0609 95 +	1564 00 0	2509 07 7	3454 76 LBL
0010 42 STD	1003 02 2	1998 43 PCL	2893 04 04	0610 94 +	1565 93 -	2510 32 MIT	3455 34 34
0011 67 07	1004 02 2	1999 03 03	2894 39 COS	0611 59 INT	1566 06 6	2511 43 RCL	3456 22 INV
0012 65 -	1005 02 2	2000 95 +	2895 95 +	0612 59 INT	1567 95 +	2512 02 02	3457 86 STF
0013 19 H	1006 42 STD	2001 16 H	2896 02 2	0613 42 STD	1568 59 INT	2513 94 +	3458 07 07
0014 85 +	1007 09 09	2002 09 9	2897 05 5	0614 00 00	1569 75 -	2514 16 H	3459 25 CLP
0015 41 SUM	1008 10 10	2003 00 0	2898 95 +	0615 98 ADV	1570 06 6	2515 76 LBL	3460 31 R 5
0016 05 05	1009 42 STD	2004 75 -	2899 42 STD	0616 39 PRT	1571 02 2	2516 39 COS	3461 00 0
0017 43 RCL	1010 02 02	2005 43 RCL	2900 58 58	0617 95 +	1572 75 -	2517 03 3	3462 00 0
0018 07 07	1011 36 SUM	2006 04 04	2901 05 5	0618 42 STD	1573 43 PCL	2518 00 1	3463 00 0
0019 65 +	1012 50 50	2007 95 +	2902 04 4	0619 07 07	1574 02 02	2519 03 3	
0020 19 H	1013 32 MIT	2008 16 H	2903 22 INV	0620 43 PCL	1575 95 +	2520 03 3	
0021 95 +	1014 93 +	2009 09 9	2904 40 LST	0621 08 08	1576 76 LBL	2521 04 4	
0022 44 SUM	1015 03 3	2010 00 0	2905 91 R 0	0622 99 PRT	1577 50 INT	2522 04 4	0001 10 E
0023 06 06	1016 06 06	2011 06 06	2906 00 0	0623 55 -	1578 94 +	2523 32 MIT	0002 16 H
0024 92 KTH	1017 22 INV	2012 43 RCL	2907 00 0	0624 43 PCL	1579 85 +	2524 25 CLR	0003 21 H
0025 76 LBL	1018 03 03	2013 03 03	2908 95 +	0625 77 GE	1580 03 RCL	2525 16 H	0004 35 35
0026 10 E	1019 76 LBL	2014 75 -	2909 42 STD	0626 75 -	1581 00 00	2526 43 PCL	0005 45 45
0027 19 H	1020 10 E	2015 43 RCL	2910 18 H	0627 59 INT	1582 95 +	2527 09 09	0006 50 50
0028 85 +	1021 42 STD	2016 04 04	2911 10 E	0628 42 STD	1583 43 RCL	2528 29 CP	0007 39 COS
0029 19 H	1022 03 03	2017 95 +	2912 10 E	0629 09 09	1584 01 01	2529 22 INV	0008 20 INV
0030 65 +	1023 10 E	2018 16 H	2913 10 E	0630 95 +	1585 55 +	2530 77 GE	0009 39 SUM
0031 43 RCL	1024 42 STD	2019 42 STD	2914 42 RCL	0631 29 CP	1586 43 RCL	2531 38 SUM	0010 34 34
0032 00 00	1025 06 06	2020 03 03	2915 03 03	0632 33 INV	1587 17 17	2532 87 IFF	
0033 85 +	1026 43 RCL	2021 03 03	2916 03 03	0633 67 EQ	1588 95 +	2533 07 07	
0034 19 34	1027 50 50	2022 43 RCL	2917 04 94	0634 75 75	1589 39 PRT	2534 20 TAN	
0035 65 +	1028 95 +	2023 04 94	2918 45 +	0635 43 RCL	1590 98 ADV	2535 02 2	
0036 43 RCL	1029 43 PCL	2024 95 +	2919 39 COS	0636 08 08	1591 02 2	2536 01 1	
0037 01 01	1030 21 21	2025 39 COS	2920 03 03	0637 42 STD	1592 04 4	2537 03 3	
0038 95 +	1031 25 +	2026 45 +	2921 43 RCL	0638 08 08	1593 03 3	2538 07 7	
0039 75 -	1032 36 00	2027 43 RCL	2922 43 RCL	0639 76 LBL	1594 03 3	2539 32 MIT	
0040 43	1033 36 00	2028 55 +	2923 55 +	0640 35 35	1595 32 MIT	2540 43 RCL	
0041 23 GE	1034 36 00	2029 55 +	2924 55 +	0641 43 RCL	1596 03 03	2541 02 02	
0042 95 +	1035 42 STD	2030 00 0	2925 00 0	0642 09 09	1597 14 14	2542 16 H	
0043 02 2	1036 95 05	2031 43 RCL	2926 34 34	0643 75 75	1598 05 +	2543 76 LBL	
0044 06 06	1037 29 CLR	2032 03 03	2927 03 03	0644 04 4	1599 43 RCL	2544 30 TAN	
0045 00 0	1038 42 STD	2033 45 +	2928 45 +	0645 95 +	1600 57 57	2545 03 3	1721059,5
0046 54	1039 06 06	2034 02 2	2929 02 2	0646 22 INV	1601 95 +	2546 01 1	12,3685
0047 59 INV	1040 43 RCL	2035 74 +	2930 74 +	0647 59 INT	1602 10 E	2547 03 3	1236,85
0048 65 +	1041 03 03	2036 39 COS	2931 39 COS	0648 69 DP	1603 42 STD	2548 03 3	0,5458
0049 08 8	1042 16 H	2037 00 0	2932 00 0	0649 10 10	1604 00 00	2549 32 MIT	1,9572
0050 36	1043 16 H	2038 00 0	2933 00 0	0650 10 10	1605 94 +	2550 43 RCL	1,0129
0051 00 0	1044 03 03	2039 00 0	2934 00 0	0651 03 03	1606 16 H	2551 01 01	0,4679
0052 95 +	1045 65 +	2040 00 0	2935 00 0	0652 95 +	1607 43 RCL	2552 16 H	1,2847
0053 92 STD	1046 02 2	2041 95 +	2936 95 +	0653 00 00	1608 15 15	2553 76 LBL	0,7404
0054 76 LBL	1047 45 +	2042 42 INV	2937 42 INV	0654 16 LBL	1609 75 -	2554 38 SIN	2415020,754
0055 11 H	1048 16 H	2043 05 05	2938 05 05	0655 16 H	1610 01 1	2555 02 2	29,53058865
0056 42 STD	1049 04 04	2044 43 RCL	2939 43 RCL	0656 36 36	1611 57 57	2556 01 1	21,2864
0057 59 59	1050 04 04	2045 04 04	2940 04 04	0657 07 07	1612 32 MIT	2557 03 3	390,6705065
0058 75 -	1051 43 RCL	2046 45 +	2941 45 +	0658 07 07	1613 43 RCL	2558 03 3	-0,001828
0059 01 1	1052 04 04	2047 95 +	2942 95 +	0659 22 INV	1614 06 06	2559 32 MIT	0,3912242
0060 09 9	1053 45 +	2048 55 +	2943 55 +	0660 59 INT	1615 45 +	2560 56 56	29,1053508
0061 00 0	1054 02 2	2049 95 +	2944 95 +	0661 65 +	1616 56 56	2561 50 INT	-0,0000333
0062 00 0	1055 02 2	2050 95 +	2945 95 +	0662 02 2	1617 50 INT	2562 16 H	306,0253
0063 45 +	1056 45 +	2051 02 2	2946 02 2	0663 04 4	1618 03 3	2563 98 ADV	85,8164131
0064 42 STD	1057 16 H	2052 05 5	2947 05 5	0664 00 0	1619 55 +	2564 03 3	0,0107306
0065 01 01	1058 43 RCL	2053 00 0	2948 00 0	0665 95 +	1620 93 +	2565 03 3	0,1734
0066 65 +	1059 03 03	2054 00 0	2949 00 0	0666 95 +	1621 05 5	2566 69 DP	0,207
0067 43 RCL	1060 95 +	2055 95 +	2950 95 +	0667 33 MIT	1622 04 4	2567 04 04	0,0021
0068 16 H	1061 43 RCL	2056 44 SUM	2951 44 SUM	0668 69 DP	1623 05 5	2568 18 18	0,0024
0069 95 +	1062 04 04	2057 06 06	2952 06 06	0669 04 04	1624 95 +	2569 85 +	-0,4040
0070 59 INV	1063 95 +	2058 43 RCL	2953 43 RCL	0670 30 MIT	1625 59 INT	2570 09 09	-0,039
0071 75 -	1064 16 H	2059 02 02	2954 02 02	0671 58 FIC	1626 42 STD	2571 29 CP	0,0161
0072 93 +	1065 02 02	2060 38 SIN	2955 38 SIN	0672 03 03	1627 75 -	2572 22 INV	0,0115
0073 05 5	1066 02 02	2061 49 PRT	2956 49 PRT	0673 69 DP	1628 01 01	2573 69 DP	-0,0051
0074 45 +	1067 75 -	2062 05 05	2957 05 05	0674 06 06	1629 35 35	2574 06 06	-0,0073
0075 42 STD	1068 43 RCL	2063 05 05	2958 05 05	0675 06 06	1630 02 2	2575 02 2	-0,0067
0076 00 00	1069 04 04	2064 44 SUM	2959 44 SUM	0676 06 06	1631 03 3	2576 03 3	-0,0104
0077 43 RCL	1070 95 +	2065 96 96	2960 96 96	0677 43 RCL	1632 02 2	2577 04 04	0,0117
0078 17 17	1071 16 H	2066 06 06	2961 06 06	1072 42 STD	1633 03 3	2578 43 RCL	-0,0049
0079 22 INV	1072 02 02	2067 43 RCL	2962 43 RCL	1073 57 57	1634 05 05	2579 19 19	0,0046
0080 49 PRT	1073 02 02	2068 57 57	2963 57 57	1074 57 57	1635 06 06	2580 70 70	-0,3293
0081 01 01	1074 02 02	2069 57 57	2964 57 57	1075 57 57	1636 06 06	2581 43 RCL	-0,0182
0082 76 LBL	1075 02 02	2070 57 57	2965 57 57	1076 57 57	1637 06 06	2582 57 57	-0,006
0083 76 LBL	1076 02 02	2071 57 57	2966 57 57	1077 57 57	1638 06 06	2583 95 +	-0,0005
0084 69 DP	1077 02 02	2072 57 57	2967 57 57	1078 57 57	1639 06 06	2584 69 DP	0,0041
0085 20 20	1078 02 02	2073 57 57	2968 57 57	1079 57 57	1640 06 06	2585 06 06	5,19595
0086 43 RCL	1079 02 02	2074 57 57	2969 57 57	1080 57 57	1641 06 06	2586 43 RCL	0,0059
0087 31 01	1080 02 02	2075 57 57	2970 57 57	1081 57 57	1642 06 06	2587 09 09	0,54
0088 32 32	1081 02 02	2076 57 57	2971 57 57	1082 57 57	1643 06 06	2588 25 CP	0,55
0089 43 RCL	1082 02 02	2077 57 57	2972 57 57	1083 57 57	1644 06 06	2589 25 CP	0,56
0090 00 00	1083 02 02	2078 57 57	2973 57 57	1084 57 57	1645 06 06	2590 34 34	0,57
0091 42 STD	1084 02 02	2079 57 57	2974 57 57	1085 57 57	1646 06 06	2591 34 34	0,58
0092 55 55	1085 02 02	2080 57 57	2975 57 57	1086 57 57	1647 06 06	2592 34 34	0,59

CONTENUTO
DEL REGISTRI

0,00	00
0,01	01
0,02	02
0,03	03
0,04	04
0,05	05
0,06	06
0,07	07
0,08	08
0,09	09
1,0	10
12,3685	11
1236,85	12
0,5458	13
1,9572	14
1,0129	15
0,4679	16
1,2847	17
0,7404	18
2415020,754	19
29,53058865	20
21,2864	21
390,6705065	22
-0,001828	23
0,3912242	24
29,1053508	25
-0,0000333	26
306,0253	27
85,8164131	28
0,0107306	29
0,1734	30
0,207	31
0,0021	32
0,0024	33
-0,4040	34
-0,039	35
0,0161	36
0,0115	37
-0,0051	38
-0,0073	39
-0,0074	40
-0,0067	41
-0,0104	42
0,0117	43
-0,0049	44
0,0046	45
-0,3293	46
-0,0182	47
-0,006	48
-0,0005	49
0,0041	50
5,19595	51
0,0059	52
0,54	53
0,55	54
0,56	55
0,57	56
0,58	57
0,59	58

il brillantissimo disco lunare sarà sempre più "divorato" da una minacciosa ombra nera che lo coprirà tutto alle 20^h20^m e fino alle 21^h37^m vedremo una strana luna di colore rosso cupo (in cui non mancano zone giallastre e addirittura verdi!) che quasi si perde nel blu del cielo.

Piano piano vedremo ricomparire una luminosa falce, che si ingrandirà sempre più col passare del tempo fino a ritornare splendente alle undici e mezza passate. *Bello, no?* Diciamo subito che l'incertezza di 5 o 6 minuti sui tempi (a cui abbiamo accennato all'inizio) non è un errore grave, in quanto si potrà vedere sperimentalmente che il bordo dell'ombra non è netto (dato che è generato dalla terra che è circondata da un denso strato di atmosfera) per cui risulta impossibile individuare esattamente l'istante di una certa fase.

Anche la colorazione che assumerà la luna nella fase totale dipende fortemente dall'atmosfera terrestre ed in particolare dalle condizioni atmosferiche delle zone che si trovano lungo le generatrici del cono d'ombra.

Passiamo ora alla realizzazione grafica: scegliamo un fattore di scala (ad es. 1° = 10 cm), tracciamo due cerchi concentrici di raggi pari a P ed a O , il cui centro è l'origine delle coordinate. Da questo centro tracciamo un segmento pari al valore di γ (R56): in questo caso che è negativo dovremo tracciarlo verso il basso, altrimenti verso l'alto se fosse positivo.

A partire dall'altro estremo di questo segmento tracciamo una retta orizzontale: è questa la traiettoria apparente della luna, che viene percorsa (attenzione!) da destra verso sinistra.

A questo punto potremo, con centro sulla traiettoria e segnandone l'istante, tracciare le posizioni principali della luna, rappresentata in ogni caso da un dischetto di raggio pari a 0.27 gradi. Se la scala scelta lo permetterà, potremo interpolare tra le varie tacche di riferimento per indicare ad esempio le ore intere in modo da poter conoscere istante per istante la fase dell'eclisse.

Volendo ora calcolare l'eclisse successiva (del 1982), dobbiamo tornare al primo programma ed impostare un valore per ANNO pari a $(N+10)/365 + \text{ANNO}$ e premere A . Verificherete che questa avverrà il 6 luglio.

Buon divertimento e... attenti al lupo mannaro....

