

Presentazione

Oggi quando si parla di Astronomia si pensa subito ai buchi neri, ai quasar, alla grande esplosione dell'Universo. Si dimentica facilmente che per millenni l'Universo era formato solo dalla Terra (al centro), dal Sole e dai pianeti, racchiusi, poco più in là, dal cielo delle stelle fisse oltre il quale si entrava nell'Empireo.

Escludendo la sfera delle stelle, che l'astronomia moderna ha mandato in frantumi insieme a quelle che portavano i pianeti, tutto il mondo antico si riduce unicamente al sistema solare: una parte infinitesima della Galassia nella quale ci troviamo che, a sua volta, è solo una dei tanti milioni sparse per l'Universo. Tuttavia, per quanto piccolo, il sistema solare è anche quella parte dell'Universo in cui ci è dato di vivere, quella che possiamo studiare meglio perché è più vicina, che dobbiamo conoscere sempre più esattamente per calibrare gli strumenti d'indagine con i quali affrontiamo poi il mondo galattico ed extragalattico.

Questo piccolo mondo vicino, anche osservato solo a occhio nudo, ci permette di impadronirci di un'astronomia di base attraverso la quale misuriamo il tempo, spieghiamo fenomeni come le fasi lunari e le eclissi o ritroviamo in cielo una remota galassia invisibile a occhio nudo sapendo dove puntare il telescopio. Ma c'è di più. I moti apparenti sulla sfera celeste del Sole, della Luna, dei pianeti, bene osservati e giustamente interpretati, ci svelano le distanze, le posizioni e i moti reali di questi corpi nello spazio, facendoci giungere a costruire il

moderno sistema del mondo, copernicano, e a rivelarci le leggi che lo governano.

La maggior parte di coloro che volano direttamente ai “grandi temi” dell'Astrofisica e della Cosmologia ignorano o dimenticano questa Astronomia di base che regge tutto l'edificio della conoscenza dell'Universo. Così anche i libri si moltiplicano sviluppando quasi esclusivamente questi temi, spesso riducendo la trattazione a una esposizione di dati raggiunti, punto di partenza per sviluppare teorie affascinanti fino alla vertigine.

Questo libro spazia nel campo opposto, richiamando quella parte dell'Astronomia che tutti possono affrontare a occhio nudo, con strumenti modesti e col ragionamento. Non fa piovere dall'alto sul lettore i risultati di scoperte fantasmagoriche ottenuti con gli strumenti più potenti e le tecniche più raffinate, ma lo aiuta a diventare protagonista. Insegna a diventare abili interpreti e utenti di ciò che si vede in cielo, servendosi delle conoscenze acquisite. Infatti, dopo una prima parte in cui vengono ricordate nozioni fondamentali e riassunti i più recenti risultati, il libro presenta ben 174 problemi (con soluzione) e 59 esercitazioni che aiutano il lettore a chiarirsi questioni che si era già poste e a fargli scoprire possibilità che non sospettava di avere così a portata di mano. Non tutti sanno, per esempio, come costruirsi rapidamente da soli un atlante fotografico celeste contenente stelle fino alla 9^a magnitudine (cioè 16 volte più deboli di quelle al limite della visibilità a occhio nudo) con una comune macchina fotografica. Questo libro lo insegna. E siccome l'autore sa di rivolgersi a persone che non hanno le possibilità strumentali dei grandi osservatori (studenti, professori, astrofili con molta passione ma pochi mezzi) incomincia con l'insegnare come si misurano gli angoli servendosi solo delle mani.

Procedendo di questo passo, spiega come si possono risolvere tanti problemi con strumenti rudimentali o col solo ragionamento. Sono problemi pratici, come quello di trovare per quante ore è esposta al Sole la facciata della propria casa, o culturali, come scoprire in quale stagione iniziò il viaggio di Ulisse leggendo il X libro dell'*Odissea*. Molti eccitano la fantasia dandoci quasi l'illusione di vivere su altri mondi come quelli, di trovare come si presentano e quanto durano i giorni su

Urano o come vivremmo un giorno su Mercurio.

Mi sono necessariamente limitato a poche citazioni. E sono convinto che, quando il lettore avrà finito di risolvere i problemi proposti, sarà diventato abbastanza abile da trovarne e risolverne altri nuovi. Saprà insomma destreggiarsi nel cielo come un vecchio lupo di mare in mezzo ai flutti, prendendo coscienza direttamente del fatto che anche la Terra, in fondo, non è che un grosso vascello che naviga nello spazio cosmico.

Paolo Maffei

Prefazione dell'autore

Nato da un corso di aggiornamento per insegnanti medi, questo libro illustra le più elementari nozioni di astronomia e contiene un certo numero di esercitazioni pratiche e teoriche e di problemi accessibili agli insegnanti di scuola media, agli studenti di liceo, agli astrofili e in generale a tutti coloro che intendono approfondire le conoscenze sull'argomento.

Il libro tratta di astronomia classica, che comprende sia l'astronomia sferica che quella teorica, non l'astrofisica che è solo marginalmente sfiorata quando si accenna al Sole e ai pianeti. Questa parte dell'astronomia forse non è attraente quanto l'astrofisica, tuttavia costituisce il fondamento di tutta la scienza del cielo e non può essere assolutamente ignorata specialmente dai nostri studenti di scuola media e dagli astrofili.

Il testo si divide in due parti: la prima contiene alcuni richiami schematici delle più fondamentali nozioni di astronomia, di quelle nozioni cioè che sono utili per affrontare la seconda parte del volume, la quale propone un certo numero di esercitazioni, sia pratiche che teoriche, alcune questioni e numerosi problemi.

Per la comprensione del testo e per la risoluzione dei problemi e delle esercitazioni sono sufficienti elementari nozioni di algebra; solo in qualche caso si fa ricorso alla trigonometria, ma sempre in modo assai discreto ed elementare.

Quasi tutti i problemi quindi possono essere affrontati dagli studenti di scuola media qualunque sia il corso da essi seguito. Certe

esercitazioni che richiedono solo il disegno potrebbero essere svolte con profitto addirittura nelle scuole medie inferiori e potrebbero costituire un ottimo approccio all'astronomia.

In ogni caso è necessario tener presente che, dato il carattere del libro, le esercitazioni, i problemi e le questioni non possono che affrontare i vari temi da un punto di vista molto elementare.

Le soluzioni sono sempre indicate tra parentesi alla fine del testo del problema o dell'esercitazione e talvolta viene indicato anche l'avvio alla soluzione se non addirittura il procedimento completo.

Maggio 1984

Prefazione alla seconda edizione

In questa seconda edizione sono state aggiornate alcune parti del testo, specialmente quelle relative ai dati ottenuti sugli ultimi pianeti esplorati dalle sonde Voyager. S'è creduto opportuno inoltre aggiungere delle pagine riguardanti il metodo per il tracciamento di alcuni quadranti solari orizzontali e la costruzione di un semplice apparato utile per disegnare un quadrante su una superficie qualunque, e un nuovo capitolo sulle caratteristiche dei più semplici strumenti d'osservazione e sul loro impiego. Si tratta di nozioni che oggi sono necessarie per tutti coloro, studenti e appassionati, che intendono iniziare lo studio del cielo.

Maggio 1993

Prefazione alla terza edizione

A tredici anni dalla seconda edizione pur rimanendo sostanzialmente intatto nel suo carattere generale, il libro, essendo un manuale di introduzione all'astronomia di base, ha dovuto essere aggiornato su diversi argomenti che si sono sviluppati in questi ultimi anni. Come ben si sa l'astronomia è una scienza che ha avuto straordinari sviluppi in tutti i suoi innumerevoli campi e quindi anche in un libro di introduzione sono necessari alcuni aggiustamenti specialmente nel tema riguardante le caratteristiche dei pianeti e in quello relativo alle nuove tecniche che ora sono divenute di uso quasi comune per l'astrofilo e anche per il curioso di questioni astronomiche. L'autore si augura che questa nuova edizione sia utile a tutti coloro che desiderano accostarsi alla astronomia di base con serietà e competenza.

Settembre 2006

Indice

Parte I	CENNI DI ASTRONOMIA	1
1	Introduzione	3
	1.1 Le sezioni coniche 1.2 Ellisse 1.3 Parabola 1.4 Iperbole 1.5 Alcuni richiami di geometria	
2	Coordinate sferiche	13
	2.1 La sfera celeste 2.2 Punti cardinali, moto del Sole, eclittica 2.3 La Terra e la sfera celeste 2.4 La sfera celeste 2.5 Sistema orario 2.6 Il moto della Terra 2.7 Sistema equatoriale 2.8 Sistema eclitticale 2.9 Coordinate galattiche 2.10 La Terra e le coordinate terrestri	
3	Misura del tempo	43
	3.1 Giorno solare vero e tempo vero 3.2 Giorno solare medio e tempo medio 3.3 Fusi orari e tempo civile 3.4 Alcune conseguenze 3.5 Tempo locale 3.6 Tempo delle effemeridi 3.7 L'anno 3.8 La data giuliana	
4	Precessione e nutazione	63
	4.1 Precessione e nutazione 4.2 Aberrazione della luce	
5	Il moto del Sole e della Luna	69
	5.1 Il moto del Sole 5.2 Il moto della Luna	
6	Le eclissi	81
	6.1 Le eclissi 6.2 Limiti dell'eclisse 6.3 Il saros o periodo delle eclissi 6.4 Le occultazioni	
7	Il moto apparente dei pianeti	89
8	Le leggi di Keplero	95
	8.1 Le leggi di Keplero 8.2 La legge di Titius e Bode	
9	Gli elementi orbitali dei pianeti	99

10	La legge di Newton	105
11	Distanze e dimensioni dei corpi celesti	111
	11.1 Introduzione 11.2 Parallasse diurna 11.3 Parallasse annua 11.4 Distanze nel sistema solare 11.5 Diametri dei corpi celesti	
12	Alcuni strumenti di misura	117
	12.1 Il fotometro 12.2 Il micrometro filare 12.3 Lo spettrografo 12.4 L'effetto Doppler 12.5 Le camere CCD e le reflex digitali	
13	Il Sole	125
	13.1 Il Sole 13.2 Condizioni fisiche al centro del Sole 13.3 L'attività del Sole	
14	Caratteristiche fisiche dei pianeti	135
	14.1 Mercurio 14.2 Venere 14.3 Luna 14.4 Marte 14.5 Gli asteroidi 14.6 Giove 14.7 Saturno 14.8 Urano 14.9 Nettuno 14.10 I limiti del sistema solare 14.11 Le comete 14.12 La luce zodiacale 14.13 I meteoriti 14.14 I pianeti extrasolari	
Parte II ESERCITAZIONI, QUESTIONI, PROBLEMI		159
15	Misure di angoli	161
16	Astronomia sferica	169
17	Il tempo	179
18	Le meridiane	189
19	L'astrolabio	213
20	Il globo celeste	219
21	Antichi metodi elementari per la misura del raggio terrestre	225
22	La Luna	233
23	La determinazione delle distanze dei pianeti dal Sole	257
24	Le leggi di Keplero: esercitazioni e problemi	263
25	Il moto dei pianeti	281
26	Esercitazioni e problemi sui pianeti	295
27	La parallasse	321
28	Il Sole	325
29	Piccoli strumenti per l'osservazione del cielo	333
	29.1 Considerazioni generali 29.2 Il binocolo 29.3 Le caratteristiche dei cannocchiali 29.4 Uso delle mappe mensili	
Bibliografia		371
Indice analitico		373

Parte I

CENNI DI ASTRONOMIA

1 Introduzione

1.1 Le sezioni coniche

Le sezioni coniche, studiate fin dall'antichità, sono curve le cui applicazioni hanno fondamentale importanza in astronomia. Ne daremo ora la definizione e illustreremo alcune loro proprietà.

Consideriamo un doppio cono, cioè una figura formata da due coni posti in modo che il vertice e gli assi siano in comune e le basi siano opposte tra loro (figura 1.1).

Sezionando la figura con dei piani si ottengono curve chiamate *coniche* o *sezioni del cono*.

Tagliando il cono con un piano perpendicolare al suo asse, si ottiene, come sezione, una *circonferenza* la quale può degenerare in un punto (come dicono i matematici) se il piano passa per il vertice del cono. Tagliando invece il cono con un piano obliquo, si ottiene come sezione una curva ovale chiamata *ellisse*. Se il piano è parallelo a una delle generatrici del cono, la sezione che si ottiene è una curva detta *parabola*, che può degenerare in due rette sovrapposte quando il piano giace su una delle generatrici del cono stesso. Infine tagliando il doppio cono con un piano parallelo al suo asse si ottengono due curve distinte, una per ogni cono, che insieme formano la cosiddetta *iperbole*, la quale, di conseguenza, è formata da due rami. L'iperbole degenera in due rette che si intersecano sul vertice del doppio cono, quando il piano che lo taglia giace sull'asse.

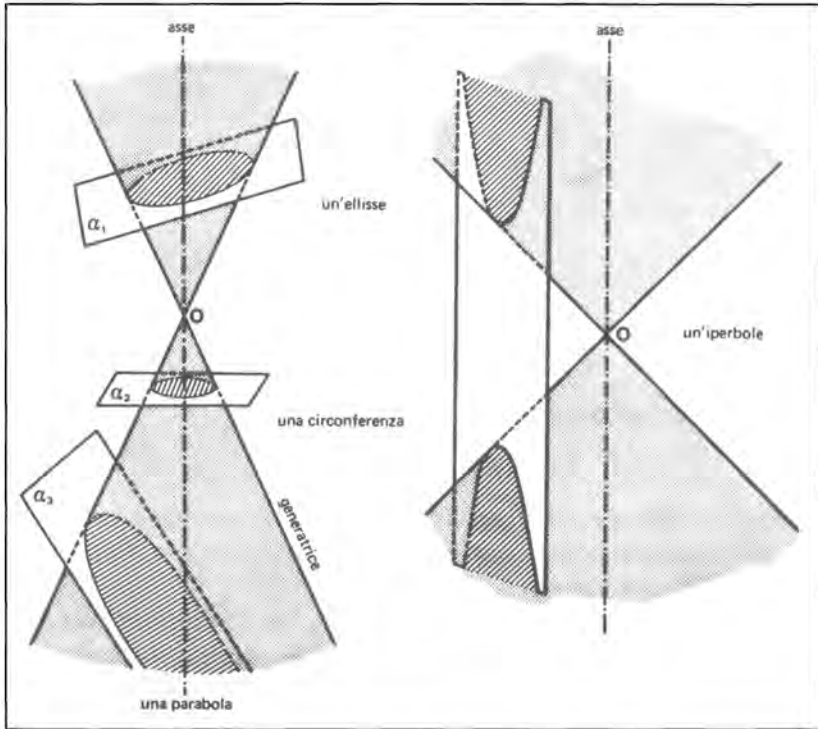


Fig. 1.1

Le sezioni coniche dunque sono:

- il cerchio
- l'ellisse
- la parabola
- l'iperbole.

I corpi celesti, sotto l'azione gravitazionale di una massa centrale, e trascurando le reciproche attrazioni, si muovono lungo orbite le cui forme sono sezioni coniche. Il tipo di conica dipende dalle condizioni iniziali del moto del corpo.

Lo studio delle coniche ha avuto come progenitore il matematico Apollonio di Perge, nella seconda metà del III secolo a.C., proprio nel pieno dello sviluppo della cultura ellenistica alessandrina, cioè nell'età d'oro della matematica greca. Apollonio, che era anche astronomo, espose le sue scoperte sulle coniche nei famosi "otto libri sulle coniche" dei quali solamente sette ci sono pervenuti, grazie alle traduzioni arabe. Apollonio fu anche uno dei primi che applicò la teoria degli epicicli per spiegare il moto dei pianeti, teoria che fu poi sviluppata da Ipparco e da Tolomeo.

Le sezioni coniche sono definite geometricamente nel seguente modo:

il luogo geometrico dei punti le cui distanze da un punto fisso, detto fuoco, e da una retta fissa, detta direttrice, stanno in un dato rapporto è una ellisse o una parabola o una iperbole se questo rapporto, che si dice eccentricità, è rispettivamente inferiore, uguale o superiore a uno.

Se e è l'eccentricità (figura 1.2) si può dire che:

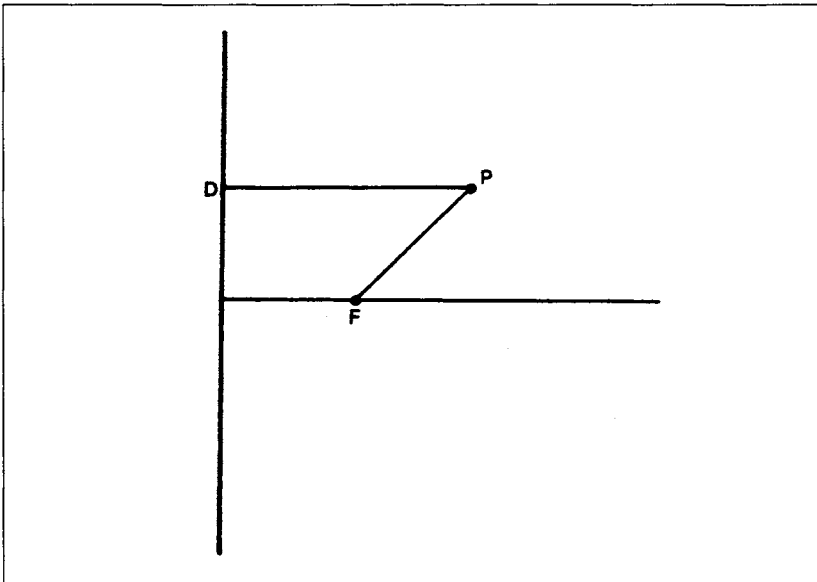


Fig. 1.2

nell'ellisse
$$e = \frac{PF}{PD} < 1$$

nella parabola
$$e = \frac{PF}{PD} = 1$$

nell'iperbole
$$e = \frac{PF}{PD} > 1$$

Lasciando da parte il cerchio, che è ben noto, richiamiamo ora alcune proprietà delle coniche e il procedimento geometrico per costruirle.

1.2 Ellisse

La costruzione dell'ellisse può essere fatta nel modo seguente (ne esistono però anche altri).

Fissati due punti F' e F'' , detti *fuochi*, si prenda un filo la cui lunghezza sia $2a$ e si uniscano i due estremi in modo da formare un anello chiuso. Si disponga tale filo attorno ai due fuochi, materializzati da due spilli, e lo si tenga ben teso con una penna; quando si gira la penna attorno ai due fuochi questa è costretta a descrivere una ellisse.

La curva si può quindi definire nel seguente modo: *l'ellisse è il luogo geometrico dei punti la cui somma delle distanze da due punti fissi detti fuochi è costante ($2a$)*.

La linea che congiunge i due fuochi taglia l'ellisse in A e in B. Il segmento AB dicesi *asse maggiore* e la sua lunghezza è $2a$ (figura 1.3).

Il punto di mezzo O tra i due fuochi, si chiama *centro dell'ellisse*. Il segmento HK perpendicolare ad AB condotto per O dicesi *asse minore* e la sua lunghezza si indica con $2b$.

La distanza tra il centro O e uno dei due fuochi si indica con $c = ae$. Dicesi *eccentricità e* dell'ellisse il rapporto

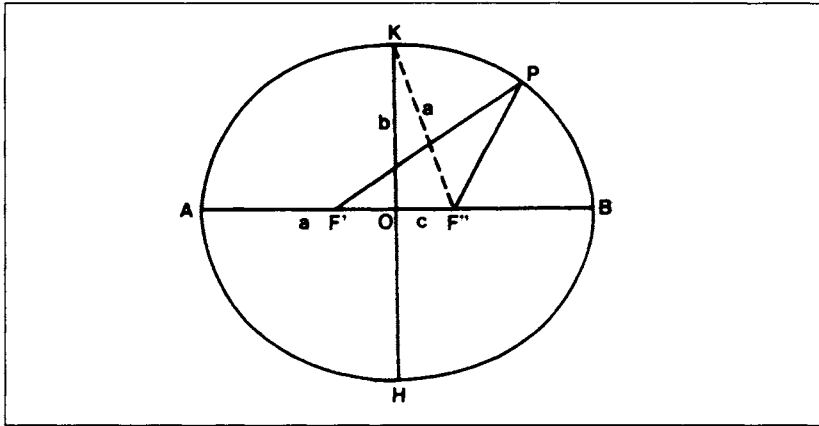


Fig. 1.3

$$e = \frac{c}{a}$$

Poiché dalla figura si ottiene $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ si ha anche:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

Nell'ellisse, l'eccentricità è sempre minore di uno perché $a > c$.

$$\text{La distanza } AF'' = a + c = a \left(1 + \frac{c}{a} \right) = a (1 + e)$$

$$\text{La distanza } BF'' = a - c = a \left(1 - \frac{c}{a} \right) = a (1 - e)$$

La geometria analitica mostra che l'equazione polare delle coniche riferita al fuoco è:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos \nu}$$

con p = ordinata al fuoco, ν = anomalia e r = raggio vettore.

1.3 Parabola

La parabola è il luogo geometrico dei punti equidistanti da una retta fissa detta direttrice e da un punto fisso detto fuoco.

Si considerino la retta DO (direttrice) e il punto F (fuoco), disposti come è indicato nella figura 1.4. Tutti i punti tali che $PD = PF$, giacciono sulla parabola.

Per tracciare la parabola in modo continuo basta poggiare una riga sulla direttrice; poi, sul vertice A di una squadra, si fissa il capo di un filo, di cui l'altra estremità è vincolata al fuoco. Tenendo teso il filo con una penna in P e traslando la squadretta lungo la riga, la penna è costretta a descrivere una parabola.

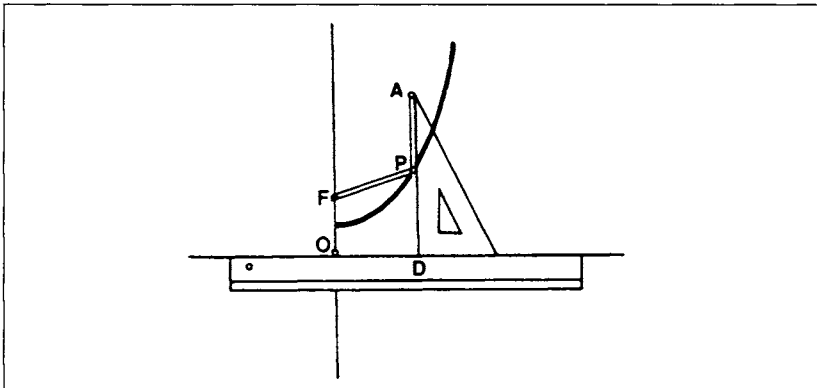


Fig. 1.4

1.4 Iperbole

Questa curva si può anche definire nel seguente modo:

l'iperbole è il luogo geometrico dei punti la cui differenza delle distanze da due punti fissi detti fuochi è costante ($2a$).

I due fuochi siano F' e F'' , equidistanti da O che è il centro della curva. Nella figura 1.5: $PF' - PF'' = 2a$.

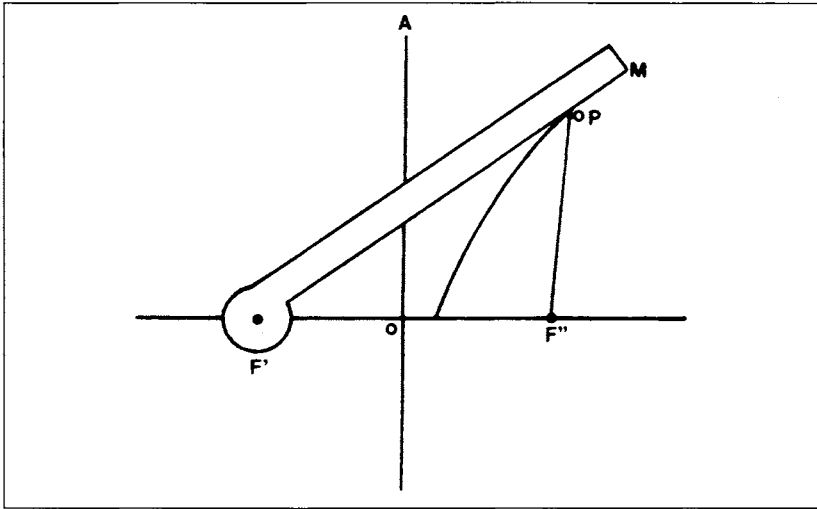


Fig. 1.5

Come si può verificare, l'iperbole ha due rami simmetrici rispetto all'asse OA perpendicolare a $F'F''$.

Per costruire a tratto continuo l'iperbole si può procedere nel seguente modo: si fissino due punti F' e F'' ; si impigni un'asta in uno di essi, per esempio F' e all'estremo M dell'asta si fissi un filo inestensibile, la cui lunghezza sia $2a$; l'estremo libero del filo sia fissato al fuoco F'' . Una penna, sempre aderente all'asta, tenga teso il filo. Ruotando l'asta attorno a F' la penna è costretta a descrivere una iperbole.

1.5 Alcuni richiami di geometria

Consideriamo una circonferenza di centro O e raggio $OA = d$ e un angolo α che sottende l'arco AB. Se α è piccolo, è piccola anche la differenza tra l'arco AB e la sua corda che è lunga D . È conveniente pertanto, quando sia soddisfatta tale condizione, sostituire all'arco AB la corda D corrispondente (figura 1.6).

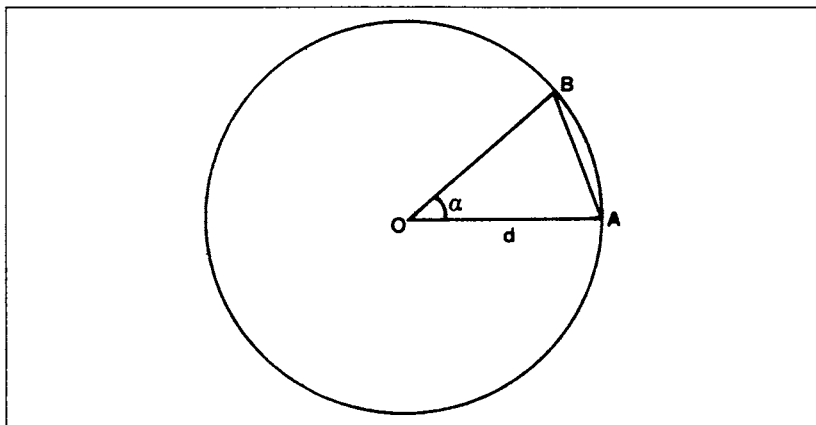


Fig. 1.6

Dalla geometria si sa che la lunghezza dell'arco è data da:

$$180^\circ : \pi d = \alpha^\circ : AB$$

da cui:

$$AB = \frac{\pi \alpha^\circ d}{180^\circ} = \frac{\alpha^\circ d}{57^\circ, 29}$$

dove d è il raggio e AB l'arco.

Esprimendo l'angolo in secondi e ponendo $AB = D$ si ha:

$$D = \frac{\pi \alpha''}{648000} d = \frac{\alpha''}{206265} d$$

Una immediata conseguenza di questa espressione è il fatto che un oggetto sferico posto a una distanza d pari a 206.265 volte il suo diametro D è visto da un osservatore sottendere l'angolo di un secondo.

In astronomia, si ha spesso a che fare con angoli piccoli, inferiori al grado; per le ragioni poc'anzi esposte, quando non sia richiesta una grande precisione, è conveniente sostituire al seno di un angolo, l'arco corrispondente, in tal modo i calcoli vengono molto facilitati.

Gli angoli possono essere misurati in ore, minuti e secondi di tempo anziché in gradi. Ciò è particolarmente utile in astronomia. La corrispondenza tra i due tipi di unità di misura si ottiene ricordando che 360° equivalgono a 24 ore; un'ora quindi equivale a 15° , un minuto a $15'$ e un secondo a $15''$ d'arco.