

大學叢書

中國夫文學會叢書之二

天 文 學

陳 遵 媯 編

文

大學叢書

中國天文學會叢書之二

天文學

陳連媽編

江苏工业学院图书馆
藏书章

通書局印行

大學叢書

中國天文學會叢書之二

天文學

(全一冊)

中華民國三十二年十月初版



每部定價國幣十五元正

編者

陳遵媯

大學叢書
主編者

馬宗榮
謝六逸
張永立

中國天文學會
叢書主編者

中國天文學會

發行人

華問渠

印刷所

文通書局

貴陽松山路七十一號

發行所

文通書局

貴陽中華路五一二號

自 序

天文學在我國發達最早，而近世則衰頹衰歇。明季清初，臺官譯述西法，應用天文學面目為之一新。清之中葉，李善蘭譯候失勒談天，於是國人始得窺見十八世紀天學之大概。尋常是談天問世又近一世紀，坊間雖間有天文譯著出版，而青光片羽，不足僅概括現代天學之全豹。誠以十九世紀以後，遠鏡、照相機、分光儀相繼用之於測天，管窺之術，突飛猛進。嗚呼！獲此利器，無異經國者之得堅甲利兵，開疆拓土，日進千里。

今日天學領域，遠非昔比，支流疊衍，門類甚繁。在未專攻一門一類之前，為初學計，宜先有鳥瞰全局之書，為之階梯，庶可由博反約。余不揣謏陋，捃摭天學各門類之綱領，編成本書，藉供初學者綜覽。譬作大略，先成椎輪；譬語升堂，庶其初階。讀者或不以膚淺記濫見晒歎。

本稿成於民國二十八年四月，原列為中國天文學會叢書之二，因重行修正之故，延至民國三十年初始得告成。屆時正值張鈺哲李曉彤二先生來天文研究所工作，余遂請其審閱，以免錯誤，貽笑大方。李先生更詳為修正，尤為感激。

二君在國內授天文學課程，幾達十年，據其經驗，談稱本稿可作為大學用書。二君原以 Russell Dugan Stewart 著 Astronomy 一書為課本，均嫌分量太多，不甚適用；勸余以本稿為大學課本，再譯 Russell 一書，作為參考書之用。余從其勸，除已著手譯述 Russell 一書外，故本稿為大學用書，二君校閱之勞，鼓勵之殷，用特鳴謝於此。

民國三十年四月廿二日

於昆明鳳凰山天文臺。

目 錄

| | |
|--------------------|---------------|
| 第一章 緒論..... 1 | |
| 1 天文學之意義 | 2 天文學之分類 |
| 3 天文學之效用 | 4 天文學在科學上之位置 |
| 5 研究天文學之參考書 | |
| 第二章 天文學發達概論..... 5 | |
| 6 太古天文學 | 7 中國天文學 |
| 8 埃及天文學 | 9 巴比倫天文學 |
| 10 希臘天文學 | 11 依巴谷 |
| 12 多祿某 | 13 阿拉伯天文學 |
| 14 歐洲天文學之曙光 | 15 哥白尼 |
| 16 第谷 | 17 刻卜爾 |
| 18 加里尼 | 19 奈端 |
| 20 布拉德列 | 21 候失勒 |
| 22 拉伯拉斯 | 23 天體力學之發展 |
| 24 白塞耳 | 25 法郎霍伐 |
| 26 羅塞 | |
| 第三章 天球..... 21 | |
| 27 天球 | 28 周日運動 |
| 29 歲動 | 30 星座 |
| 31 星名 | 32 星等 |
| 第四章 坐標..... 32 | |
| 33 天體位置 | 34 地平坐標 |
| 35 赤道坐標 | 36 地平緯度與緯度之關係 |
| 37 黃道坐標 | 38 銀河坐標 |
| 39 坐標之換算 | 40 公式之應用 |
| 第五章 坐標訂正..... 43 | |
| 42 地平俯角 | 43 光行差 |
| 44 視差 | 45 歲差及章動 |

第六章 天文儀器 55

- 47 遠鏡 48 赤道儀 49 定天儀及定星鏡 50 子午儀 51 天文時鐘
52 三記時儀 53 分光儀 54 光度計

第七章 天文學之實用 64

- 55 時 56 地方時及標準時 57 經濟時 5 時之測定
59 時日之換算 60 自時 61 曆 92 方位之測定 63 經度之測定⁸
64 緯度之測定 65 航海天文學

第八章 行星運動論 84

- 66 古代行星體系 67 萬有引力與二體問題 68 軌道根數
69 軌道上運行之速度 70 三體問題 71 攝動 72 軌道論

第九章 太陽 104

- 73 太陽距離 74 太陽質量與大小 75 太陽自轉 76 光環
77 太陽黑子 78 太陽蒙氣 79 日珥 80 日冕 81 日光
82 太陽光譜 83 太陽輻射 84 太陽溫度

第十章 太陰 121

- 85 太陰距離 86 太陰質量與大小 87 月相與月出 88 太陰自轉
89 太陰公轉 90 太陰表面 91 月光 92 月食 93 日食
94 月掩星

第十一章 地球 135

- 95 地球形狀 96 地球質量 97 地球自轉 98 地球公轉與四季
99 潮汐 100 潮汐所生之影響

第十二章 行星.....149

- 101 行星系 102 行星距離 103 行星質量與大小 104 行星形狀
 105 水星 106 金星 107 火星 108 小行星 109 木星
 110 土星 111 天王星 112 海王星 113 冥王星 114 未知行星
 115 黃道光與對日照

第十三章 彗星與流星.....170

- 116 彗星之發見與軌道 117 彗星之本體 118 流星

第十四章 恆星.....177

- 119 恆星距離 120 星數 121 恆星光譜 122 恆星星等 123 星色
 124 巨星與矮星 125 恆星溫度 126 恆星質量與直徑 127 恆星通動
 128 移動星團與星流

第十五章 變星.....195

- 129 變星種類 130 短期變星 131 長期變星 132 不規則變星
 133 新星

第十六章 雙星.....204

- 134 雙星 135 目視雙星 136 分光雙星 137 食雙星

第十七章 星團與星雲.....212

- 138 疏散星團 139 球星團 140 星雲概說 141 暗星雲
 142 瀾漫星雲 143 行星狀星雲 144 旋渦星雲 145 墨氏嘴尼雲

第十八章 恆星演化.....224

- 146 恆星熱源與輻射 147 恆星演化 148 太陽系之生成

149 恆星之生死

第十九章 宇宙構造 232

150 候失勒宇宙 151 卡普泰因宇宙 152 本星系 153 銀河系

154 島宇宙 155 球狀宇宙 156 宇宙之大與光

天文學

第一章 緒論

1. 天文學之意義 天文學 (Astronomy) 乃研究天體 (Heavenly Bodies) 之科學 (Science)。所謂天體者，乃地球 (Earth)，太陽 (Sun)，太陰 (Moon)，行星 (Planets)，衛星 (Satellites)，彗星 (Comets)，流星 (Meteors)，恆星 (Fixed Stars)，星雲 (Nebulae)，星團 (Clusters) 等之總稱；包含宇宙全部之物體也。

天文學乃具體的研究天體各別之特性；若分析的研究之，或為物理學，或為化學。又自種種方面言之，地球與人類有密切之關係，故各種科學多因研究某問題而發生，獨天文學之研究，則否。即天文學所研究者，如天體之距離，大小，運動，物理化學的特性，支配是等之定律，以及天體過去與未來之變遷等。研究宇宙全部之科學，惟天文學而已。故天文學之研究以研究宇宙原始論為歸宿，而獨天文學始能建成健全宇宙觀之基礎。

2. 天文學之分類 天文學得按其一部分之目的及研究之方法，分為數科。但各分科之間，無何明顯之區別，而彼此常互有關係焉。

(一) 星象學 (Astrometry) 即觀測天文學，研究天體之位置，視運行，距離，大小等；多以運行之測定為主，故又稱為球面天文學 (Spherical Astronomy)。日月食問題之研究，亦屬此分科。

(二) 實用天文學 (Practical Astronomy) 說明天體觀測所用儀器之理論及使用法，誤差消除法，改為他分科所需觀測資料之整理法，並含各種觀測之計算方法。其結果如精確時間之測定，真南北綫之決定，經度緯度之測定，曆之編製等等。

(三) 天體力學 (Celestial Mechanics) 又稱曰理論天文學 (Theoretical Astronomy)。但有將天體力學與理論天文學分為二類；關於力之問題之研究屬於天體力學，而以球面天文學之一部分屬於理論天文學。天體力學以萬有引力之理論為基礎，而以數理研究天體運動之學問也。其所研究，以行星太陰之運行為主。支配天體運動之力，僅以重力為主，故又稱重力天文學 (Gravitational Astronomy)。按其

研究之對象，分爲研究行星運行之行星攝動論；調查太陽運行之月離理論；由彗星及小行星位置之觀測以定其軌道之軌道論，由其軌道逆求其位置亦屬之；研究雙星軌道之雙星運動論等等。

(四) 天體物理學 (Astrophysics) 研究天體之物理化學性質之學問，即研究天體之光度，溫度，輻射，光譜，豪氣狀態，內部情形，組成等。天文學諸分科中，以此門爲最新而進步亦最著。

(五) 宇宙原始論 (Cosmogony) 綜合其他分科考究所得之結果而整理之，研究恆星太陽行星之原始及演化以考究宇宙之構造，過去及將來之命運等。此與天體物理學關係最深。

其他尚有航海天文學 (Nautical Astronomy) 及敘述天文學 (Descriptive Astronomy) 等；前者可視爲屬於球面及實用天文學，而後者，則係有系統的敘述天文學之知識。

3. 天文學之效用 天文學非如其他科學與人類物質生活關係之深，自無諱言；但實際上仍係極重要之學問。

定地球上之經緯度，須利用天體；大規模之測驗亦須觀測天體；航海時，天體之觀測更不可缺。他如時之測定，曆之編製，潮汐之預測等，皆天文學之效用。

事實上不獨如斯而已；因天文學上之發見，必努力說明解決其現象，而數學物理學以及力學等，遂隨之而發達；近代文化實皆由於如斯發達之理科爲其基礎也。自哲學上言之，天文學所昭示空間時間之廣大宇宙觀，以及此宇宙內各處均有同類之物質，與其具有同一律等性質之發見，均極重要。天文學使人類精神文明之發達誠至大也。

4. 天文學在科學上之位置 普通科學分爲理論科學 (Theoretical Science) 與應用科學 (Applied Science) 二類。前者乃爲科學而研究之科學，爲知識而求之系統的知識，後者乃爲人生幸福及利益而考究之科學，乃以前者爲基礎。理論科學又分爲三類。

(A) 形式科學 (Formal Science) 研究思考之形式，又曰先驗科學，數學及論理學包含於其中。

(B) 自然科學 (Natural Science) 以自然現象爲研究之對象。

(C) 精神科學 (Mental Science) 以精神現象為研究之對象。後二者又合稱曰經驗科學或實質科學。

自然科學中又可分為三類，即

自然科學 { 物理的科學 (Physical Science)
 { 天文的科學 (Astronomical Science)
 { 生物學 (Biology)

物理的科學乃分析的研究宇宙；力學，物理學，化學等包含於其中。天文的科學乃具體的研究宇宙，即廣義之天文學。生物學則為生活現象之研究。

天文的科學即廣義之天文學，又可分為三類。

(甲) 地學 (Terrestrial Science)

(乙) 天文學

(丙) 宇宙論

地學乃關於地球之種種自然現象之研究，其中包含之學科頗多；氣象學，測地學，地質學，地文學，地理學，海洋學，礦物學，地震學，地球物理學等均屬之。天文學乃研究天體，而其結論遂為宇宙論。

天文學於理論科學中之位置已如上述，而為自然現象總結之宇宙之具體的研究。分析的研究宇宙之物理的科學常為天文學之補助者，而生物學常為附帶現象，插入天文學之中。又形式科學之數學，供給天文學理論之基礎。

天文學於應用科學中亦占一定之位置。應用科學之分類乃與理論科學分類相對應。故不另述之；應用自然科學中，有所謂應用天文學者，此即所謂實用天文學，而為時曆經緯度等之研究。

5. 研究天文學之參考書 關於天文學之書籍頗多，茲僅舉其重要常用者，列之於下。

(A) 普通天文學

Russell-Dugan-Stewart : Astronomy Vol. I, II

Fath : Elements of Astronomy

Duncan : Text-book of Astronomy

(B) 實用天文學

Campbell : Elements of Practical Astronomy

Andoyer : Cours d'Astronomie I, II

Smart : Text-book on Spherical Astronomy

(C) 天體物理學

Dingle : Modern Astrophysics

Stratton : Astronomical Physics

Bosler : Cours d'Astronomie III, Astrophysique

Graff : Grundriss der Astrophysik

(D) 天體力學

Moulton : Celestial Mechanics

Plummer : Dynamical Astronomy

Charlier : Die Mechanik der Himmels I, II

Andoyer : Cours de Mecanique Celeste I, II

Resal : Traite Elementaire de Mecanique Celeste

其他時時發生之問題與專門之詳細研究，不能不根據普天文臺之刊物。茲將最重要之定期刊物舉示於下。

The Astronomical Journal (A.J.)

The Astrophysical Journal (Ap.J.)

Publication of the Astronomical society of the Pacific (A.S.P.)

Popular Astronomy

Monthly Notice of the Royal Astronomical Society (M.N.)

Astronomische Nachrichten (A.N.)

Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft (V.J.S.)

Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands (B.A.N.)

習 題

1. 述天文學研究之對象。
2. 天文學之分類如何？
3. 述天文學與氣象學之區別。

第二章 天文學發達概論

6. 太古天文學 一切科學中，當以天文學爲最古。太古人類無人工之燈，無文化可言之時，其已具有醫學及天文學之知識者殆無容疑。彼等利用月光而夜行，仰觀星象得知季節之變遷。地上現象雖甚複雜，變化無窮，但天體之運行整條有序，其周期的變化多較簡單者，故原始人已明知其有定律性。如斯仰觀天空，於千萬星辰之中，得知其有行星與恆星之別，因考究行星之運行而創星座，遂至於有組織的觀測天體之運行。

古代天文學發起於四大民族，即黃河流域之中國，恆河沿岸之印度，底格里斯 (Tigris) 與幼發拉的 (Euphrates) 兩河間之巴比倫，尼羅 (Nile) 河畔之埃及是也。

繼續幾千百年之觀測而資料漸次豐富；如斯至於希臘時代，經驗復加以理論，始建成真天文學之基礎。此時代之天文學稍偏迷信，同時僅考究天球上天體之位置，故係幾何學的。其後由刻白爾 (J. Kepler) 及奈端 (Issac Newton) 等，始開拓天體運動之研究，而創天體力學；逮十九世紀觀測天體光譜，研究天體之組織構造，遂成天體物理學。現今隨天體物理學之發達，而關於宇宙構造之研究甚盛；由相對論而明大宇宙之形態。然若追本溯源，不能不由太古天文學之發達。

7. 中國天文學 公元紀元前五千年，黃河流域之文化，早已發達，紀元前二千三百年左右，堯舜時代已觀測特定星體夕晚南中之時刻，以定季節。我國最古記錄之堯典，大半關於天文之記事，而其首先揭示閏年插入法，當時如何注重天文觀測，於茲足見一斑。但其所定之季節，自然非甚正確，至春秋時代，尚有一二個月之差。十九年插入閏月七次之方法，遂作成與季節殆相一致之太陰曆，此乃秦漢時代已知之事實，或當始於紀元前六百年左右之春秋時代。

日食之觀測亦甚早，即紀元前二〇〇〇年左右，夏仲康五年宮中天文官羲和兩氏，因不豫知日食，以致處罰死刑。春秋時代，日食之原理，業已明瞭，其所記載之日食 (紀元前七二二年至紀元前四八一年)，凡三六次，其中三二次均與現今推算者一致。

其他天象亦甚注意。如彗星之記錄，似乎已見於紀元前二二九六年堯典之中；而其確實之記載，則自紀元前六一一年始。例如哈雷 (Halley) 彗之記錄，始於紀元前四六七年，實為世界最古之記錄。

至於太陽黑子，歐西以公元一六一〇年加里尼 (G. Galileo) 之發見為最早，而我國則於前漢以前已注意及之。紀元前一六〇年淮南子之精神訓曾有“日中有陵烏，月中有蟾蜍”。陵烏云者當指所見之黑子而言。漢書五行志亦記有“成帝河平元年三月乙未，日出黃，有黑氣，大如錢，居日中；”時在紀元前二一八年。

紀元前二〇〇年左右，我國已用黃道與赤道為天球上之基線；圓周分為 365.25 ，使太陽日前進1度與之相合。東晉虞喜發見歲差，誠大功績，時在公元三一七年乃至四二〇年。如斯我國古代天文學之活躍實甚雄偉，惜非實用，致不發達；自戰國時代以後，欲明行星運行之定律，但終未告成功，遂變為迷信。至十七世紀，遂由西人湯若望等輸入西洋之天文學。

中國古代對於曆法，最為注意，屢經改革，種類頗多，其發達情狀，誠非西人所能望其項背。漢武帝太初元年以前所用曆法，原本已久失佚；當時是否依確定之定律而實行，又為別一問題。此期可稱為古曆時期，而以三統曆及大統曆為標準。自漢太初以後至於清初改曆，曆法皆有成文，載於史志；雖改曆者七十餘家，而原則未變，又皆中國自造之法，此期可稱為中法時期。此時期最大之改革，當為唐武德二年戊寅元曆之改用“定朔”。清代曆法，本於湯若望之新法曆書，蓋用西洋之法數，以就舊曆之規模，中西合參之法也。

中國曆法中尚有一極重要之原素，即甲子紀日法是也。蓋年月日以及節氣等之長度，本身相比，原無公約之數，且其相與比較亦隨各案所測定而有疏密之不同；因而在年中月中之日序，不能不隨曆法而異。甲子紀日則以60為一週，周而復始，無間斷，亦無奇零；故推算曆法者皆以甲子為不變之尺度，考古者亦藉甲子以定古代月日之真距。否則經過七、八十次之改曆，古代歲月殆已不可復理矣。此甲子紀日之法，不獨為曆法推算之工具，而實際施用者達數千年而不斷。據可靠之記錄，甲子紀日之法，至少自魯隱公三年（公元紀元前七二二年）二月己巳起至民國二四年一月一日（公元一九三五年）已得二千六百餘年969303日不斷之紀錄，是誠世界最長久之紀日法矣。

8. 埃及天文學 埃及因實際上之需要，天文學及幾何學均甚發達。蓋每年定期發生之尼羅河氾濫，乃其主要之原因。欲豫知氾濫之時期者，非正確測定一年之長度不可；欲使氾濫後之地域，回復原狀者，即非有幾何學之知識不可。故對於日出與上昇於地平之天體，均有組織的觀測而記錄之。因觀測之需要，埃及遂創星座之區分，至少於黃道附近已設立星座。自紀元前二九〇〇年左右，建金字塔，築獅身人首像，皆當時之高等土木技能；且金字塔之基底，正指東西南北，其內部一溝，與地軸平行，正指北極；而獅身人首像之目，於冬至日恰見太陽上昇之方向，此皆示當時天文學已有相當之發達也。相傳金字塔為當時國王之墳墓，但未為墳墓以前，確係天文台，以供測量之用，國王歿後始改為墳墓焉。

要之，埃及之有天文學毫無容疑，但埃及天文學乃迫於實際生活之需要，故不出乎實用方面，而在天文學上之發達，終不得見。

9. 巴比倫天文學 居住於底格里斯與幼發拉底兩河間美索不達米亞 (Mesopotamia) 大平原之人民，乃以牧畜為業，夜間多有與星辰親近之機會。其天文學之發生，乃勢所當然。夜守羊羣而觀星，得知行星與恆星之區別；更知恆星之相對的位置不生變動，遂發達而創星座。現今所用之星座，大概皆發生於斯；當時所用者，當然無現今之齊整。因含有星占學之意義，遂為傳說而發達。星座中雖多動物之名，但如印度所習見之虎，象，埃及之河馬鱷魚，則均無有；而華甌中所見之動物特多，誠饒興趣。約於紀元前二八〇〇年左右，星座當已成大概之形狀。巴比倫所能觀測之範圍，當然為含天球北極之部分，天球南極附近則空白而殘留；南極因歲差現象，每年以一定量移動於星辰之間，故觀此空白部分，得推定其所出年代。由此得知紀元前二七〇〇年左右，希臘詩人阿累塔斯 (Aratus) 所繪之天圖，乃示距今約二五〇〇年前於北緯四〇度地方所觀測之天空情形。

但隨時代之變遷，巴比倫天文學漸脫離傳說而減少星占學之色彩。是時不獨僅知金星約每八年回復天球上同一之位置，更知水星土星火星及木星之運行，亦各以四六年，五九年，七九年，八三年之周期而回復原來之位置。由此得豫知行星之位置，亦得推測日出日沒時行星上昇東天之時期以及衝合之時期；關於太陽之運行亦頗明瞭，朔之時刻亦能豫先推定。日月食以二二三朔望月即一八年一一日之周期而循環，知之者頗早；由此得豫知日食月食所發生之時刻及情形。此周期間之沙羅周

期 (Saros Cycle)。更知太陽每日移動於地球上之速度決不一律，但未由其徑路即黃道不變而注意春分點之移動。

10 希臘天文學 自紀元前七〇〇年左右，巴比倫與埃及之天文學盛傳於希臘。巴比倫所發生之原始天文學，遂結其實於希臘。希臘天文學最初指導者為塞利斯 (Thales)。氏生於紀元前六〇〇年左右，當時似乎已知恆星自身發光，太陰乃反射日光而輝耀，地球為球形及一年為三六五日等事實。氏更豫言日食之發生。

塞利斯之後為彼塔哥拉斯 (Pythagoras)，時在紀元前五四〇年左右。氏旅行於埃及與東洋時，得知啓明長庚係同一行星，測定黃道交角，並知地球乃浮於空間之一大球。氏似乎想及地球自轉，其弟子非羅勞 (Philolaus) 亦贊助之。柏拉圖 (Plato) 弟子赫拉克來提 (Heraclides) 亦同意之。紀元前三六〇年，赫氏謂太陽週轉於地球之周圍而為水星及金星公轉運動之中心。紀元前四四〇年左右，數學家默冬 (Meton) 發見太陰以二三五朔望月即約十九太陽年之周期，於同日回復同一之位相，是即恆星與日月回復原來之關係。氏用之以改曆，終告成功；即因

$$235 = 12 \times 19 + 7$$

遂發見十九年間若插入七次閏月則曆日與季節恰相符合。此周期謂之默冬章 (Metonic Cycle)。

數學的研究天體之運行者，自幼多克薩斯 (Eudoxus) 始。氏先假想恆星全部附於一球面上，而行星則附於各別之球面上，是等球面均係透明，各以地球為中心而週轉。但如斯不足以說明行星之複雜運動，遂想像行星所附着之球，尚有更大之球面外接之；內球與外球以直徑兩端之二點相連絡，各以不同速度週轉於不同之方向。如斯仍不足以說明行星之運動，遂漸增球面之數目，對於日月各定三個球面，行星各四個，恆星一個，共計二十七天球。亞里斯多德 (Aristotle) 由太陰盈虧之觀察，知太陰係一球形，進而謂其他諸星亦為球形；復由諸星高度隨緯度之高低而異，及地平線隨前進而變化等事實，證明地球為球形；雖知月食乃因地影而生之現象，但否認地球公轉之事實。

亞里斯多德謂若地球公轉於太陽之周圍，則於其軌道相對之點，即春分與秋分或夏至與冬至二點，由地球所視恆星之方向必有變化，即恆星必有視差。氏努力由觀測求此視差，但全歸失敗，結果遂否認地球之公轉。

亞氏逝世後，希臘學術中心移於埃及亞歷山大府(Alexandria)。希臘天文學於茲遂達於極點。德謨額利圖(Democritus)以天球上一點為基點，測定重要恆星之位置，作成世界最古之恆星表。亞理斯塔卡(Aristarchus)測定日月大小，並想及兩弦時，太陽與地球對於太陰成直角，故若測定日月視角距，則解直角三角形得知日月之相對距離，但結果全歸失敗；蓋因何時恰為兩弦，不能正確決定之故。氏相信地球公轉，謂太陽距離必不在太陰二〇倍以上(實際四〇〇倍)；對於宇宙智識，當然亦甚深奧。其後埃拉托斯塞尼斯(Eratosthenes)以適當之環，示黃道赤道，作渾天儀，是為模示天球之儀器，用以測定恆星位置，黃道交角，春分點位置等。又信地球為球形，並欲測定其直徑；夏至正午亞歷山大府地方，太陽在鉛垂線南 $1/50$ 圓周，而塞伊尼(Syene)則於深井之底毫不見影，即太陽正位於頭上，由此遂得結論謂地球全周為兩地距離之五〇倍。氏謂兩地間之距離為五〇〇〇斯(Stadia)。斯之單位若干不甚明瞭，但據相傳之值，一斯等於一五七米，則埃氏所測定之值，頗為正確。

11 依巴谷 希臘地處東地中海之一小半島，南自埃及，東自卡爾提河(Chaldea)，均有古代文化傳入之；而希臘民族之天才立即同化之，而為更新之發展。其中成一時期之偉大天文家當推依巴谷(Hipparchus)。氏之活動時代，在紀元前一五〇年與一二五年之間；以觀測事實為基礎，建成古代天文學之大功。測定太陽年，恆星年，與月等周期之長度；求五行星即水星，金星，火星，木星及土星等之會合周期(Synodic period)；定黃赤交角，白道，太陽遠地點，太陽軌道偏心率，太陰地平視差等。觀測太陰運行而發見出差(Evection of the moon)，觀測一〇八〇個恆星位置而作恆星表，以自身之觀測與一五〇年前德謨額利圖之觀測相比較，遂發見春分點之移動即歲差(Precession)之現象。氏謂歲差常數比 $36''$ 大(實際 $50''.26$)，但不能說明其現象。然歲差之發見，誠為永久不滅之功績。氏又創球面三角法，以經度及緯度定地球上之位罫。

依巴谷定希臘天文學將來應行之道，其功誠非鮮少。幼多克薩斯所創之同心球說，其後經卡利巴斯(Callippus)亞理斯多德等之修正，至阿波羅尼阿斯(Apollonius)遂變為本輪學說。由是以地球為宇宙之中心而靜止不動，太陽及其他天體皆以圓軌道公轉於地球之周圍。恆星附於一天球上，日月運行於一圓周上，其他天體皆