

A $\frac{10}{343}$

ПОСЕБНА ИЗДАЊА

343

1960

№ 490

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ПОСЕБНА ИЗДАЊА

КЊИГА CDXC

ОДЕЉЕЊЕ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИХ НАУКА

КЊИГА 45

ВОЈИСЛАВ В. МИШКОВИЋ

ХИПАРХ

БЕОГРАД

1976

ВОЈИСЛАВ В. МИШКОВИЋ

ХИПАРХ

ACADEMIE SERBE DES SCIENCES ET DES ARTS

MONOGRAPHIES

TOME CDXC

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

TOME 45

VOJISLAV V. MIŠKOVIĆ

HIPPARQUE

Présenté à la IV séance de la Classe des Sciences mathématiques et naturelles
du 25. IV 1975, par l'auteur lui-même.

R é d a c t e u r

TATOMIR P. ANDJELIĆ

Membre de l'Académie

B E O G R A D

1 9 7 6

Л 490

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ПОСЕБНА ИЗДАЊА

КЊИГА CDXC

ОДЕЉЕЊЕ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИХ НАУКА

КЊИГА 45

ВОЈИСЛАВ В. МИШКОВИЋ

ХИПАРХ

Примљено на IV скупу Одељења природно-математичких наука, 25. IV 1975. године,
по приказу самог аутора.

У р е д н и к

академик ТАТОМИР П. АНЂЕЛИЋ

Б Е О Г Р А Д

1 9 7 6

Лектор: Милија Станић

Издаје Српска академија наука и
уметности / Тираж: 1000 примерака

Штампа и техничка опрема: „Научно дело“,
Београд, Вука Караџића 5 / Штампање
завршено фебруара 1976. године

Мил. др. 460368



САДРЖАЈ

Предговор	IX
Хипарх — Уводна реч	1
Предхипарховски период	4
Хипархов живот и рад	17
Инструменти из претхипархова и Хипархова времена	29
Постхипарховски период	42
Résumé	55

ПРЕДГОВОР

О људима од науке из времена пре наше ере, — при овоме мислим на Талеса, Питагору, Аристотела, Архимеда — а специјално о астрономима, па и оним најзаслужнијима, као што су били Самошанин Аристарх, Ератостен, Хипарх, Птолемеј — није у нашој литератури много писано. Сем онога што налазимо у ретким историјама филозофије, или појединих наука, нећемо о њима готово ништа више наћи. Значи, ни заслуге тих људи нису истицане, ни сви њихови доприноси набрајани, нити им улоге приказиване и одмераване. А уколико је тако нешто и чињено, махом је понављано оно што су страни извори већ о њима казали, или открили.

Додуше, ни ми овде се нећемо у тако нешто упуштати. Изабрали смо једног, најзаслужнијег међу јелинским астрономима, најистакнутијег из тог периода, за науку коју је заступао, Хипарха, који се од својих и претходника и следбеника издваја и бројем дела која је написао, и по значају својих проналазака, а поглавито, по разноликости тема којима се бавио, које је обрађивао. Њему сам посветио овај рад.

Колико је мени познато, код нас је о Хипарху, као астроному, писао само проф. М и л а н к о в и ћ, у својој „Историји астрономске науке, од њених првих почетака до 1727“, у ствари до Њутнове смрти. Хипарху је аутор у својој књизи посветио, укупно, 84 реда; нешто више од стране и по (а заслужио је Хипарх, свакако, више!). И на тој страни и по поменути су једино два Хипархова већа доприноса: увођење ексцентричног годишњег кретања Сунчева и откриће појаве прецесије равнодневица. При овоме је додао како би била „учињена неправда, када би се сва слава за проналазак померања екваторских тачака доделила, у целини, само Хипарху“! Неке је, опет, Хипархове доприносе само додирнуо: нпр. ауторство дванаест књига са вредностима тетива и њихових централних углова; или две књиге о израчунавању паралаксе. А неки нису ни поменути: нпр. Хипархово сачувано дело о сазвезђима; или увођење класе привидних величина некретница; спис о Ератостену, или о Хипарху као географу! За неке од проналазака је аутор ове „Историје астрономије“ чак одрицао искључиво Хипархово ауторство (проналазак прецесије)!

А неизбежно ће читаоцу пасти у очи чињеница да проф. Миланковић, у својој Историји, сматра и квалификује, без резерве, Хипарха као „практичног александријског астронома”. Шта више, наводи и годину Хипархова посматрања са александријске опсерваторије. Док други сматрају, можда и већина историчара, да Хипарх није уопште био у Александрији. А свакако ће читаоца и то бунити што Хипарха Миланковић сматра „практичним астрономом”. Ово, по свој прилици, једино, зато што се Хипарх није упуштао у спекулације о конструисању система света (као неки од Питагориних ученика, рецимо Хераклид; или Аристарх са Самоса, или Птолемеј). А друго, можда и зато, што је астрономску науку обогатио низом корисних основних појмова, на које астрономи његова доба ни мислили нису.

По ономе што је написао судећи, Хипарх је био, у сваком случају, прави астроном. Као таква ћу га, у овом раду, и покушати да прикажем. Њега, додуше, својатају и географи, јер је увео неке основне појмове који су за географе од основног значаја: као географска дужина и географска ширина (у оно доба звана „климом”), координата за одређивање положаја тачака и места на Земљиној површини. Ово га је навело и да уведе почетни меридијан. За израду географских карата пронашао је стереографску пројекцију. Уосталом, не треба се чудити што су га савременици називали „оцем праве географије”.

Што сам, између свих јелинских астронома, баш Хипарха изабрао, да на њега скренем пажњу читаоца и да његов значај за астрономију истакнем, три разлога су ме руководила. Први је што у нашој литератури не постоји уопште студија, којом би Хипарх, као астроном, био приказан, како он то стварно заслужује, како су му савременици то признавали, како се и следбеници на њега позивају, и како га и данас огромна већина страних астронома и историчара астрономије цене. Неке од ових ћу и споменути.

Нпр., Е. Zipper сматра и каже за Хипарха „... der grösste griechische Sternforscher...” А R. Wolf, у својој „Geschichte der Astronomie”, каже за Хипарха „Dieser unvergleichliche Mann, welchen man... als den eigentlichen Schöpfer der wissenschaftlichen Astronomie zu betrachten hat...” Или, познати француски историчар астрономије, баш тог старог доба, који уме и врло строг да буде, J. B. Dalmberg за Хипарха каже „... on trouve dans Hipparque un des hommes les plus étonnants de l'antiquité.” А F. Boquet, Француз, писац познате „Histoire de l'Astronomie”, који до заједљивости уме, такође, да буде оштар критичар, назива Хипарха „... Le véritable fondateur de la science du ciel, qui sut engager l'Astronomie dans la vraie voie...” Или, да наведем још и мишљење француског астронома и познаваоца јелинске астрономије (кога је проф. Миланковић уврстио у свој „Списак научних дела о историји астрономије”). G. Bigourdan,

писца дела „L'Astronomie. Evolution des Idées et des Méthodes” „... Le plus grand astronome de l'antiquité tout entière et peut être de tous les temps...” Остале нећу наводити.

Други је разлог, што сам Хипарха издвојио и изабрао, да о њему као астроному кажем што сматрам за потребно, то што од не давна постоји у литератури и друкчије мишљење од ових што сам навео. Доиста, у новије доба се појавила студија француског неоспорног познаваоца старе јелинске културе, П. Т а н р и ј а (Р. Таппегу), који за Хипарха каже, у својој студији, „... да му (мисли на Хипарха) неће бити нанесена увреда, ако се покуша да се сведе на нешто човечанскије размере...” Пет страна даље додаје „... On considère d'habitude l'illustre Bithynien comme un génie absolument hors de pair; il aurait lui seul ouvert les voies nouvelles; il aurait tout créé et alors qu'avant lui rien, pour ainsi dire, n'aurait été fait...”¹ Где је ово Т а н р и нашао? И кога је он то циљао, није ми познато!

Познаваоцу ствари неће, међутим, промаћи непримећено да Т а н р и при том нити помиње, нити набраја, главне Хипархове доприносе. Не наводи ниједно Хипархово писано дело, које његови савременици, нпр. Птолемеј, толико пута спомињу. А нити се примећује, нити Т а н р и изричито то негде каже, да ли Хипархове доприносе не наводи што му их не признаје, што сматра да су те ствари биле и пре Хипарха познате, одн. бар наслућиване, или их из неког трећег разлога не спомиње.

Трећи разлог који је ова студија имала пред очима, дакле, циљ који је желела да оствари, јер ни код једног од консултованих историчара јелинске астрономије нисам га нашао остварен, био је: преглед свих Хипархових дела које, међутим, спомињу други астрономи, да су се њима служили. При томе не смем тврдити, нити тврдим, да је овај преглед, који ова студија доноси, потпун, нити да је хронолошки тачан. Трудио сам се да буде што приближнији тачном. Да ли сам, и колико, то постигао, остаје једино да будућност то открије.

¹ „... Сматра се обично чувени Битињанин као геније апсолутно без премца; да је сам отворио нове путеве; да је сам створио све и да пре њега, тако рећи, ништа није било урађено...”

Х И П А Р Х

— 190? до 125?

Што је за астрономију свога доба урадио, толико је огромно, да је тешко скоро и поверовати да је један човек у стању да толико уради.

УВОДНА РЕЧ

Наука о васиони, њеним телима и збивањима у њој, астрономија, ницала је и никла из посматрања. Дневна и годишња Сунчева кретања, нечујно обртање небеског свода, правилна смена дана и ноћи били су догађаји који су морали привући, и привлачили су, одувек пажњу примитивног човека. А он је — да ли из страхопоштовања због своје немоћи пред тим збивањима, или из пуне радозналости које му је њихова неминовност уливала; да ли услед неумитности тих догађаја, или правилности која је доминирала свеколиким животом на Земљи — у то прво време, могао једино да то помно прати, то вечито смењивање појава, које су и како наилазиле, савесно бележи; приближне податке проучава, по њима и у њима трага за несумњивим правилностима и скривеним законитостима; и покушава тако да дође до првих сазнања, о свему што му може бити од користи.

Тако су, вековима, кинески дворски астролози и астрономи, па халдејски мази, за њима вавилонски врач и египатски свештеници, у почетку само пратећи кретања и путање васионских тела, мотрећи повратке упадљивих призора, као Сунчевих и Месечевих помрачења, наиласке видљивих комета, искрсавање болида и појаве метеорских ројева, изграђивали постепено своје знање и долазили до сазнања — изгледа у првом реду — о времену; и навикли њиме да се користе, што су уосталом и доказали — увођењем календара.

У томе је, углавном, протекао тај први, најранији, тај митолошко-астролошко-астрономски период науке о васиони и збивањима у њој. Тековине и проналасци овог периода, махом познатих аутора, прелазили, су временом у наслеђе потоњих нараштаја, суседних на-

рода, и богатили ризницу знања и посматрања. За овима је наишао нараштај од којег је понешто и сачувано од онога што је постигао; зна се чак и ко је понеки допринос остварио. Кажем, само понеки. То је нараштај јелинских астронома; на њима ћемо се, у овом раду, задржати.

Шта су од претходних нараштаја они наследили, а шта сами урадили и пронашли, то неће увек бити лако одлучити и пресудити, нити ћемо се ми у то увек упуштати. Извесно је само да јелински астрономи нису толико били опсерватори, нити сматрали да астрономи треба само посматрањима да се баве. Њихове генерације људи од науке — почев од Талеса и Питагоре, па преко Платона, Аристотела, Еуклида, Аристарха до Аполонија — огледали су радије снагу свога духа у покушајима и настојањима да, на темељима наслеђених емпиријских тековина, конструишу системе који би посматране појаве објашњавали, кретања небеских тела, са њиховим неправилностима и ћудљивостима, представљали.



Сл. 1. Хипарх

Први опсерватор, највећи астроном старог века, а могло би се рећи први прави оснивач науке о васиони, који је умео „астрономију правим путем да упути“, био је Хипарх (сл. 1). Његови доприноси се не могу данас прихватити; нити му се сви резултати до којих је дошао истичу неком тачношћу; зна се и да није умео да одбаци погрешно геоцентрично схватање система света, али му се и поред свега мора признати да је био највећи, најзаслужнији јелински астроном.

Не зна се, међутим, ни где се и кад родио, а ни кад је умро. Могло је бити утврђено, и то на основи посматрања која је и кад обавио, да је живео између година 161. и 125. пре н. е. Верује се да је пореклом из Никеје, у Битинији, а, можда, и са острва Родоса. У сваком случају, посматрања је скоро сва са Родоса обавио. То од Птолемеј знамо, јер је он и једини извор о Хипарху и његовој делатности.

Да ли је Хипарх повремено и у Александрији посматрао, поуздано се не зна. По Г. Бигурдану (G. Bigourdan) изгледало би утврђено да Хипарх никад из Александрије није посматрао. За Деламбра (Delambre) то нема значаја. Вероватно, међутим, изгледа да је сва своја посматрања обављао са острва Родоса, које је, у оно време, припадало египатској држави.

Да би Хипархово место и улога могла правилно бити оцењени, биће потребно да се претходно осврнемо на оно што је пре и до њега урађено и постигнуто у областима које је он обрађивао. Ово ће нас приморати да споменемо већи број његових претходника, јер је — као што ћемо видети — Хипарх обрађивао приличан низ астрономских области. Мораћемо овако поступити и са разлога што је од Хипархових списа до нас дошло свега један, и то један од првих, тако рећи најмање значајних. Другим речима, све што се о Хипарху и његову раду зна, заснива се на сведочанству његових савременика, на наводима каснијих писаца, или историчара. А најпотпунији је извор Птолемејев Алмагест.

Али постоји још један разлог, који сам у „Предговору“ већ поменуо, постоји суд, који је заступао један од несумњивих познавалаца старе јелинске науке, специјално астрономије, француски историчар егзактних наука, П. Т а н р и (P. Tannery). У својој студији, у одељку о Хипарху, његовим радовима и доприносима, уопште, он дословно каже: „Обично се славни Битињанин сматра као ненадмашни геније; као да је он сам нове путеве отворио; као да је из његове главе наука потекла; ... да је он све створио: и методе, и инструменте; и као да, пре њега, тако рећи, ништа није било урађено, а иза њега једва нешто остало да буде довршено...”

Па додаје: „Значај његове улоге је, у сваком случају, довољно велик, да му неће бити нанесена увреда, ако се покуша да се он сведе на нешто човечанскије размере. Њега, неоспорно, карактеришу битне особине астронома; он је био колико способан, ревносан посматрач и искусан калкулатор, толико и обдарен неопходном проницљивошћу за капитална открића и оштроумношћу, дораслом да нова сазнања повеже у чврсто изграђен систем. А да ли је у толиком степену био и математички геније, у то би се — изгледа — смело и посумњати”.

И овако завршава: „Ако покушамо да утврдимо оне основне идеје које је он поставио, које, у односу према ранијим покушајима, јасно карактеришу науку којој је он ударио темеље, то би се могло свести на:

1. проналазак тригонометрије, то јест рачунских поступака неопходних да би се унела довољна тачност у теоријска излагања;
2. прикупљање посматрачког материјала који је омогућио да се, са одговарајућим степеном тачности, дође до емпиријских података, који су служили и као полазне тачке даљих рачуна и као контрола теоријских резултата;
3. критичко искоришћавање давних посматрања у свим случајевима кад се непоузданости које она у себи носе могу занемарити, у односу према каснијим посматрањима изведеним савременијим средствима;
4. систематско излагања хипотеза о епициклима и ексцентрима за представљање небеских кретања.”

Очигледно Танријев суд о Хипарху, његовој појави, његовом доприносу, улози, значају за астрономију, и онога доба и уопште, толико се разликује од општег мишљења, да се морам на њему задржати; да морам о њему нешто рећи.

Пре свега није јасно на кога је Танри мислио кад о Хипарху каже: „... као да је из његове главе наука потекла... као да је он све створио... и као да пре њега, тако рећи, ништа није било урађено...!“ Овако нешто — колико се ја сећам — нико још о Хипарху није рекао!

Одмах иза тога, међутим, Танри изјављује да Хипарха „карактеришу битне особине астронома; да је био колико способан, ревносан посматрач и искусан калкулатор, толико и обдарен неопходном проицљивошћу за капитална открића...“ А ово је, међутим, неоспорна основа за оно опште мишљење о Хипарху, које се и у овом раду заступа.

Што се тиче основне идеје коју је Хипарх поставио... „која јасно карактерише науку којој је он ударио темеље...“ Танри је више него нејасан. Осим првог и четвртог закључка, који нешто казују, други и трећи баш ништа не казују. Читалац обавезно долази на идеју, односно питање, зашто Танри, место ставова 2. и 3, није једноставно набројао бар наслове Хипархових дела, која је успео да напише. Она најречитије сведоче да је Хипарх подједнако обрађивао готово све проблеме тадање астрономије.

Читаоцу неће, свакако, бити лако да разуме како да Танри и не спомиње, нпр. Хипархов каталог звезда! Нити да у њ уводи класе привидних величина некретница, које су се и до наших дана одржале. А овим доприносима је Хипарх свакако доказао да је прави астроном, да он осећа потребе посматрача; да му се ови проналасци не могу оспорити, нити преко њих ћутке прећи.

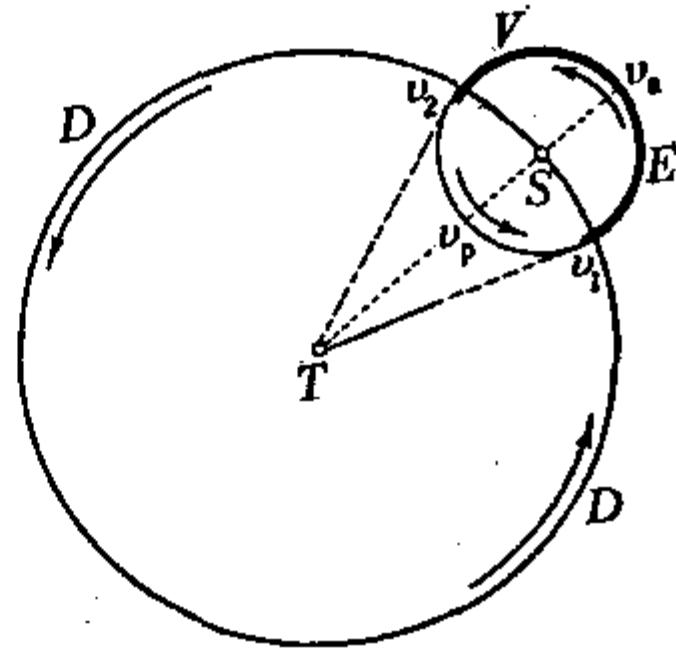
Недвосмислено Танри одступа од општег гледишта о значају и проналасцима Хипарховим, у тврђењу да стереографску пројекцију није Хипарх, већ Аполоније Пергејац пронашао. Ко ме читалац да верује? Пита F. Voquet. Географи XVIII века, који признају особине стереографске пројекције, проналазак, одлучно, Хипарху приписују. Шта више тврде да јој је својства применио на планисферски астролаб (солстицијску армилу). Танри, међутим, сматра да проналасци и стереографске пројекције и планисферске армиле припадају Аполонију Пергејском.

ПРЕТХИПАРХОВСКИ ПЕРИОД

Као што рекох у Уводној речи, задржаћу се да се осврнемо и претходно погледамо шта је све пре, и до Хипарха, урађено у областима које је обрађивао. При томе ћемо се зауставити само на оним

од његових претходника о којима се поуздано зна да су, својим доприносима, било Хипарху само помогли, било омогућили да дође до неког значајнијег резултата, било остварили неко крупније астрономско откриће.

Хераклид Понтијац (звани Пападоксолог) живео је и радио од —388 до —310 (?). Историчари сматрају да је први дошао на идеју да начин Венерина кретања, какав са Земље посматрамо и видимо, представи претпостављајући да, док Сунце, S , (в. сл. 2) описује, за годину дана, једнаком брзином, у директном смеру (од запада ка истоку), кружну путању, D , око непокретне Земље, T , у средишту, Венера, V , описује око Сунца, једнаком брзином у истом смеру, мању кружну линију, E , звану епицикл, у временом размаку једнаком Венериној синодичкој револуцији.



Сл. 2.

Овако замишљен начин планетина кретања, како се са сл. 2. види, квантитативно репродукује особености Венерина кретања. Видимо да се планета, на делу путање $v_1 v_2 v_3$ креће, у односу према некретницама, у директном, а на делу $v_2 v_3 v_4$ у ретроградном смеру. Друго, њене угловне даљине од Сунца, посматране са Земље, не премашају са западне стране (на јутарњем небу, дакле кад планета излази пре Сунца) вредност $\sphericalangle v_1 TS$, а са источне стране (на вечерњем небу, кад планета залази после Сунца) вредност $\sphericalangle STv_2$. Треће, да се Венера налази у положају v_3 на својој највећој, а у положају v_4 на својој најмањој даљини од Земље. Овим се, у исти мах, објашњавају и посматране промене у Венерином привидном сјају у току њена кретања.

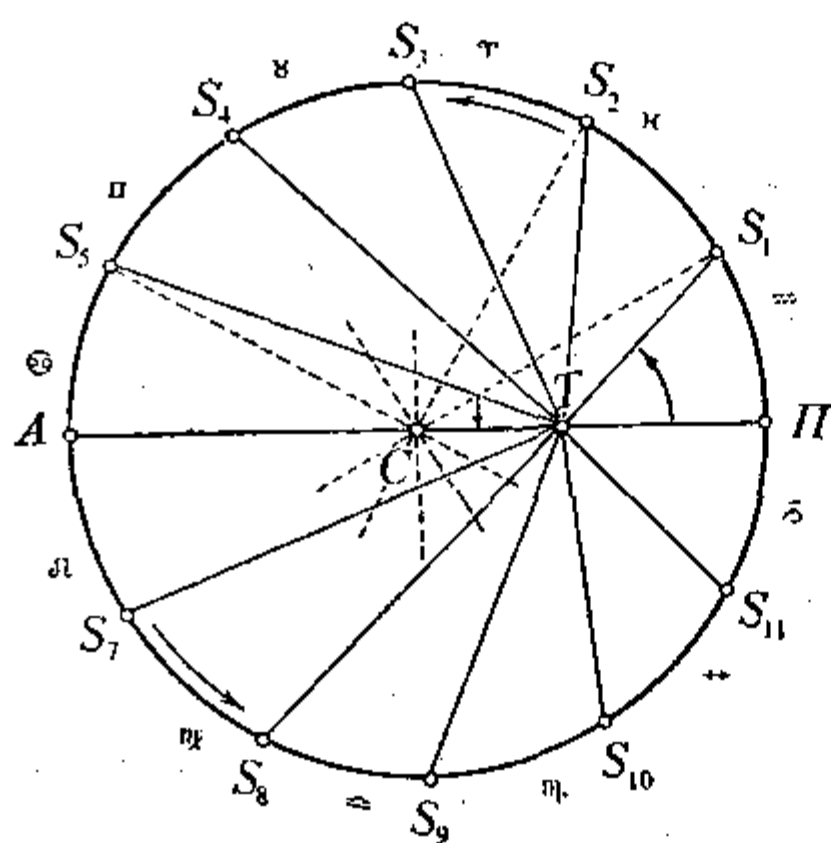
За овакво објашњење особености Венерина кретања, у ствари за увођење епицикличног кретања, заслуга би припала, како већ рекох — Хераклиду Понтијцу. Ипак, при томе, остаје прилично загонетно то што се не каже нигде да објашњење вреди и за кретање друге унутрашње планете, Меркур.

Но да се и прихвати гледиште према којем би се ово разумело само по себи, остаје да се одговори на питање: је ли Хераклид, или неки од његових ученика, долазио на идеју да изложеној теорији (Венерина и Меркурова) кретања, дакле епициклично кретање, протегне и на три спољашње планете (Марс, Јупитер и Сатурн), колико је у оно време било познато. Питање се може утолико пре поставити што се теорија Венерина кретања, и унутрашњих планета уопште, не може непосредно применити на спољашње планете. Не може, јер су епицикли што их описују унутрашње планете око Сунца релативно

мали кругови, и цели ситуирани с једне стране Земље, док кругови што их спољашње планете описују обухватају Земљу. Толико се само поуздано може да каже о пореклу епицикличног кретања, као начина за представљање и објашњење посматраних појединости планетског кретања.

Да ли је Хераклид био, и до које мере, доиста покретач, било инспиратор, или, можда, само поборник хелицентричног система, о томе не постоји ни довољно, ни довољно сигурних, података. Но да и претпоставимо да је Хераклид прихватио хелицентрични систем света, пада у очи да је — као, уосталом, и Аристарх — оставио необјашњене две посматране појаве: промене Сунчевог привидног пречника и неједнака трајања годишњих доба. Ова неједнакост позната је јелинским астрономима још од Талеса. И прихватљиво изгледа да су настојали да за ту неједнакост нађу објашњења могла, чак и морала, довести до увођења ексцентричног кретања Сунца око Земље.

Јер, ако се и стане на геоцентрично гледиште — да се небеска тела, а понаособ Сунце у току године, крећу свако по својој кружној



Сл. 3.

путањи, са непроменљивом угловном брзином (в. сл. 3; $\sphericalangle PCS_1 = \sphericalangle S_1CS_2 = \sphericalangle S_2CS_3 = \sphericalangle S_3CS_4 = \dots$) — онда се чињеница (изведена из посматрања) да Сунчева угловна брзина не остаје непромењена ($\sphericalangle TS_1 > \sphericalangle S_1TS_2 > \sphericalangle S_2TS_3 > \dots > \sphericalangle S_5TA$; в. сл. 3.) у току године може објаснити једино претпоставком да ми то кретање не посматрамо из средишта, С, (в. сл. 3.) круга којим се Сунце креће. Због тога нам исти лук Сунчеве годишње путање изгледа већи кад је ближе, а мањи уколико је од Земље даље. Како, опет, Сунце те лукове прелази за исто време, његова брзина ће изгледати мања што је оно даље од Земље, а већа што је Земљи ближе; најмања ће изгле-

дати у апогеју, кад је Сунце најдаље од Земље (у положају, А, в. сл. 3.), највећа кад је Сунце у перигеју (најближе Земљи, Т, у положају П). У првом случају је и привидни пречник Сунчевог кружног кретања најмањи, а у другом случају највећи.

Од —330(?) до —275(?) живео је и радио, у Александрији, Еуклид славни јелински геометар. Он се астрономијом није бавио. Спомињем га овде због његовог списа „Појаве“ (Phenomena). У њему налазимо, по први пут, на назив „меридијан“. Занимљиво је да Еуклид „зенит“ зове „полом хоризонта“. У том спису налазимо, између осталих, и на оваква два става:

„I. Земља је средиште света, она је као његово средиште;

II. Сваки круг што кроз полове пролази (другим речима небески меридијан) два пута ће, у току једног обрта света (неба), бити нормалан на хоризонту. Зодијак (еклиптика) ће двапут бити нормалан на меридијану, но никад на хоризонту док се пол хоризонта (зенит) налази између арктика (поларног круга) и летњег обратника”.

Од Еуклидових дела сачувана је и његова „Оптика и Катоптрика”. У њој налазимо, поред осталих, на ставове, као: „Светлост се простира у правој линији”. А нешто ниже, на став: „Издубљена огледала окренута Сунцу изазивају пожар”. А, нешто даље: „Круг гледан у правцу његова руба изгледа као права линија; гледан искоса изгледа спљоштен”. Еуклид се, дакле, не служи називом „елипса”. Висину обасјаног предмета (стуба, нпр.) он одређује из дужине његове сенке, сам начин на који ово постиже сведочи да му сферна тригонометрија није позната.

Тимохарис и Аристил Самошанин (—320 (?) до —230 (?) били су први јелински астрономи — посматрачи са александријске опсерваторије. Међутим не зна се поуздано да ли су заједно радили — као што се обично мисли — или је Аристил (за кога се верује да је живео око 230. г. пре н. е.) наставио Тимохарисова посматрања. Из списка потоњих аутора сазнаје се да су од посматрања ових астронома сачувана, из времена —295. до —269, одређивања неколиких солстиција, која су доцније била и искоришћена, и више окултација некретница од стране Месеца. Као врло корисна међу овима су се показала посматрања из —283. године, привидног додира Месеца — за време његова помрачења — и некретнице Спике, најсјајније звезде у сазвежђу Девике; као и привидног додира планете Венере и једне некретнице. Прво од ових посматрања допринело је, сто педесет година доцније, откривању појаве прецесије. Додајмо да су ова посматрања била, вероватно, обављена голим оком.

Највише цењен и, стварно, најзначајнији допринос ових астронома представља њихов попис посматраних положаја, то јест координата, извесног броја (око двадесетак) некретница. Био је први те врсте попис у историји астрономије. Није, додуше, могло бити утврђено којим су инструментом вршена ова посматрања (R. Wolf сматра да су посматрања вршена екваторском армиллом), ни које су координате мерене: да ли еклиптичке или екваторске (E. Zinner је мишљења да су посматране биле кулминације, па из ових извођене деклинације некретница). Видећемо да су, сто педесет година доцније, координате некретница овог пописа одиграле пресудну улогу у откривању појаве прецесије еквиноција.

Аристарх са Самоса (—300 (?) до —230 (?)). О животу овог генијалног јелинског астронома не зна се поуздано ништа. Од његових посматрачких радова сачувана је, у Птолемејеву Алмагесту, свега једно одређивање летњег солстиција, из —281. или —280, које је, сто

педесет година доцније Хипарх искористио при одређивању трајања тропске године.

Није сачувано ни Аристархово главно дело, којим се он прославио и које му је овековечило име; дело, у којем су, први пут у историји астрономије, били изложени основни његови ставови хелиоцентричног система света, који ће наука тек осамнаест векова касније прихватити. Да је, у том делу, Аристарх још био додао да, сем Земље, и остале планете опусују своје путање око Сунца, он би Коперникову улогу био одиграо читавих четрнаест векова раније.



Сл. 4. Архимед

Обраћајући се краљу Гелону, Архимед каже у свом спису (из времена око —230. г. пре н. е.), „Рачун с пешчаним зрнцима“ (*ψαμίθης*), о Аристархову хелиоцентричном систему, како већина астронома: „васионом зове сферу са средиштем у средишту Земље, а полупречника једнака правој повученој од средишта Сунчева до средишта земљина. То је оно уобичајено учење које си од астронома слушао. Аристарх је објавио, међутим, књигу, која садржи извесне хипотезе, и у њој он изводи закључак да је свет знатно већи од поменутог „васионе“.

Његове су хипотезе да некретнице и Сунце остају непокретни, а да Земља обилази око Сунца по кружној путањи у чијем се сре-

дишту налази Сунце; да је сфера некретница, која за средиште има такође Сунце, толико велика да се путања којом се — како се претпоставља — креће Земља, односи према даљини некретница као што се средиште сфере односи према њеној површини. Тако није тешко видети да је ово немогуће; јер, како средиште сфере нема димензије, не можемо ни замислити да може у било каквом односу стајати са површином сфере...

Из овог Архимедова кратког навода видимо да би основни ставови Аристархова хелиоцентричног система света били:

да се Земља креће око Сунца по кружној путањи;

да је Сунце, које се налази у средишту сфере некретница, такође непокретно;

да је однос полупречника сфере некретница према полупречнику Земљине путање бесконачно велик.

Међу овим хипотезама не помиње се Земљино дневно обртање. Али налазимо код Симплицијуса (*Simplicius*), у његовим „Соптеп-

tarii in Aristotelis libros de Coelo, l. II, s. VII", где стоји: „... као Хераклид Понтијац, и Аристарх верује да ће моћи спасти појаве (објаснити оно што се види) на тај начин што ће небо и звезде узети да су непокретни, а о Земљи претпоставити да се обрће од запада ка истоку око екваторских полова, и то тако да у току дана начини отприлике цео обрт. Додао је реч „отприлике” — наставља Симплицијус — због Сунчевог сопственог (годишњег) кретања, око, приближно, једног степена на дан”.

По свему изгледа да је Аристарх цртежима објашњавао предности свог система света, како се то закључује из Архимедових и Плутархових саопштења. Међутим њих је — тврди се — један од Аристархових присталица, Вавилонац Селеук, из Селеукије, и доказао. Али се нигде не каже у чему су се ти докази састојали.

Истаћи треба да Аристарх своје ставове не сматра као стварне. За њега су то само хипотезе, којима могу да се „спасу појаве”, то јест објасне појаве које се посматрају. Пада у очи и то да се у Аристарховим ставовима не помињу ни кретања осталих планета; нити се спомињу неправилности које су опажене у кретањима Сунца и Месеца.

Аристарха и његово учење помиње и Плутарх, у свом познатом спису „De facie in orbe Lunae”. Одатле и сазнајемо како је јелински филозоф, Клеант, повео био акцију: „да се против Аристарха подигне тужба због безверја, што је покренуо средиште васионе, ослоњивши се на посматране појаве, претпостављајући да је небески свод непокретан, а да се Земља креће, по нагнутој кружној путањи дуж Зодијака, обрћући се једновремено око сопствене осе”.

С друге стране се о Клеанту зна да је —246. г. наследио Зенона на положају управника Атиноке школе стоичара, и да је умро око —232. г. Отуда се закључује да је Аристархово главно дело, које је — како изгледа — носило наслов „Хипотезе”, морало у том размаку угледати свет.

Од Аристархових дела сачуван је, скоро у целини, једино спис „О димензијама и даљинама Сунца и Месеца”. То је кратак спис, који се састоји од осамнаест ставова („пропозиција”), са геометријским доказима, које писац изводи из шест претпоставака („хипотеза”), којима почиње спис. Оне гласе:

1. Месец добива светлост од Сунца. (Став тачан, али познат и пре Аристарха).

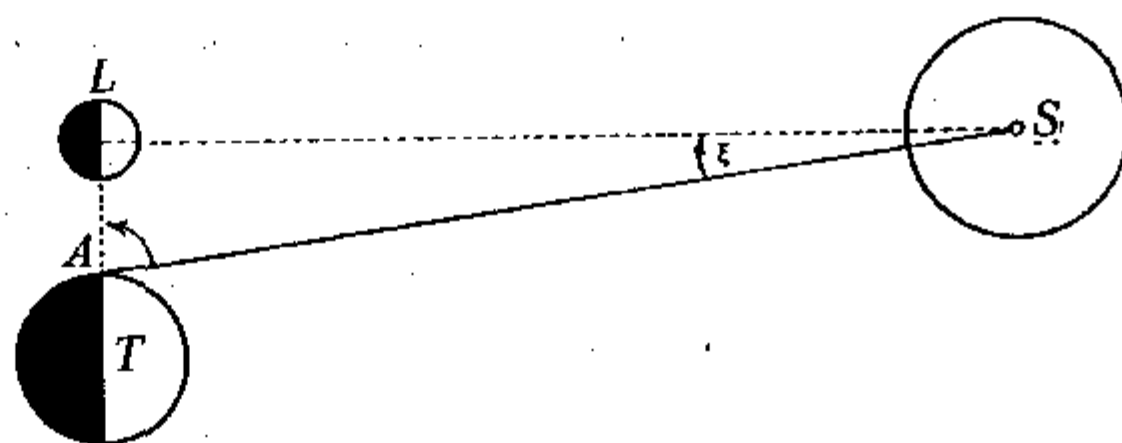
2. Земља се своди на тачку у односу према Месечевој сфери (подразумева се путањи). (Став није тачан, јер Земљин пречник није занемарљив према Месечевој даљини од Земље. Пречник износи око тридесетину даљине Земља-Месец).

3. У тренуцима прве и последње четврти (дихотомија) посматрач се налази у равни Месечевог круга што дели обасјани од његова тамног дела (дихотомија. став тачан).

4. У тренутку дихотомије (в. сл. 5) угловна даљина Месечева од Сунца (на слици угао код А) мања је од правога угла (90°), за тридесе-

тину квадранта. Другим речима $\varepsilon \equiv 90^\circ - \frac{1}{30} 90^\circ \equiv 90^\circ - 3^\circ \equiv 87^\circ$

Како је Аристарх дошао до ове вредности, прилично далеко од стварне вредности тога угла, није познато. Стварно је она за свега $10'$ мања од квадранта, а не за $3^\circ = 180'$, како је Аристарх то нашао.



Сл. 5.

5. Ширина Земљине сенке на Месечевој даљини износи два Месечева пречника (у ствари износи $2\frac{3}{4}$ Земљина пречника).

6. Месец покрива петнаестину Зодијакова знака ($\frac{1}{15} \times 30^\circ \approx 2^\circ$).

(Очигледно став није тачан, јер Месечев привидни пречник износи свега око $31'$). Накнадно је тек — тврди Архимед — нашао Аристарх, да Сунчев привидни пречник износи око $1/720$ -ти део Зодијакова знака, то јест око пола степена, што је, очигледно, тачнија вредност од првобитне. Према томе, она вреди и за Месечев привидни пречник, јер на више места, у свом спису, Аристарх третира привидне пречнике Сунца и Месеца као скоро једнаке.

Са онако нетачном полазном вредношћу за угао (в. став 4), ни резултат који је Аристарх добио, није могао бити тачан. За даљину Сунца од Земље Аристарх је нашао да мора бити већа од 18, а мања од 20, дакле, у средњу руку 19 Месечевих даљина од Земље (а стварно је 329 пута већа). Добивена даљина је, свакако, далеко од онога што она треба да буде.

Што се тиче самих „хипотеза“ од којих је Аристарх полазио, сем друге — која му је, по свој прилици, била потребна само да поједностави каснија своја расуђивања — осталих пет су, делом, резултати непосредних посматрања, делом, биле познате чињенице. Три од тих пет — прву, трећу и четврту — прихватиће касније и Хипарх и Птоlemeј, док остале неће.

Значај Аристархова списка је — поред свих слабих страна, нетачних резултата у њему и његових неприхватљивих закључака — неоспорно велик. Он представља, пре свега, драгоцену и веродостојно сведочанство о стању егзактних наука, уопште, а астрономске науке, у оно време, напосе. Затим, показује и шта је астрономска посматра-

чка техника била, у његово време, у стању да пружи. Уз то илу-струје степен езгактности методике овог еминентног јелинског астро-нома. А највећи значај списа је, свакако, у чињеници што омогућује да се правилно одмере ауторове заслуге у томе што је, први, дошао на идеју да покуша да премери димензије коомоса; што је пронашао оригиналну и тачну методу; и што је, први, ту методу и искористио да оцени величине и премери даљине најближих небеских тела.

Аристархов је проналазак и да ће се Сунце, Месец и пет великих планета вратити у исти релативни положај после 2484 године; и на-звао је тај период „великом годином“ (но овај му проналазак не служи на част!).

Архимед, један од највећих умова човечанства, живео је и радио од —287. до —212 г. (в. сл. 4. на стр. 8). Астрономијом се није бавио, пити је решио и један астрономски проблем, али је додиривао неко-лико питања, којима се и Хипарх бавио.

Архимед је, први, успео да реши приближну ректификацију круга, то јест да да методу за израчунавање граничних вредности $(3\frac{1}{7} > \pi > 3\frac{10}{71})$ обима према пречнику круга. Тако је Хипарх могао успети да израчуна таблицу тетива.

Архимеду дугујемо, осим тога, и за став према којем се повр-шина елипсе према површини описаног јој круга односи као мала према великој оси те елипсе; став који је двадесет векова касније послужио као теоријска основа Кеплеровим законима.

Хипарху је Архимедов начин послужио за одређивање величине Сунчева привидног пречника. Тај начин је, стварно, водио двема граничним вредностима за Сунчев привидни пречник. Мерење је обављено инструментом сопствене конструкције, врло примитивне, у ствари; што објашњава и малу тачност резултата.

Ератостен. У размаку од —276 (?) до —195 (?) г. живео је и радио велики јелински ерудита, управник чувене александријске библиотеке и заслужни астроном, Кирењанин, Ератостен. Своје прво образовање је добио у Александрији, а затим у Атини. Око —235, на позив Пто-лемеја III Евергета, враћа се у Александрију, где постаје управник библиотеке, што ће остати до краја живота.

Написао је више дела од којих су сачувани, у записима савре-меника и каснијих хроничара, само наслови двају његових астроном-ских радова. Први се односи — према наводу Теона Александријског — на одређивање вредности лука меридијана између двају поврат-ника, дакле нагиба еклиптике, које је Ератостен извршио око —220. г. У запису се не каже како је и чиме је мерење било извршено, али се верује да је обављено помоћу армиларне сфере. Према истом запису, за вредност тог лука нађено је да износи $11/83$ пуног угла ($= 47^{\circ}42'39''6$). Овако изражен резултат мерења указује на могућност да је мерење могло бити вршено оправом без прецизно издељеног

круга. Од значаја је, међутим, да је тако Ератостен за нагиб еклиптике нашао $\varepsilon = 23^{\circ}51'19''.5$, вредност којом ће се, касније, послужити (односно коју ће мерењем потврдити) и Хипарх.

Главни и неоспорно најважнији Ератостенов допринос астрономији и науци — којим се прославио и себи овековечио име — јесте његова метода за одређивање обима Земљина меридијана, и само премеравање обима меридијана том методом (на чијем је принципу заснована и ова којом се ми данас служимо).

Кратко би могао овако бити приказан принцип методе. Мора се, наравно, претпоставити да је Земља сфера. Онда је за одређивање обима њена меридијана потребно: прво, измерити угао ζ (в. сл. 6; то је, међутим, угао између вертикале VA у месту A , а вертикале VS у месту S , продужених у мислима надоле, до Земљина средишта O). А тај угао није, међутим, ништа друго до разлика географских ширина тачака, односно места, A и S ; и друго, измерити лук AS , то јест дужину лука великог круга (меридијана) $l = AS$, између изабраних места A и S .

Између трију величина: обима меридијана, o , угла ζ и дужине лука, l , постоји позната веза:

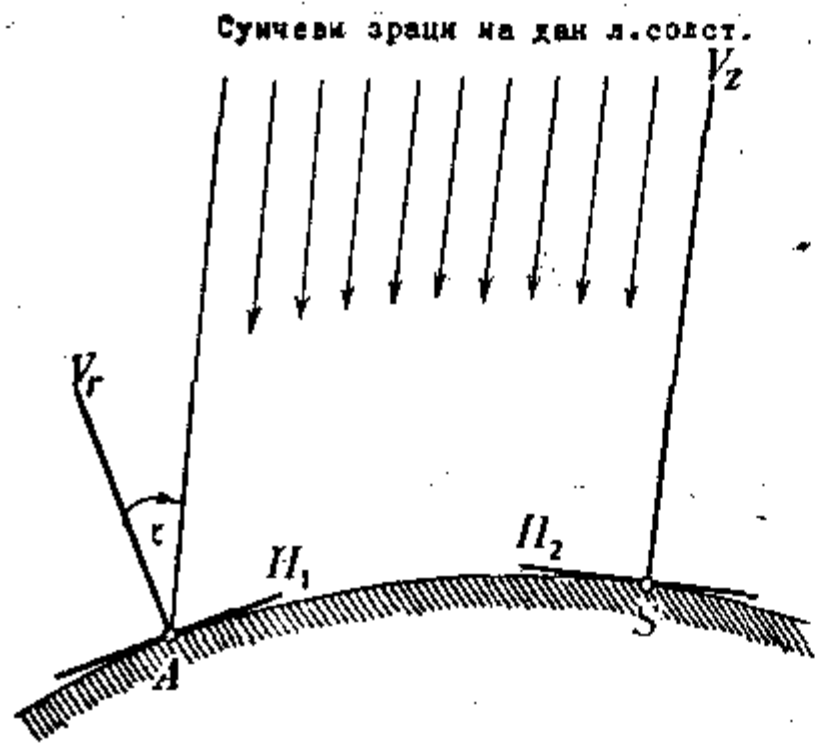
$$o : l = 360^{\circ} : \zeta,$$

из које се, за тражени обим меридијана, између места AS , добива:

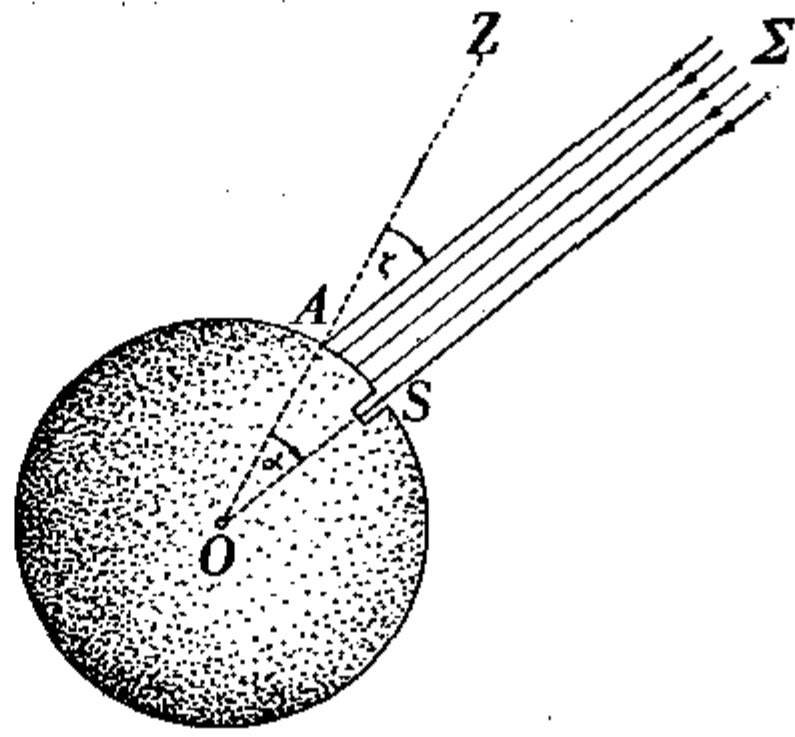
$$o = (360^{\circ} : \zeta) \times l.$$

За Ератостена је Земља била правилна сфера (в. сл. 7.). Друго, оба места, A и S , лежала су на истом (!) меридијану (он је то претпостављао, али није познато на основи чега). Уз то му је било познато да су та два места: A (Александрија) и S (Сијена, данашњи Асуан, град у горњем Египту), једно од другог, удаљена око 5000 стадија. Према томе, за одређивање дужине обима Земљина меридијана, требало је још само познавати угао ζ , то јест разлику између географских ширина места A и S .

Ератостенова проницљивост, у овом случају, огледа се у изналажењу начина за одређивање те разлике, у географским ширинама поменутих места. Познато му је било да у Сијени постоји (и данас још) бунар (сл. 8) који сваке године, на дан летњег солстиција (дугодневице), у подне, у тренутку Сунчева пролаза кроз меридијан места, има обасјано дно Сунчевим зрацима. За њега је то значило да се, тога дана, у том тренутку, правац зракова поклапао са правцем вертикале бунара у Сијени. А сматрао је и да је даљина Земље од Сунца довољно велика да се може претпоставити да зраци стижу на Земљу паралелно. Ератостен је одатле закључио да је разлика између географских ширина представљена углом $\zeta = \sphericalangle \alpha$ између вертикала ових градова; који је, опет, једнак био зенитској даљини (ζ) Сунца у Александрији; подразумева се на дан дугодневице, у подне.



Сл. 6.



Сл. 7.



Сл. 8.

Мерење те зенитске даљине извршено је — према Клеомеду — помоћу скафиума, који је Ератостен био поставио у Александрији. И нашао је да износи $1/50$ пуног угла (по данашњем $\zeta = 7^{\circ}12'$). И тако закључио да даљина између Александрије и Сијене износи $1/50$ обима меридијана. Другим речима, за обим Земљина меридијана је Ератостен добио — пошто је даљина између поменутих места износила 5000 стадија (резултат који потиче од бематиста — 250.000 стадија); вредност коју је сам Ератостен подигао (?) на 252.000, да би степен имао 700, места 694, стадија (стадиј = 157,5 м).

Судећи само по нумеричкој вредности резултата, изгледало би да Ератостенову методу одликује, поред беспрекорности принципа, на којем је заснована, и једноставности поступка у њеној примени, још и неочекивано висок степен тачности који постиже. У ствари треба признати, и подвући чак, да је до овако тачног резултата довео стицај низа околности, поглавито компензација грешака у полазним подацима.

Пре свега, претпостављено је да је Земља правилна сфера, а она то није; измерена вредност зенитске даљине (ζ) је само приближно тачна; значи ни разлика географске ширине се не сме сматрати тачном; вредност стадија у метрима је такође неизвесна; а најнеповољније је дејствовала претпоставка да су се Александрија и Сијена налазиле на истом меридијану. Све су те вредности утицале на коначан исход мерења, на нумеричку вредност Земљина обима. Испала је повољна! Потоњи нараштаји су с правом, дакле, Ератостена, у знак признања, „произвели“ за — родоначелника геодезије!

Аполоније Пергејац, из Памфилије, живео је и радио од —245? до —175? г. Овај велики јелински геометар александријске школе — све до деветнаестог века без такмаца на свом пољу — чије је главно дело („Конусни пресеци“, у осам књига) истицано, и у нашем веку још, као „зборник особина кривих другог реда“ као боље, у многим погледу, и од савремених дела, стекао је велике заслуге и за астрономску науку.

Да није Аполоније, осамнаест векова пре Кеплера, разрадио геометрију конусних пресека, мало је вероватно да би и Кеплер открио своје законе планетског кретања, и Њутн написао своје „Принципе“ и формулисао свој закон о општој гравитацији.

Ништа мање значајан и користан био је Аполонијев допринос и решењима проблема којима су се астрономи до њега бавили. Главни међу тим проблемима проистицали су из околности што се извештајан низ посматраних појединости у начину кретања планета није могао „спасити“ (објаснити) помоћу једноликих кружних кретања хомоцентричних сфера. Необјашњени су остајали: прво, двосмерно кретање (директно и ретроградно) планета; друго, застоји (стације) планета; треће, промене привидних пречника Сунца и Месеца, као и привидни сјајеви планета; и, четврто, неједнако Сунчево кретање у току године.

У настојањима да се побројане особености код небеских тела разјасне, остварен је значајан напредак увођењем, место система хомоцентричних сфера, епицикличних и ексцентричних, једноликих, кружних, кретања поменутих небеских тела у равни. Али се поузда није није могло утврдити ко је и кад, први, на ту идеју дошао да уведе епициклично, а ко и кад ексцентрично кретање. Као вероватно се одржава гледиште да идеја потиче од Питагорејца и да су је разрадили и искористили астрономи александријске школе.

Тако су, увођењем двеју врста кретања — за Сунце по ексцентричној, за планете по епицикличној путањи — „спасене” биле посматране појаве. Истина, то двојство у начинима кретања, која ништа заједничког нису имала, прилично је нарушавало хармонију геоцентричког система. Међутим убрзо се испоставило да се посматране неправилности, објашњаване Сунчевим кретањем по ексцентричној путањи око Земље, могу, са истим степеном приближности, објаснити Сунчевим кретањем по епициклу са средиштем кретања око Земље (у средишту круга), такозваном деференту D (в. сл. 9).

Доиста, видимо са сл. 9, у случају ексцентричног кретања, тело из положаја A доспева у $S(t)$, описавши око средишта C , у директном смеру, лук AS кружне путање, E . И тако се, са Земље посматрано, у тренутку t тело види у правцу $TS(t)$. При томе примећујемо, ако стране TC и $CS(t)$ допуним четвртим теменом (c'), у паралелограм $TCSc'$, да, за време кретања тела S , остаје $Tc' = CS(t)$. Значи, друкчије речено, да теме (c') описује, око средишта T , кружну линију истог полупречника, $CS = Tc'$, линију названу деферентом, D' . За све то време је, стално $ATc' = ACS$; из чега следује да се тачка (c') креће по деференту, у истом смеру и са истом угловном брзином као и тело (Сунце) S по кругу E .

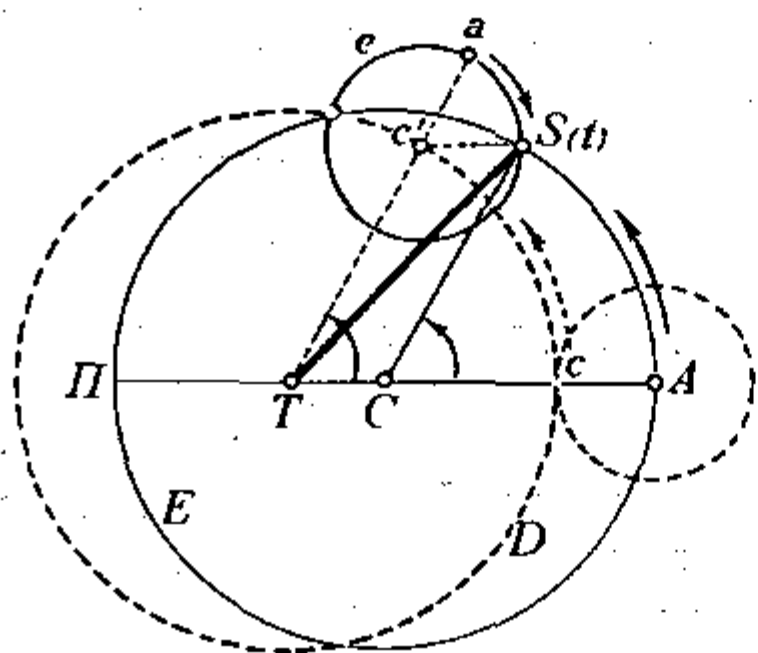
Примећујемо још нешто. При кретању тела S стално је $c'S = TC$, што значи да тело S описује око (c') као средишта, кружну линију e , полупречника TC , звану епицикл. Продужимо ли полупречник Tc' , деферента, до пресека са епициклом e , добићемо тачку (a), која је, у почетном тренутку, заузимала положај A , као и само тело S . Тако, дакле постаје јасно да тело из A доспева у S , описавши лук aS , по епициклу (e), са истом угловном брзином, али у ретроградном смеру. И, у тренутку t , тело посматрано са Земље T , видеће се опет у правцу TS .

Овим ставом је показано да се појединости Сунчева кретања по ексцентричној путањи око Земље могу, доиста, представити и објаснити и као Сунчева кретања по епициклу. Но јелински астрономи су показали да се, и обрнуто, могу појединости, објашњаване епицикличним кретањем (под извесним условима) објаснити и ексцентричним кретањем.

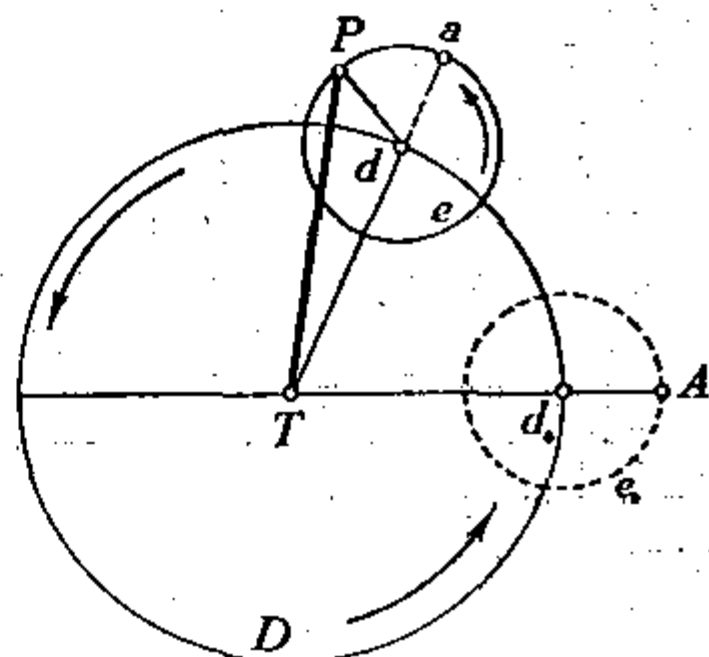
Да ово покажемо, представимо (сл. 10) са T Земљу, у средишту деферента D ; са P планету која, једнаком угловном брзином, у току своје синодичке револуције описује, у директном смеру, епицикл (e); док његово средиште (d) описује, једнаком угловном брзином, у току своје сидеричке револуције (коју су у то време звали зодијачком), у

директном смеру, око Земље (T) деферент (D). Претпоставимо још да смо кретање планете почели посматрати од тренутка кад се епицикл налазио у положају (e_0), а планета у положају (A).

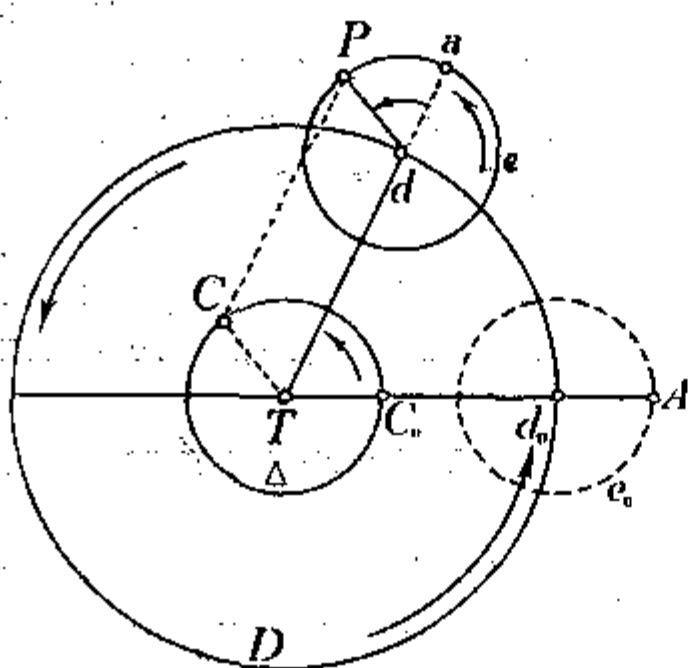
Ако слику допунимо у паралелограм $TdPC$ (сл. 11), четвртим теме-ном (C), видимо да је стално $TC = dP$. Дакле, видимо да тачка C описује око Земље кружну линију (Δ) (сл. 11.), полупречника једнака полупречнику планетина епицикла. Приметимо ли још да се тачка (C) налазила, у почетном тренутку, у положају (C_0), са слике се види да је $C_0TC = C_0TC + aTd$ (сл. 11). А то, другим речима, значи да да тачка (C) описује око Земље кружну линију Δ са брзином једнаком збиру угловних брзина, у директном смеру: планете по епициклу и средишта тог епицикла по деференту. Како је, сем тога, $CP = Td$, закључујемо да се планета налази стално на кругу (E) (в. сл. 12.), полупречника (CP), са средиштем (C).



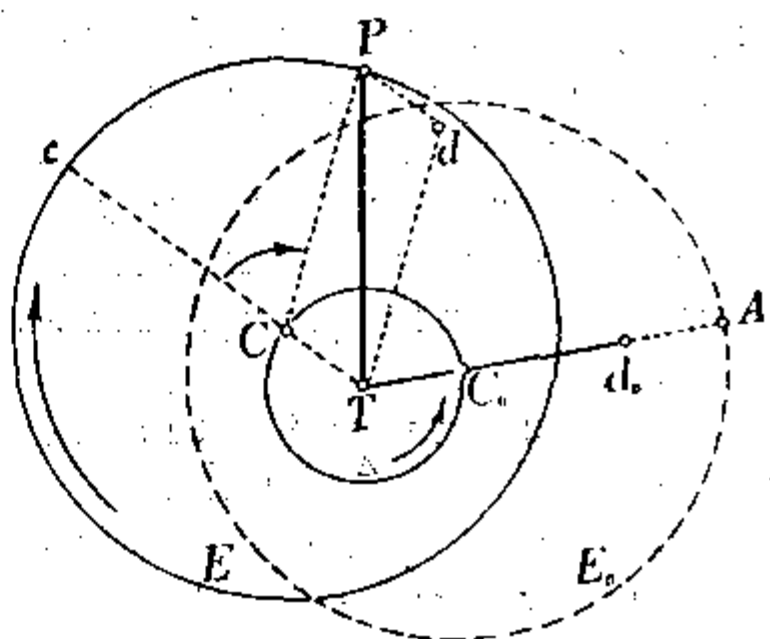
Сл. 9.



Сл. 10.



Сл. 11.



Сл. 12.

Претпоставићемо сад да се круг (E) креће, као што то чини његово средиште (C) око Земље (T). Ако још продужимо полупречник TC , преко C , и обележимо тачку његова пресека и круга (E) са (c) (сл. 12), видимо да ова представља тачку тог круга, која се у по-

четном тренутку, кад је круг (E) заузимао положај (E_0), поклапа са тачком (A). Ово, другим речима, значи да планета, посматрана са Земље, доспева у положај (P), дакле у правац TP , и на тај начин што, док средиште (C) круга (E), а са њиме и сам круг, обилази, у директном смеру, око Земље (T), планета обилази периферију тога круга, са угловном брзином истом са којом описује епицикл (e) (јер је $\widehat{cSP} = \widehat{adP}$, сл. 11), али у ретроградном смеру. Јелински астрономи су називали ово кретање по покретном ексцентру. У сваком случају, а то треба истаћи, из овога следује да су кретања: по ексцентричним и епицикличним путањама, у ствари, еквивалентна, заменива.

Ко је први извео ове ставове, није познато. Неоспорно је, према сачуваним подацима и наводима, да су били познати Аполонију Пергејцу. Но да ли их је он, и које је од њих, он доказао, а који су до њега били познати, немогуће је поуздано рећи.

Птолемеј у свом Алмагесту тврди, шта више и доказе за то наводи, да су Аполонију била позната оба начина којима су, у његово време, „спасаване појаве“. Под „оба начина“ подразумевају се и онај према којем је сматрано да се тела (планете) крећу по епициклу, тако и онај према којем је сматрано да се Сунце креће по сталном, а планете по покретном ексцентричном кругу. Ово је и Хипарху било познато.

ХИПАРХОВ ЖИВОТ И РАД

О Хипархову животу не располажемо скоро никаквим поузданим подацима. Не зна се ни кад се, ни где, родио, нити кад је, и где, умро. Само се може закључивати — пошто се сâм за Битињанина издавао, а савременици га Никејцем називали — да је пореклом из Никеје, у Битинији, провинцији у Малој Азији. Неки, међутим, сматрају да је родом био са острва Родоса, где је имао своју лепо снабдевену и уређену опсерваторију.

О Хипархову животу више сазнајемо из података о његову посматрачком раду, на које наилазимо, делом, по списима и делима његових савременика, делом, по списима каснијих писаца и коментатора. Из Птолемејева Алмагеста тако сазнајемо да Хипархово прво посматрање — одређивање тренутка јесење равнодневице — потиче из 161. г. пре н. е. Али писац не наводи из којег места је посматрање извршено. Спомением ово јер, код истог писца, налазимо да је 146. г. пре н. е., Хипарх посматрао из Александрије (!) једно Месечево помрачење и, поново, тренутак, јесење равнодневице. Исти писац, у том делу, помиње Хипархово одређивање, 134. г. пре н. е., тренутка летњег солстиција и положаја нове звезде, у сазвежђу Скорпије. Но ни овог пута писац не наводи место одакле су ова посматрања обављена: да ли из Александрије, или са Родоса, или из неког трећег места.

Е. Zinner, па и R. Wolf, тврде да је од 162. до 125. г. пре н. е. Хипарх посматрао из Александрије. По G. Vigourdanу



изгледа, међутим, утврђено, да није уопште посматрао (ни боравио) у Александрији.

Више разних извора се слажу у томе да је од године 129. пре н. е. (од 128. или 127. свакако), до краја живота, Хипарх своја посматрања вршио са острва Родоса. Последње посматрање потиче, према сачуваним записима, из године 126. пре н. е.

На основи тих и таквих података — ако и не сасвим поузданих — могло би се закључити, са прилично вероватноће, да је Хипархов живот морао протећи између година 190. и 125. пре н. е.

Од Хипархових списа — а оставио их је иза себе, тврде његови савременици, прилично велик број — сачуван нам је свега један *Phénomènes d'Aratus et d'Eudoxe*, и то — како изгледа — један од његових почетничких. Остали су нам познати само по насловима, из записа и навода савременика и каснијих историчара (Страбон, Плиније ст.), коментатора (Клеомед), а поглавито каснијих астронома (Птолемеј, Теон од Смирне). А, неоспорно, број дела, теме које је обрађивао, дакле наслови дела, остају мерило опште Хипархове делатности. А. Танри се на то ни осврнуо није, а камо ли да се о њима критички изразио.

Још нешто морам на овом месту да поменем. Пишући ову студију консултовао сам читав низ познатих „Историја астрономије”. Наведене су, у осталом, у литератури, на крају ове студије. Но ни у једној од њих нисам наишао на побројана и хронолошки поређана та дела. Зашто? То нисам могао себи да објасним. То ме је одлучило да у овом раду тај преглед објавим. При том саставу служио сам се, као изворним, пре свега, у литератури наведеним историјама; поред тога, подацима нађеним при лектури старих астронома. Ипак, не могу тврдити, и не тврдим, да је преглед потпун, а нарочито не да је хронолошки тачан. Трудио сам се да буде, и једно и друго, што приближније тачно. Наслове дела дајем овде у преводу са грчког.

Преглед Хипархових дела

- Таблице тетива (дванаест књига)
- О једновременим излазима
- Коментар Аратусових и Евдоксових појава (у три књиге)
- О сазвежђима некретница
- О Ератостену и ономе што је речено у његовој Географији
- О паду тешких тела
- О паралактици (две књиге)
- О даљинама и величинама Сунца и Месеца
- О кретању солстиција и еквinoxција
- О дужини године
- О интеркаларним месецима и данима
- О трајањима годишњих доба
- О револуцији знакова
- О месечном Месечеву кретању у латитуди
- О трајању месеца
- Каталог некретница (који цитира Птолемеј)

Напред је речено већ да је од свих Хипархових дела сачувано свега једно, и то, за његов допринос астрономској науци, дело без неке веће вредности. Значи, до увида и оцене онога што је он астрономији дао, нећемо моћи доћи анализирајући његова дела, идеје и резултате, већ, као и о Хипарху уопште, ослањајући се једино на записе и наводе његових претходника, савременика и историчара. Уколико се, наравно, ови буду међу собом слагали, што неће увек бити случај.

Већ да се поуздано утврди шта је, рецимо, Халдејцима, шта Вавилонцима, а шта Египћанима, стварно било познато из астрономије, шта је од њих пренесено Јелинима, а шта од ових астронома, касније, било пронађено и унесено као ново у астрономију, није ни лако, а ни сигурно познато. У том погледу човек не сме данас бити категоричан. Један случај ћу навести. А да не бих, можда, утицао на читаоца, нећу спомињати историчара од кога сам податак узео.

У једној озбиљној астрономско-историјској студији каже се како се Хипарх послужио, да би одредио Месечево кретање, поред својих, још и посматрањима Вавилонца, и нашао да је 5458 синодичких једнако 5923 драконитичких месеци, и да је 4267 синодичких једнако 4573 аномалистичких месеци, што је — стоји у студији — још Кидину (халдејски астроном) био нашао. А француски познати небески механичар, у својој историји астрономије, каже да је поменутој револуције Хипарх (а не Кидину) одредио и тај резултат квалификује као, можда, најдрагоценији споменик старе астрономије. Како одлучити ко од двојице има право!

Из Птолемејева Алмагеста се дознаје да се Хипарх, у својим рачунима, служио поделом круга на 360 степени, степена на 60 минута, минута на 60 секунди. Да ли је халдејски проналазак, како стоји у неким астрономијама, у то се нећу овде упуштати.

Од Теона Александријског се зна да је Хипарх написао дванаест књига о тетивама круга над њиховим централним угловима. Израчунао је и таблицу вредности тетива (у функцији полупречника) за све углове. Оне су служиле, у његово време, за решавање троуглова. Додајем да су те таблице тетива биле у сталној употреби место синуса, које тек код Арапа улазе у употребу. Стари астрономи су се њима служили као ми, данас, тригонометријским таблицама, јер нису знали ни за тангенс, ни за секанс.

О делу „О једновременим излазима“, из првих година, Хипарх даје обрасце за решавање сферних троуглова, делећи стално косоугле на по два правоугла сферна троугла. Нећу се овде упуштати у разматрање питања проналаска тригонометрије. Има их међу јелинским астрономима који Хипарху овај проналазак приписују, док му други енергично то одричу. У сваком случају не би требало непомећуто оставити да, у Аристархово време — што се јасно разазнаје из његова сачуваног списка — јелинским астрономима тригонометрија није била позната за решавање правоуглих троуглова.

Неки од историчара јелинске науке и астрономије приписују Хипарху проналазак стереографске пројекције, и њено коришћење

при изради географских карата. Но за ово нема ни довољно, ни поузданих, доказа. Али је ван сумње да је Хипарх увео појмове географске ширине — коју је назвао „климом“; одређивана је помоћу дужина гномонових меридијанских сенки — а такође појам географске дужине. За одређивање ових је увео, као почетни, меридијан свог посматралишта, на острву Родосу. Показао је да је разлика у географским дужинама двају места једнака разлици месних времена, у тим местима, у која је одређена појава (подразумева се Месецево помрачење) једновремено посматрана из тих места.

Из једног цитата Хипархових речи — који нам преноси историчар Страбон — сазнајемо и о Хипархову начину одређивања географских координата. А његово је мишљење да: „географија једино може напредовати ако се користи посматрањима кретања небеских тела и помрачења... Тако, само путем упоређивања клима, могућно је сазнати колико је Александрија северније или јужније од Вавилона. Исто тако, колико је нека удаљенија земља источније или западније, може се сазнати упоређењима тока помрачења Сунца и Месеца.”

Као друго од Хипархових дела из раних година сматра се „Коментар Аратусових и Евдоксових феномена”. Писао га је — како по свему изгледа — на Родосу (око 162. г. пре н. е.). У њему је коментарисао Евдоксове и Аратусове описе сазвежђа. Дело нема никакав научни значај, ни вредност; у њему су само исправљане грешке писца. Писано је, свакако, пре његова и каталога и проналаска појаве прецесије. А намењено је било — изгледа — поморцима; они су се служили Аратусовом сфером. Из дела сазнајемо да је Хипарх, при посматрањима, мерио деклинације и поларне даљине звезда, као што је и Тимохарис то чинио; тачност мерења је достигала 1° до 2° . Лонгитуде и латитуде се не помињу у овом делу.

Од многобројних важнијих посматрања која је обавио, а помињу се (споменуће овде одређивање положаја еквинокцијске тачке) из г. 146. пре н. е., од 23. марта (у $23^\circ 55'$), које се сматра као једно од најстаријих те врсте (сачувано је код Птолемеја). Постоји и из 141. пре н. е. Хипархово одређивање нагиба еклиптике, за који је нашао вредност $\epsilon = 23^\circ 51' 20''$, која се подударала са вредношћу коју је Ератостен нашао.

Заслужује да буде споменуто да се Хипарх, први међу јелинским астрономима, почео служити, за одређивање тачног времена ноћу, посматрањима звезда при њихову пролазу кроз меридијан места. А трајања дана одређивао је, не разликама између Сунчевог излаза, већ разликама између Сунчевих пролаза кроз меридијан места.

Тренутке солстиција Хипарх почиње рачунати од почетака знакова Рака и Козорога, место од њихових средина, као што је практиковао Евдокс.

Хипарх је први, међу старим астрономима (халдејским, и вавилонским и египатским), дошао на идеју да, ради употребљивости посматрања истог објекта са разних места на Земљи, посматрања

претходно сведе на Земљино средиште; другим речима, да посматрања ослободи дејства паралаксе. Познати француски историчар астрономије, J. S. Bailly, сматра да је већ идеја довољна била да овековечи Хипархово име у астрономији.

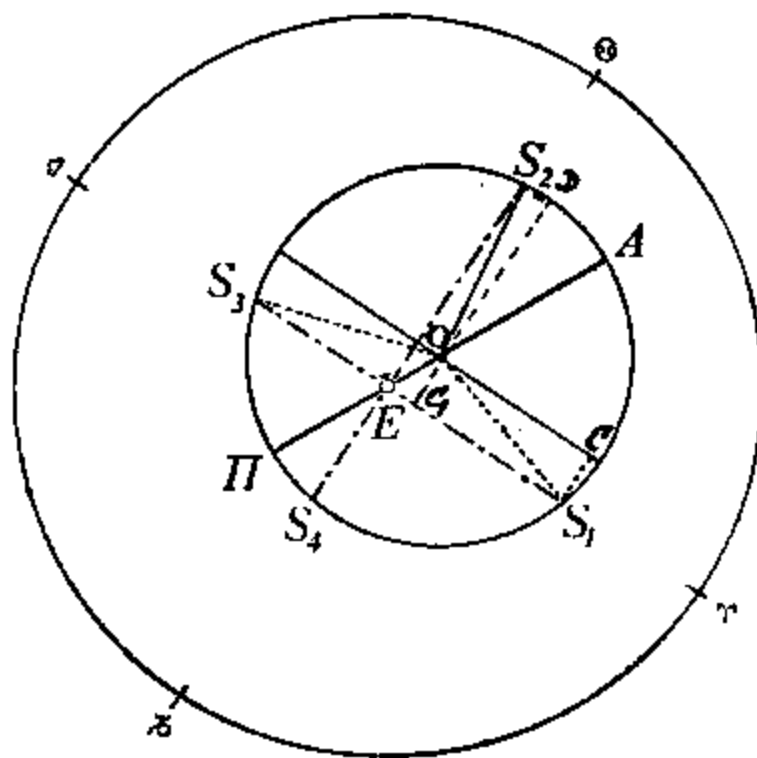
Са почетком александријске периоде дошло се до сазнања да годишња доба нису једнаких трајања. Тим сазнањем је постављено и питање неједнакости дужине године. Тим питањем су се бавили од јелинских астронома, још Талес, за њим Метон, па Еудокс, Калип, Еуктемон и др. Посматрања ових астронома већ су утврдила била да Сунце не описује зодијак равномерним кретањем.

Хипарх, са своје стране, успева, из анализе вишегодишњих посматрања, да утврди да годишња доба нису једнаких трајања (од по $91\frac{1}{4}$ дана) већ да стварно трају: пролеће $94\frac{1}{2}$, лето $92\frac{1}{2}$, јесен око 88 и зима око 90 дана. И долази, тако, до закључка да Сунчево кретање у току године није равномерно. А да би га могао представити помоћу равномерног кружног кретања око Земље, која је за Хипарха заузимала средиште васионе, он је ставља нешто мало изван средишта круга по којем замишља да се Сунце равномерно креће. Зато тај круг назива ексцентром, а даљину Земље од средишта круга ексцентричношћу.

Тако је, сад, Хипарх морао констатовати да трајања правих дана у току године нису непроменљива, да нису константна.

Да би могао изградити своју теорију Сунца, дакле израчунавати Сунчеве положаје, како за прошла тако и за будућа времена, морао је претходно познавати ексцентричност ексцентра; положај апсидне линије ексцентра; тренутак Сунчева пролаза кроз одређену тачку путање и трајање тропске године. За почетни тренутак Хипарх је увео и узимао пролаз Сунца кроз апогеј. Све ове побројане податке Хипарх је из посматрања одређивао. И то овако.

Кружном линијом са средиштем у O (в. сл. 13) и полупречником једнаким јединици представио је Сунчеву годишњу путању. На њој је означио три положаја Сунца: S_1 , у тренутку пролаза кроз пролетњи еквинокциј; S_2 у тренутку пролаза кроз летњи солстициј, и S_3 , у тренутку пролаза Сунчева кроз јесењи еквинокциј. Из посматрања је одредио да од S_1 до S_2 Сунце пређе за $94\frac{1}{2}$ дана; а пут од S_2 до S_3 опише за $92\frac{1}{2}$ дана. А сматрао је да Сунце описује своју путању равномерним кретањем (а то није тачно!), и тако је нашао да углови које Сунце опише износе $\sphericalangle S_1 \cup S_2 = 93^\circ 9'$ и $\sphericalangle S_2 \cup S_3 = 91^\circ 11'$; дакле $\sphericalangle S_1 \cup S_3 = 93^\circ 9' + 91^\circ 11' = 184^\circ 20'$



Сл. 13.

Земљин положај нашао је Хипарх на тај начин што је одредио положај тачке из које се та три посматрана положаја, S_1 , S_2 и S_3 , виде под правим угловима. Другим речима, Земљин положај, E , одредио је недалеко од средишта Сунчеве путање, O , тако да буду $\sphericalangle S_1 E S_2 = \sphericalangle S_2 E S_3 = 90^\circ$. А добио га је повлачењем праве $S_1 S_3$, па спуштањем на ову нормале из S_2 . У пресеку ове са $S_1 S_3$ добио је тражени Земљин положај, E ; а у пресеку са ексцентром добио је тачку S_4 , положај зимског солстиција.

Помоћу ове конструкције и расположивих посматрања требало је сад одредити ексцентричност путање, EO (уз напомену да је $OA = OP = l$) и положај апсидне линије, AP , који је одређен углом $S_1 FA$, донгитудом апогеја.

Помоћи ћемо се сликом (сл. 13), са које видимо да је $\sphericalangle OS_1 C_1 = \sphericalangle OS_1 E$; даље $\sphericalangle OS_1 E + \sphericalangle OS_3 E + \sphericalangle S_1 O S_3 = 180^\circ$, или $2 \sphericalangle OS_1 C_1 + \sphericalangle S_1 O S_3 = 180^\circ$. Односно, $2 \sphericalangle OS_1 C_1 = 180 - \sphericalangle S_1 O S_3$. А одавде $2 \sphericalangle OS_1 C_1 = 180^\circ - (180^\circ - 4^\circ 20') = 4^\circ 20'$; тако да налазимо да је

$$\sphericalangle OS_1 C_1 = 2^\circ 10'$$

С друге стране је $\sphericalangle S_2 O D = \sphericalangle S_2 O S_1 - 90^\circ - \sphericalangle OS_1 C_1 = 93^\circ 9' - 90^\circ - 2^\circ 10' = 0^\circ 59'$. Са слике се констатује да су странице OC_1 и EC_1 једнаке, у ствари, синусима углова $OS_1 C_1$, одн. $S_2 O D$. Значи да је $OC_1 = 0,0378$ и $EC_1 = 0,0172$. И тако је Хипарх за ексцентричност нашао $e = EO = 0,04512$ ($= \frac{1}{24}$). А помоћу овог податка, за донгитуду апогеја,

$\sphericalangle S_1 EA$, нашао $\sphericalangle S_1 EA = 65^\circ 35'$.

У једном одељку (V главе свог Алмагеста) каже Птолемеј, који нам преноси из Хипархова дела „О интеркаларним месецима и данима“: „Израдио сам књигу о трајањима године и у њој показујем да година, то јест време потребно Сунцу да се врати у исти солстициј, или исти еквинокциј, износи $365\frac{1}{4}$ дана, мање, отприлике, за $1/300$ дана (дакле, 365 дана $5^m 5^s 12^t$), а не као што то математичари сматрају, 365 дана увећаних за тачно $\frac{1}{4}$ дана“.

Ово одређивање трајања године почео је са тропском годином. То му је било свакако лакше, јер је из посматрања лакше могао тачније утврђивати тренутке Сунчевих наилазака кроз тачке летњег и зимског солстиција, по најкраћим, одн. најдужим гномоновим сенкама, по неколико дана пре, одн. после, Сунчева пролаза кроз летњи, одн. зимски, солстициј.

Узгред напомињем да ово Хипархово трајање премаша за око 6^m стварно трајање тропске године. А за трајање сидеричке године је Хипарх, тако, нашао да мора износити бар 365 дана $6^m 10^s$ (стварна јој је била вредност 365 дана $6^m 9^s 9,74^t$).

Тако је Хипарх био у стању — пошто је одредио тренутак Сунчева пролаза кроз апогеј (тачку путање) и трајање тропске године — приступити израчунавању првих таблица Сунчева кретања. Израчунао их је за 600 година унапред.

Својом теоријом и таблицама о Сунчеву кретању могао је Хипарх бити задовољан, јер су се доста добро подударале са посматрањима. Подстакнут том околношћу он је сад желео да покуша да на сличан начин — помоћу кретања по ексцентру — представи Месечево кретање; другим речима да изради теорију Месечева кретања.

Старим астрономима, па, дакле, и Хипарху, било је познато да, као и код Сунца, постоји неједнакост у лонгитуди. Поред тога, позната су му била још три узрока неједнакости у Месечеву кретању. Прво, померање Месечеве апсидне линије, или кретање Месечева апогеја, у смеру кретања Месеца по путањи. А оно се манифестовало у обиласку дуж целе путање, то јест зодијака, тачака највеће и најмање Месечеве брзине. Стари астрономи су то време, у којем се Месечева лонгитуда враћа својој највећој, односно најмањој, вредности називали временом повратка аномалије; данас је оно познато под називом аномалистичког месеца (револуције).

Знали су и за ретроградно кретање Месечевих чворова, тачака у којима Месец пролази кроз еклиптичку раван. Ту периоду су астрономи, у оно време, називали повратком латитуде; данас је та периода позната под називом драконитичког месеца (револуције). Сад је требало одредити што тачнија трајања тих револуција.

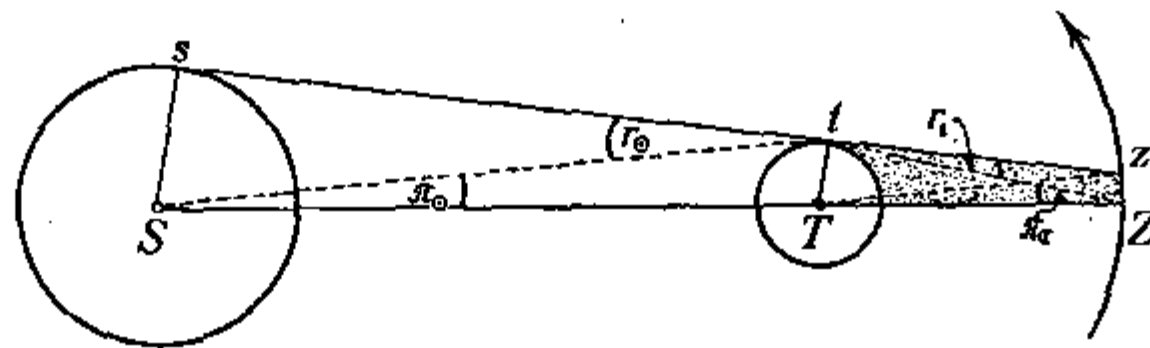
Користећи се анализом својих и расположивих ранијих (халдејских и вавилонских астронома) посматрања помрачења, извршених само под повољним условима, Хипарх је био у стању да одреди трајања поменутих револуција. Тако је нашао да је, у размаку од $126 \frac{007}{24}$ дана, садржано: 4612 (мање за $7^{\circ},5$) сидеричких, 4267 синодичких и 4573 аномалистичких револуција; а да је у размаку од 5458 синодичких садржано 5923 драконитичких револуција (ово је — како изгледа — познато било вавилонском астроному Кидину). Неочекивана приближност ових револуција њиховим стварним трајањима побудила је еминентног француског небеског механичара, П. С. Лапласа (P. S. Laplace), да ове податке оквалификује као „можда најдрагоценији споменик старе астрономије“!

При изради Месечеве теорије, Хипарх је, наравно, морао наићи и на проблем паралаксе, то јест разлике између ефективног посматрања и онога што би, у истом тренутку, посматрач нашао да је посматрао из средишта Земље. Ова разлика мења се, као што знамо, са Месечевом даљином од Земље. Према томе овај податак треба познавати. Хипарху, међутим, није непозната била непоузданост Аристархове методе за одређивање те даљине, засноване на оцени тренутка Месечеве дихотомије (в. сл. 5.). Хипарх је нашао, за решење тог проблема, један леп и једноставан геометријски став, у принципу тачан (чији степен тачности зависи од тачности посматраних података, на којима се заснива). Став, међутим, не признају сви историчари Хипарху.

За извођење става испомоћи ћемо се сл. 14. На њој су представљени са Ss Сунчев полупречник; са Tt Земљин полупречник; са Zz полупречник Земљина сенчаног конуса, на даљини на којој се Месец налази од Земље у тренутку његова помрачења. Посматрањем појаве

са Земље одређујемо: услов $\sphericalangle Stz = r_{\odot}$, то јест Сунчев привидни полупречник; $\sphericalangle Ztz = r_{\uparrow}$, то јест привидни полупречник кружног пресека сенчаног конуса. Непознати су: угао под којим би се из Сунчева средишта видео полупречник Земљине сфере, дакле угао $\sphericalangle TSt = \pi_{\odot}$, или Сунчева паралакса; и угао под којим би се из Месечева средишта видео Земљин полупречник, дакле угао $\sphericalangle zTZ = \pi_{\uparrow}$ или Месечева паралакса. У ствари, непознате су нам даљине Сунца и Месеца од Земље.

Са сл. 14. видимо да је $\pi_{\odot} + \pi_{\uparrow} + (180^{\circ} - r_{\odot} - r_{\uparrow}) = 180^{\circ}$, или да је $\pi_{\odot} + \pi_{\uparrow} = r_{\odot} + r_{\uparrow}$. То је Хипархов геометријски став (који, као што рекох, неки јелински историчари астрономије не признају Хипарху).



Сл. 14.

У ставу су познате величине на десној страни, r_{\odot} и r_{\uparrow} , оне се одређују из посматрања. Према томе, став омогућује да се одреди било Сунчева паралакса, то јест Сунчева даљина од Земље, ако је позната Месечева; било Месечева паралакса, то јест даљина од Земље, ако је позната, или дата, Сунчева.

За Сунчев привидни пречник, Хипарх се послужио Архимедовом вредношћу, $r_{\odot} = 1'$ (и сам је дао методу, шта више конструисао и инструмент за његово мерење). Полупречник сенчаног конуса на Месечевој даљини, у тренутку помрачења, одредио је измеривши време што протекне од тренутка улаза (имерсије) до тренутка Месечева излаза (емерсије) из сенчаног конуса. Хипарх је за то трајање нашао да износи (просечно) око $2\frac{1}{2}$ часа. А из посматрања му је било познато да Месец пређе у току дана (просечно) око $12\frac{3}{4}$ степена, што чини на час, отприлике, $32'$, те је за полупречник сенчаног конуса на Месечевој даљини узимао $(32' \frac{2\frac{1}{2}}{2}) = 40'$.

И тако, ослонивши се на Аристархов податак, то јест да је $\pi_{\uparrow} = 19_{\odot}$, извео је из овог геометријског става $20\pi_{\odot} = 55'$, дакле да је $\pi_{\odot} = 2',7$; а да је $\pi_{\uparrow} = 51',3$. Другим речима, за средњу даљину Месеца од Земље добио је 67 (место 60) Земљиних полупречника. А за средњу даљину Сунца од Земље добио је 1282 (место 23460) Земљина полупречника!

Вредности далеко од стварних, што не треба да нам изгледа чудновато. Јер су посматрања вршена, у то време, визуално. Сем тога, посматране појединости при помрачењу Месеца нису могле бити оцењиване са неком тачношћу, већ по природи саме појаве. То нису биле тренутне појаве, као што знамо, већ постепене, и то споре, појаве. Уз то су Аристархови подаци били врло груби, сасвим нетачни. Према томе, нису могле бити ни изведене вредности, које је Хипарх добивао, прихватљиве. На уму треба имати још и то да је Сунчева паралакса угао који, у оно време, није био вредност приступачна мерењу посматрањима.

Тако, ето, видимо да је Хипарх покушао да и теорију Месечева кретања изради на принципу кретања по ексцентру (као и Сунчеву), само овога пута на покретном ексцентру. У случају теорије Сунчева кретања Хипарх се послужио, као што знамо, за одређивање ексцентричности ексцентра и лонгитуде апогеја, трајањима двају узастопних годишњих доба (S_1 и S_2). Код израде теорије Месечева кретања, послужио се, у исту сврху, лонгитудама (l_1, l_2, l_3) трију узастопних, блиских, Месечевих помрачења (L_1, L_2, L_3), у три посматрана тренутка (t_1, t_2, t_3). Тако је Хипарх успео да одреди: положаје Земље (T), то јест ексцентричност ексцентра; правац апсидне линије, то јест лонгитуду апогеја, као и тренутак пролаза Месеца кроз апогеј. Како су помрачења била блиска, промене у положајима апогеја, у међувремену, занемарене су, и могле су бити занемарене; а за лонгитуду апогеја усвојена је вредност у тренутку средњег помрачења.

Примењујући овај поступак на групе од по три оваква далека помрачења, свака оваква група је омогућавала одређивање ексцентричности ексцентра и лонгитуде апогеја, те је тако могуће било утврдити промене ових елемената. Тако је израда таблица са лонгитудама у теорији Месеца личила на оно што је рађено у теорији Сунчева кретања. Појединости Хипархова поступка су, међутим, непознати. Исто тако недостају појединости Хипархова поступка у случају Месечевих латитуда, из којих је извођен био нагиб равни Месечеве путање према равни еклиптике.

Речено је да је Хипарх, пошто је теорију Сунчева кретања завршио, покушао да, на истом принципу, изради и теорију Месечева кретања. Али му није пошло за руком да постигне подударане своје теорије са посматрањима. Успевао је да представи неједнакости које су се појављивале само у сизигијама (положаји на Месечевој путањи у којима долази до помрачења), док положаје у квадратурама (непарним четвртинама) није успевао да доведе до поклапања са посматрањима, нити то да објасни.

Својим теоријама о Сунчеву и Месечеву кретању Хипарх је омогућио тачније предсказивање наступа помрачења; дакле извесно решење проблема, који је до тада само емпиријски решаван (код Халдејаца). Стварно, ни Хипарховим теоријама о кретању није проблем предсказивања помрачења био решен. Јер, за појединости тока

појаве, на разним местима, требало је познавати тачне географске координате дотичних места, а то, у оно време, није увек, и довољно тачно, било познато. Према томе Плинијева славопојка да је: „Хипарх за 600 година предсказао кретања ових двају тела (Сунца и Месеца) . . . да је обухватио положај места и све што би разни народи видели . . .”, свакако је претерано и лишено стварног основа.

За теорију кретања и планета Хипарх није располагао потребном количином њихових посматрања, те није ни могао приступити њеној разради. Почео је био на њој да ради, али се морао ограничити само на периоде планетских неједнакости. У том је, додуше, успео да постигне — за оно време — неочекивану тачност, како нам то Птолемеј преноси. Али израду саме планетске теорије је Хипарх морао препустити својим ученицима и потоњим поколењима.

Као ревносном посматрачу и одличном познаваоцу сазвежђа и звезда у њима, Хипарху није могла неопажена промаћи појава, око половине 134. г. пре н. е. (према записима кинеских анала), догле на том положају невиђене, нове звезде, у сазвежђу Скорпије, између β и ρ тог сазвежђа. Caius Secundus Plinius каже, у својој „Naturalis Historiae”, Libri XXXVII (књ. II, р. 25), да је Хипарха . . . то навело да се упита не догађа ли се слично нешто чешће у току векова; и да ли се, можда, не крећу звезде, које ми сматрамо непокретнима; . . . И тако се подухватио, „небогуюдног посла” да, за будуће генерације, преброји звезде и сазвежђа . . . како би се доцније лакше могло утврдити не само да ли оне ишчезавају или се нове појављују, већ и да ли се оне повећавају и смањују . . .” (мисли се да ли им се сјај мења).

Неочекивана појава „нове” звезде побудила је Хипарха да се лати пописа свих сазвежђа на небу и звезда у њима. У току ових посматрања послужила га је срећа те је открио, прво, звезду коју на том положају није примећивао, и коју је, према томе, сматрао новом; а затим, да примети једну звезду код које је уочио појачавање привидног сјаја, и то протумачио приближавањем звезде Земљи. Ово аналогно променама привидног сјаја Марса и Венере, које је објашњавао променама даљина ових планета од Земље.

Прва од ових звезда, коју раније није на том положају примећивао, била је звезда на трбуху (сазвежђа) Кита (Cetus). Друга је била, данас добро позната, променљива α Ceti.

Ово би био најкраћи историјат постанка чувеног Хипархова каталога звезда. На жалост, исти нам није сачуван, тако да се данас не зна тачно ни колики је број звезда садржавао, ни којим је координатама обележавао положаје звезда у њему. Што се броја звезда тиче које је Хипархов каталог садржао, исти варира, према познатим историчарима астрономије, између 1022 и 1080 звезда. Једино из историје астрономије проф. М. Миланковић сазнајемо да је „тек недавно (1898) Бол утврдио „да је Хипархов каталог садржавао

еклиптичке координате свега 850 некретница. Овим бројем, у ствари мањим него што је Птолемејев звездани каталог, у Алмагесту, имао звезда, Миланковић покушава да обеснажи тврђења француских историчара астрономије (Biot, Delambre, Tappery, Vigouard a n). Кажем „покушава“, јер и поред тога што Птолемеј каталог у Алмагесту назива „својим“, стоји, прво, да Птолемеј није био велики опсерватор. Друго, не види се, нити се може закључити из његова *siggiuim-a vitae*, кад је то Птолемеј вршио посматрања за „свој“ каталог! Као најубедљивији остаје, међутим, трећи податак, који не говори у прилог чињенице да је сачувани каталог у Алмагесту доиста Птолемејев!

Ван сумње остаје да је вредност годишње прецесије, изведена из Хипархових података посматрања, износила око $48''$, можда и $49''6$, дакле $13''6$, више од оне ($36''$) коју је Птолемеј био усвојио (?), и за колико је он променио положаје (лонгитуде) Хипархових звезда у време „својих посматрања“ (око 274 године после Хипарха). Другим речима, да каталог у Алмагесту није доиста Хипархов већ Птолемејев, лонгитуде у њему не би биле за око $(13''6 \times 274) 1^{\circ}2'30''$ слабије него што би биле да је Птолемеј — како каже — посматрао некретнице из којих се састоји каталог у Алмагесту.

Најзначајнију новину у Хипархову каталогу представљала је свакако чињеница што је, уз положај сваке звезде, била дата и процењена, привидна величина, привидни њен сјај, према скали од 1 до 6: најсјајније, као звезде 1-ве, најслабије (још приступачне слободном оку) као звезде 6-те величине. Док је, према дотада практикованом начину, сјај звезда означавао са: „сјајна, видљива, слаба“.

Сад је Хипарх располагао положајима свих видљивих некретница, тако да је могао да покуша да види, да ли се с временом оне и крећу. Природно је, дакле, било да покуша да, упоређењем положаја звезда из свог каталога са положајима тих звезда раније посматраних, види неће ли открити неке промене у њиховим положајима. Од употребљивих за ово упоређење из ранијих времена (300 г. пре н. е.) налазио је само посматрања Аристилова и Тимохарисова. Била су то њихова мерења деклинација неких сјајнијих некретница и њихових даљина од помраченог Месеца.

Хипарху су ова упоређења омогућила да констатује да је у Тимохарисово време лонгитуда најсјајније звезде, Спике, у сазвежђу Девике (Virgo), износила 188° , или да је угловна даљина звезде од јесење екваторске тачке износила 8° ; а у његово време, то јест неких 150 година касније, лонгитуда те звезде износила свега 186° , или угловна даљина њена од јесење екваторске тачке била свега 6° .

Овај свој проналазак Хипарх је овако формулисао у свом раду „О дужинама године“: „Некретнице, све заједно, учествују у кретању сложеном из две ротације: прве, дневне; и друге, равномерне;

од запада ка истоку, око осе управне на равни еклиптике." Цитирао сам овај став да бих истакао како, у први мах, није сасвим јасно Хипарху било, какво је он то кретање открио. Последица откривене ротације била је у томе да су се угловне даљине зодијачких некретница од пролетње еквinoxијске тачке мењале: као да су се све тачке померале по еклиптици, у смеру привидног дневног обртања свода, док су латитуде при томе остајале непромењене. Отуда је ово померање добило име прецесија (од лат. *praecedo* = ићи напред) еквinoxија (мада је, у ствари, то била „рецесија" еквinoxија!).

Што се тиче годишњег износа откривеног померања, он се врло једноставно израчунава из посматрања у положајима посматраних некретница и протеклог времена између Тимохарисових и Хипархових посматрања. Хипарх је нашао да је, у његово време, еквinoxијска тачка била померена за $2^{\circ} = 120' = 7200''$ у смеру од посматране некретнице; и то свих посматраних звезда. Према томе, годишње померање (прецесионо) некретнице износило је $\frac{7200''}{150} = \frac{720''}{15} = 48''$.

Међутим, у свом делу „О дужини године" Хипарх наводи како померање звезда према еквinoxијској тачки, то јест годишњи износ прецесије еквinoxија, не може бити мањи од $1/100^{\circ}$, значи мање од једног степена ($3600''$) у столећу, то јест $36''$ годишње. Ова вредност утолико изненађује што је Хипарх, упоређујући положаје некретница из свог каталога са положајима (лонгитудама) како их је Тимохарис дао, морао доћи до вредности (не наведене, већ) $2^{\circ} = 7200''$ за 150 година; значи до вредности $48''$ годишње. У сваком случају, знатно приближније оној ($50''$ 2) која је данас усвојена. Као објашњење за ову Хипархову у почетку наведену вредност, и грубу за годишњу прецесију, може се само прихватити чињеница да није имао велико поверење у тачност Тимохарисова положаја (лонгитуде) некретница.

Могли бисмо у овом тренутку поставити питање, да ли је доиста Хипарх био проналазач прецесије, или је појава била позната; или, ако не баш позната, оно наслућивана и раније? Постављам, ово питање јер има неких историчара астрономије који имају и бране о томе мишљење нешто друкчије него што би из овог излагања следовало. Историчар *Vaillu*, нпр., проналазак прецесије приписује још Халдејцима. *A. Biot*, па и *De la m b r e*, слажу се да су још кинески астрономи знали за појаву прецесије. Али њихови докази и сведочанства су недовољни и, у сваком случају, сумњиви, да би се њихова тврђења могла одржати. Зато ћемо ми ипак остати при гледишту које смо изложили, да је проналазач прецесије — Хипарх!

На крају овог поглавља о Хипарховој активности и свим његовим доприносима у астрономији истаћи ћу још једном да је Хипарх био први јелински опсерватор. А *Tanri* ово није сматрао ни за довољно важно, ни за потребно да истакне; чак ни да спомене. А у ствари, ни пре, ни после Хипарха, јелинска астрономија није имала већег опсерватора, ни забележила неки значајнији успех. Зато

се и може Хипарх назвати првим правим јелинским астрономом, „оснивачем математичке астрономије“!

За жаљење је само што највећи јелински астроном, какав је Хипарх био, није Аристархов хелиоцентрични систем света прихватио! Он је поред њега прошао ни не обраћајући на то пажњу; ни не слутећи, наравно, шта би могло да значи, и од каквих би последица могло да буде по астрономију, и по науку уопште, да је он тада друкчије поступио! Он је, изгледа, другим идејама био тада заокупљен; решавање других проблема сматрао за важније. Крупним проблемима, као што је питање система света коме припадамо и у којем живимо, Хипарх се није бавио; на питањима те врсте он се није зауставио!

ИНСТРУМЕНТИ ИЗ ПРЕТХИПАРХОВА И ХИПАРХОВА ВРЕМЕНА

До Хипарховог времена позната су била у астрономији четири инструмента за решавање астрономских проблема: гномон, сунчани часовник, клепсидр и сфера (глобус). Сви ти инструменти служили су, углавном, пре свега за одређивање времена, доба дана. А ово, опет, доказује, бар се може сматрати као најбољи доказ, да је астрономија потекла, и касније се развијала, из потребе ондашњег човека.

Гномон. — Вероватно најстарији астрономски инструмент био је гномон. Он је познат био и Кинезима, и Халдејцима и Египћанима. Код Грка је уведен у шестом веку пре н. е. Стари астрономи су овако називали праве, вертикалне штапове (стубове), или мале пирамиде (обелиске) који су, обасјани, бацали сенке на нормалну (хоризонталну) раван, и првобитно, служили за одређивање правца (азимута) и висине Сунца. Касније су употребљавани за одређивање тренутка Сунчева пролаза кроз меридијан места на коме је био постављен.

Гномони су били искоришћавани и за мерење (односно израчунавање) Сунчеве деклинације, које су се у току времена (са годишњим добом) мењале. Дужине самих сенки исто тако; најкраће су постајале у летњем, а најдуже бивале у зимском солстицију. Тим путем су стари астрономи и дошли до сазнања да је половина збира најмање и највеће дужине сенке гномона, то јест Сунчевих висина, једнака била комплементу географске ширине места; а половина разлике дужина сенки, то јест Сунчевих висина, била једнака нагибу еклиптике. А број протеклих дана до повратка Сунца најмањој, или највећој, висини представљало је време Сунчева обиласка целе његове годишње путање, то јест трајање тропске године. Краће речено, временом су стари астрономи дошли до сазнања да се гномоном могу

одредити: географска ширина места на коме су постављени, нагиб еклиптике и трајање тропске године.

Степен тачности који је гномоном постижаван поправљан је, временом, обликом који је даван врху (завршетку) гномона. Док је обичан горњи завршетак штапа (стуба), гномона, давао рђаво одређену сенку, боље дефинисана, оштрија сенка, добивана је, у почетку кружним отвором којим је гномон завршаван; а, касније, стављањем на горњи врх гномона мање лопте. За дужину гномона узимана је дужина од средишта сенке до средишта стуба (гномона).

Сунчани часовник. — Као и гномон, и овај је инструмент, у првом реду, служио за одређивање часа у дану. Прелаз од гномона ка сунчаном часовнику није био ни дуг ни тежак. Требало је само гномонову вертикалну осу нагнути, то јест управити ка светској оси, и хоризонталну раван гномона довести до поклапања са екваторском равни. Први инструменти ове врсте, дакле сунчани часовници појављују се, изгледа, у VIII веку пре н. е. Према Херодоту, потичу од Вавилонаца.

Први сунчани часовник био је — сматра се — постављен у Атини, за доба Периклова. Био је то круг постављен у равни екватора. Пречник му је био стална правца, подударало се са меридијанском равни места. Круг је био издељен, полазећи од меридијана, на делове од по 15° ; дванаест с једне, и исто толико с друге стране меридијана. У средишту се налазио стуб часовника, управљен ка светској оси, око које се обављало привидно Сунчево кретање у току дана. Како се Сунце привидно креће шест месеци изнад, а шест месеци испод равни екватора, мора стуб бити продужен и испод равни круга. И треба водити рачуна о томе да, при прелазу Сунца с једне на другу страну екватора, стуб неће бацати сенку, то јест сунчани часовник неће моћи за то време показивати часове.

Клепсидр. — Овом инструменту не зна се ни проналазач, ни време, ма и приближно само, проналаска. У сваком случају, потиче из најдавније прошлости. Овако се закључује, јер се сматра да је истицање течности (воде) послужило као прво механичко средство за мерење времена. На трагове му се налази код Египћана око петнаест, код Кинеза око двадесет векова пре н. е.

Били су то провидни судови код којих је истицање одређене количине течности употребљавано и служило за мерење времена у току и дана и ноћи. Тим судовима су давани врло различити облици и димензије. Прављени су и сасма малих димензија, тако да је, нпр., Цезар могао при себи стално носити овако малу справу за мерење времена.

Веровање се одржава да су Вавилонци помоћу клепсида изделили зодијак на дванаест једнаких делова, касније, то јест и данас још, у употреби зодијачки знаци.

Тврди се да се Талес клепсидром послужио да би измерио привидне пречнике Сунца и Месеца мерећи времена трајања њихова излаза, односно залаза. Резултати су, међутим, били далеко од стварних вредности!

Сфера. — Са конструкцијом сфере, као инструментом за мерење, почело се чим се код научника формирала идеја о небеској сфери и о круговима, који су служили за одређивање правца и положаја тачака. Најбоље позната је Еудоксова сфера, чији нам је опис сачуван у једином Хипарховом спису, који је до нас допро, Аратусову Коментару. Међутим нису нам познати ни функционисање, ни намена, ни димензије те Еудоксове сфере.

Није познато ни како је Еудокс конструисао своју сферу, тај глобус. Познато је да се његова сфера, која је, у оној старој астрономији, одиграла улогу, неке врсте првог звезданог каталога, није одликовала ни обичном тачношћу. Није се, нпр., слагала са Хипарховим посматрањима. А служила је искључиво, у поморске сврхе, где су довољни били и приближни положаји звезда. Сферу, као инструмент за мерење, побољшао је Хипарх. Он је унео на глобус низ звезда са ректасцензијама 90° , 105° , 120° ..., тако да су поморци добили тачније справе, и били у стању да часове посматрања звезда и дању и ноћу одређују са тачношћу од свега неколико минута.

Астрономима тог давног времена сфера је служила за одређивање часа излаза, односно залаза звезда, као и за решавање проблема, у оно време, још неприступачних рачунским методама. Преко Еудоксове сфере сазнали смо, осим тога, да се први пут код њега (у Аратусову спису) јавља назив екватор; Еудокс је — изгледа — први увео, за основне кругове што пролазе кроз екваторске и солстицијске тачке, називе колури, који су се сачували у употреби до данашњег дана. Не спомиње се, међутим, назив меридијан, који ће Еуклид увести. Изненађује исто тако да Еудокс не употребљава назив хоризонт, који помињу и Аутоликос и Еуклид.

Исто тако, за одређивање положаја некретница Еудокс не употребљава називе ректасцензија и деклинација, као ни небеска лонгитуда и латитуда; не спомиње нигде ни назив еклиптика. Солстицијске тачке Еудокс ставља у средину зодијачких знакова Рака и Козорога; Хипарх је ставио на почетак тих знакова.

Из појма сфере развила се, временом армиларна сфера, или сфера са круговима, која се дуго и много у астрономији одржала и употребљавала као инструмент за одређивање положаја звезда. Интересантно је да се нигде не спомиње ни проналазак, ни време проналаска армиларне сфере.

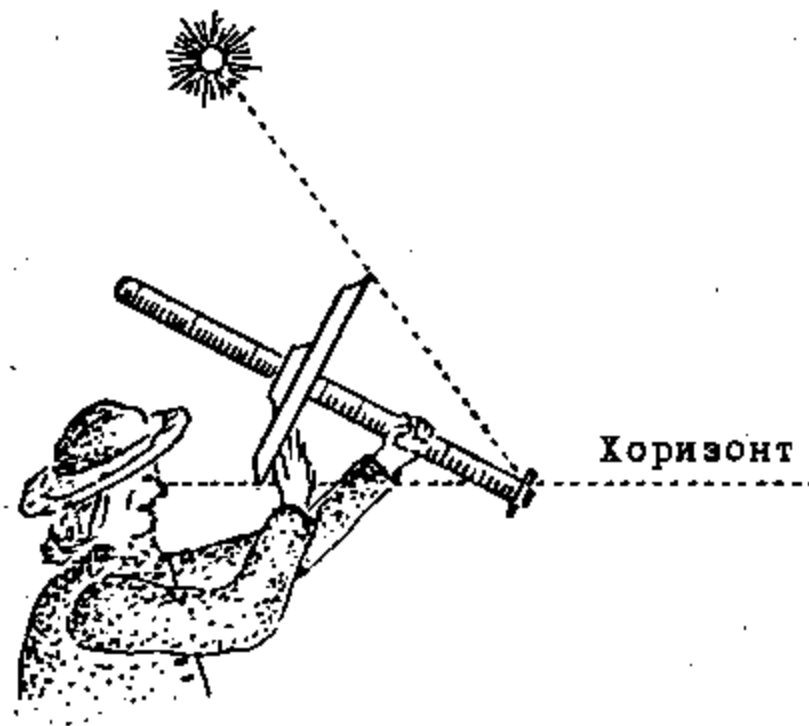
Дошли смо до поглавља о инструментима које је сам Хипарх или конструисао, или се њима само служио. Што се ових тиче, којима се Хипарх само служио, као једини извор на који можемо да се

позовемо и ослонимо, служи нам Птолемејев Алмагест. Он их, додуше, не разврстава, нити их детаљније описује; не помиње им ни димензије, нити се задржава на неким упутствима о њиховој употреби. Понешто о томе налазимо у списима Хипархових наследника.

Почећу од најједноставнијих за које се зна. И споменућу, због сличности, Архимедов диоптар. Јер о њему постоји и опис, и упутство о употреби, као и резултат који је њиме добивен.

Архимедов диоптар је дужи, прав, лењир, који се при мерењу њиме поставља на хоризонталну, равну, површину. Зна се да су њиме мерени привидни пречници Сунца и Месеца. Архимед је мерио (опис поступка је изложио у свом делу „Аренариус“) у тренутку Сунчева излаза, и нашао да је угловна вредност Сунчева привидног пречника мања од $1/164$ четвртине круга, а већа од $1/200$ четвртине круга; то јест мања од $1/164 \times 90^\circ = 1/164 \times 5400' \approx 32'56''$, а већа од $1/200 \times 90^\circ = 1/200 \times 5400' = 27'$. У средњу руку, дакле, $29'58''$; док стварна вредност Сунчева привидног пречника износи око $2'$ више.

Диоптар. — Ово је један од оних једноставних инструмената којим се Хипарх служио. Као и Архимедов диоптар, то је дужи, прав, лењир за нишањење, снабдевен на једном крају визирним окуларом. Птолемеј га помиње, но не описује. Каже само да је служио за мерење привидног пречника Сунца, и да је добио исти резултат као и Архимед.



Сл. 15.

Опис му се налази у спису Теона Александријског; из њега се сазнаје да се дуж диоптара налазио покретан „клизач“, чији је положај дозвољавао да се прочита део поделе на лењиру на којем се клизач заустављао. Инструмент је био портативан, и могао је бити у сваком правцу управљен.

Мерење диоптаром се састојало у померању клизача, да њиме буде потпуно тачно покривен предмет (Сунце), коме је требало одредити привидни пречник, тражени угао у посматрачеву оку.

По својој конструкцији, а, донекле, и по својој употреби, диоптар је подсећао на доцнији инструмент који је, по некима, називан и Јакобов штап (в. сл. 15). Уствари је не само подсећао него и проистекао из Хипархова диоптра; задржао се доста дуго, у поморству, и њиме су мерене висине небеских тела, нарочито Сунца.

Сферни астролаб. — Проналазак овог инструмента приписује се, поуздано, Хипарху, али му је опис потпуно непознат. Птолемеј га спомиње у свом Алмагесту; каже да се „састојао из седам кругова,

усађених један у други, од којих је највећи, углављен у један чврст стубић, управљен у правцу меридијана, носио све остале. Међу овима је један, покретан око светске осе, могао бити доведен до поклапања са еклиптиком; друга два круга представљала су латитудне кругове”.

„Инструмент је служио за одређивање разлике у донгитуди двеју некретница и латитуде једне од ових.” Лицио је на армиларну сферу конструисану за посматрање. Њиме се много Хипарх служио; верује се да су њиме вршена посматрања за звездани каталог, али за то нема сигурних доказа. То је све што се о овом инструменту досад зна и што се могло наћи. Од Грка је прешао, касније, Арапима, а од ових је допро и до астронома европских земаља.

Планисферни астролаб. — Инструмент је изумео Хипарх и почео га је употребљавати после проналаска стереографске пројекције, коју је тако применио на небеску сферу. Инструмент се састојао из једног диска, чија је једна страна имала поделу, преко које се кретала алхидада. Ова је служила за читање са поделе како висине, тако и азимута посматране звезде. Друга страна диска, звана мрежница, представљала је стереографску пројекцију сфере за географску ширину дотичног места.

Инструментом је решаван, уједно, и проблем часа; ово, нарочито, ноћу, јер су њиме могле бити мерене висине звезда, а помоћу њих је одређиван и час. Опис му је, као што видимо, непотпун. Али се поуздано зна да је припадао Хипарху. Од Грка је инструмент прешао, прво, Арапима; а од ових народима Европе, којима је дуго служио за одређивање часа, како по дану тако и по ноћи. Престала му је употреба са појавом часовника. Међутим, у поморству је и касније служио за мерење висина звезда.

Ово су били они први, једноставни, инструменти за које се поуздано зна да их је Хипарх или конструисао, или се њима служио при посматрањима.

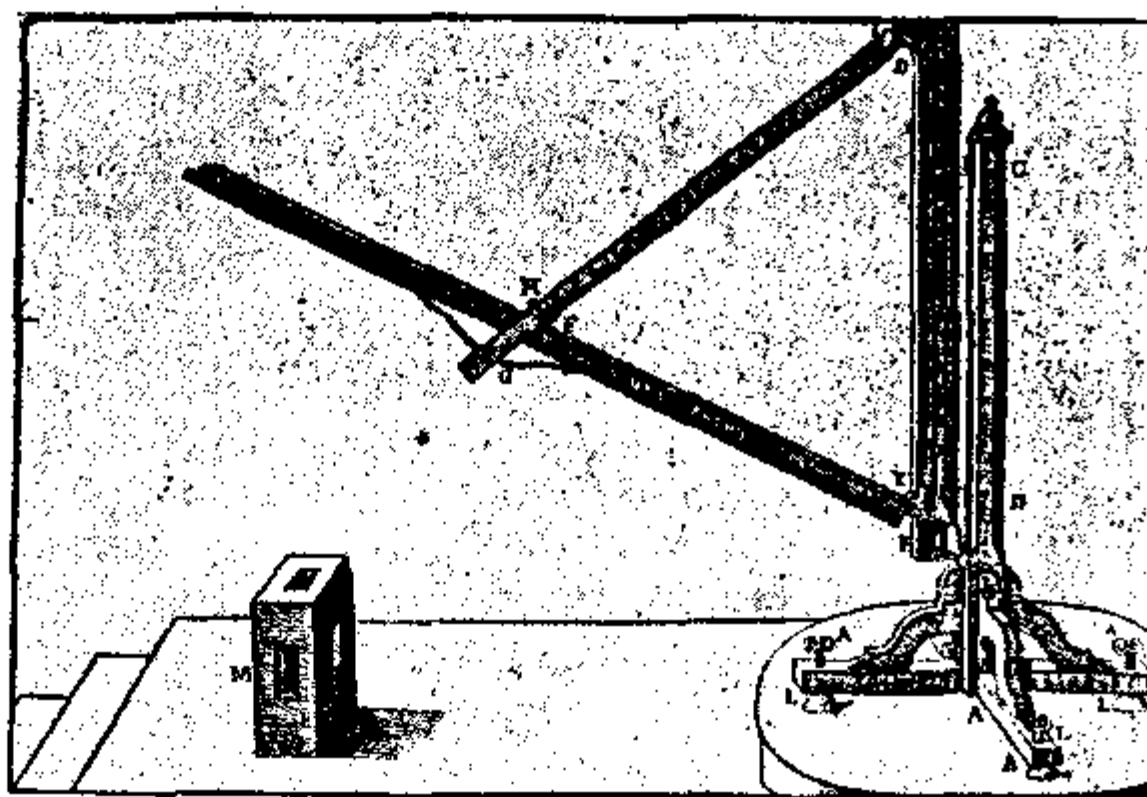
*

Прелазим на опис главних, то јест већих и великих инструмената, које је Хипарх или сâм конструисао, или се њима служио при посматрачком раду. Јер, ма да као једини извор, за све што се о Хипарху зна, служи Птолемејев Алмагест, за опис Хипархова астрономског прибора и инструмената он, као извор и ослонац, једва да је употребљив. У њему човек нити налази слику дотичног инструмента, нити су му назначене димензије (што је свакако важно да се зна), нити му Птолемеј прецизира намену; а не даје ни упутства за употребу дотичног инструмента при посматрању. Ништа од тога читалац не налази у Алмагесту. А то су неопходни подаци, ако треба да се види шта је Хипарх могао да пружи, а колико је он стварно дао.

Слике и описе инструмената које сам овде могао да дам, или су преузети из неке историје астрономије — у том случају цитирам, дакле у тексту дајем под знацима навода — или су позајмљени из

описа Тихо Брахеових инструмената, али само за оне за које је он, уз опис, назначио да их даје или по Хипархову принципу конструисане, или да је преузет (само, можда, нешто мало преиначен) онакав како је Хипарху служио. Описи су, међутим, ипак тешко разумљиви бар са слика нису довољно јасни.

Паралактички инструмент или Птолемејев лењир). — И слика, и опис инструмента, су преузети од Тиха. То је инструмент који је Тихо добио, као поклон, од Коперника. Начињен је био од дрвета. Њима је, у своје време, Тихо одредио географску ширину свог боравишта, тада Ерланда.



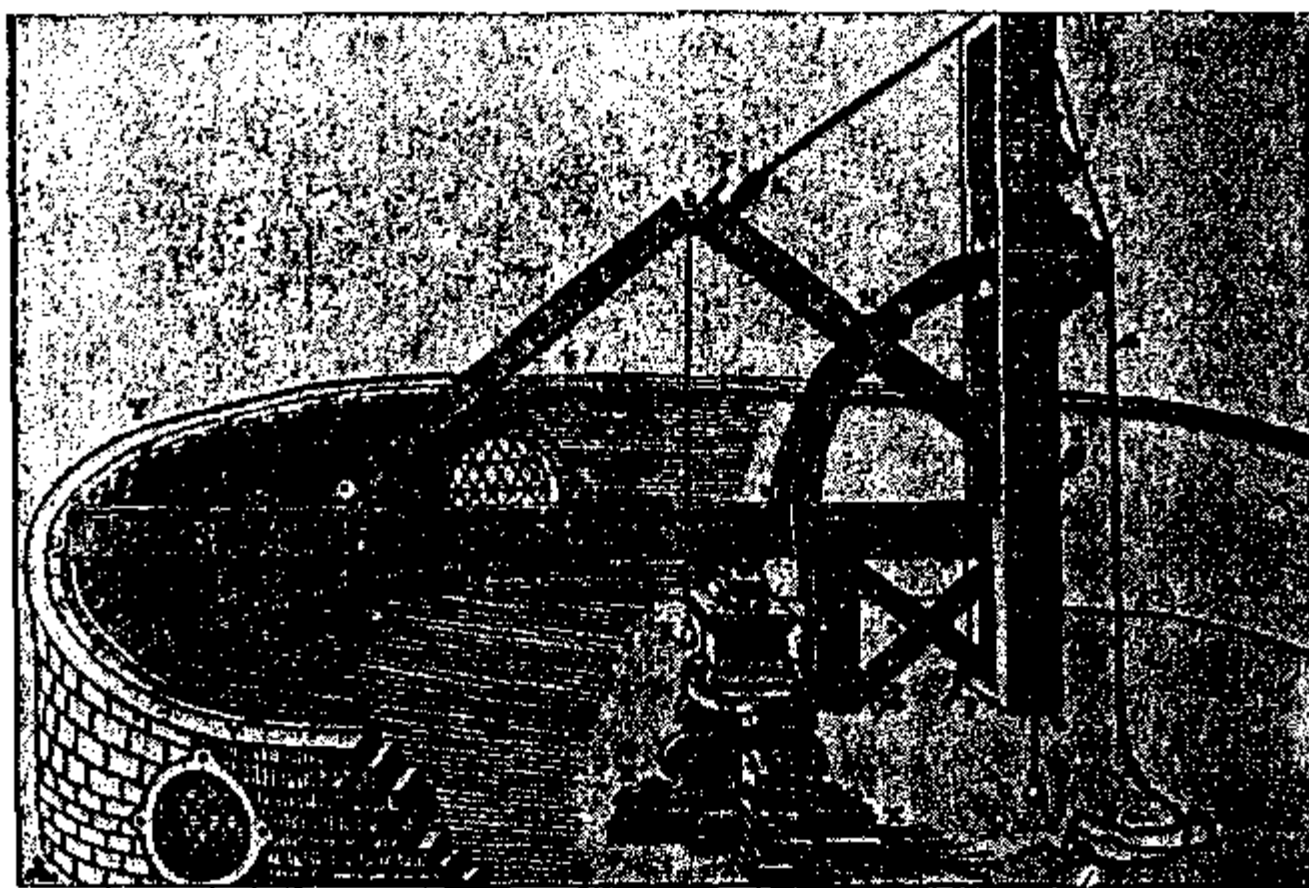
Сл. 16.

Инструмент се састоји из три лењира (в. сл. 16): DE , EF и HI . Први од ових мора бити управљен ка зениту и спојен, изнад D , са другим лењиром, обртним у месинганом жљебу. Та два су једнака по дужини, по 155 цм сваки, рачунајући их од D до F . Трећи лењир, EH , дужи је од прва два, и спојен са лењиром DE ; од ових је први, на исти начин, спојен код E , и може се обртати, а дуг је колико је потребно да стране DE и EF (односно DF) могу образovati прав угао. Лењир DF мора при томе толико бити дигнут да буде паралелан са хоризонтом. На том лењиру постављени су, као H и I , по један диоптер, кроз који се посматра, и служе као да се посматрања врше кроз прорезе. Тако се на тачности губи, при посматрању, јер се не посматра кроз прорез већ кроз округли отвор. А то значи да се у правцу визирања може погрешити и за минут-два лука.

Лењир DK , који је стално усмерен ка зениту, снабдевен је још и једним концем, пуштеним одозго до доле; у ствари је то висак, који се завршава код K . Он служи да одржава правац лењира DE , стално ка зениту. Дотеравање у тај положај може се постићи и деј-

ствујући на завртањ A , смештен на основи инструмента, који је израђен од месинга. Сва три лењира су обешена о стуб CB , око којега може цео инструмент да се обрће.

Инструмент је служио за посматрање зенитске даљине звезде. Птолемеју је служио за одређивање Месечеве највеће латитуде. Угловна даљина од зенита FDE , налажена је помоћу синусне таблице, користећи се поделом на лењиру FE . Јер две странице у троуглу, FD и ED , су дате, а трећа се очитава са најдужег лењира, пошто се посматрање заврши. Тако је одређена зенитска даљина, па и висина посматране звезде.



Сл. 17.

Други паралактички инструмент (са лењиром). — Принцип инструмента је, према расположивим подацима, приписиван Хипарху. Али опис му се налази међу Тихо Брахеовим инструментима. Тим сам се описом и ја испомагао.

Инструмент је већих димензија, тако да мора бити смештен у засебну просторију. Дужина му је (в. сл. 17) 330 см. Горња страна му носи двоструку поделу. Друга два лењира, изнад овога, дуги су, заједно, колико главни, хоризонтални, лењир. На слици су обележени са AB и BC . Дужина свакога је 165 см. Први од њих је причвршћен за главни лењир у тачки A , и може се померати навише и наниже; повлачећи при томе други лењир, BC , са којим је спојен металном шарком, код B . Ова два мања лењира не носе никакву поделу. Први од њих, AB , носи, међутим, визирне плочице и диоптере код E и B , кроз које се посматра.

Горња ивица визирне плочице F (над шарком B) паралелна је са диоптером E , а то омогућује да се посматрање обавља у сваком

смеру, било да су у питању висине, било азимути звезда. На Тихоовом инструменту сва три лењира су била од месинга; да ли су и Хипархови били од метала, не зна се. Облика су били паралелограмског, и изглачани до потребне дебљине, да се не могу лако савијати. Да би се омогућило лако дизање и спуштање лењира, постављен је конач $PLNO$, који је прикачен о копчу PZV .

Дизање и спуштање лењира обавља се помоћу врпце $KLNM$ до доле, који иде кроз мали точић на врху LN ; врпца је везана за први лењир, у тачки K . Овде је смештен комадић метала, али довољно велик, да се кроз његов отвор јасно види визирана плочица F , односно диоптар E , кроз које се посматра.

Положај инструмента проверава се и одржава помоћу виска, који се завршава код Q , а омогућује да се главни лењир AD , одржава у хоризонталном положају, у односу на који је рам, $LNPO$, стално под правим углом. Ово се утврђује још и виском BR , који главни лењир сече између A и C , по половини. Двострука, месингана, шина, ING , одржава главни лењир и цео инструмент у положају да не напусте своју раван. Од тачке A до краја шине има 117 см. Пошто се обави посматрање, подела на лењир, где се читава, подела је код места C . С обе стране тог места су постављене опруге, како положај другог лењира не би, по обављеном посматрању, односно читању, био више померен. Додајмо још да пречник целог круга износи 466 см.

Инструмент је служио за одређивање висине и азимута звезде. Азимут је читан код поделе D , главног лењира. А висина звезде је добивана читањем положаја AC , главног лењира, у ствари угла BAC . Висина је овим инструментом одређивана и лакше и тачније него претходним. Али је азимут представљао, због димензије инструмента, извесне тешкоће.

Главни Хипархови инструменти носили су називе *армиле* (од латинске речи која значи нарүквица). У Птолемејеву Алмагесту се они, међутим — који нам једини служе као извор за њихов опис — називају једноставно „круговима”. Армила води порекло из александријске школе. Први који је успео да их добави био је — изгледа — Ератостен. Монтирао их је у Александријском музеју, и употребљавао их је при својим посматрањима. На острво Родос, Хипарху, прешли су из Египта.

У историјама астрономије помињу се, обично, само две врсте армиле: солстицијске, за одређивање солстицијских тачака; и екваторске, или еквинокцијске, или еквинокцијских тачака. Птолемеј им у Алмагесту, не даје, међутим, детаљне описе. Али их налазимо међу описима Тихоових инструмената; наравно, нешто измењене. Он их назива: зодијачким и екваторским армилама. Истичем да код Тиха стоји да се њима Хипарх служио при својим посматрањима: одређивању лонгитуде и латитуде, односно ректасцензија и деклинација, посматраних небеских тела. На основу тога сам се и послужно описом тих

инструмената, кад их код Птолемеја нисам нашао, како сам сматрао за потребно.

Екваторска армила служила је за одређивање — као што рекох — ректасцензија и деклинација звезда. Састојала се из три прстена (в. сл. 18). Прва највећа, спољна армила, која је обухватала унутрашње две, представљала је меридијан (посматралишта). Пречник јој је износио 155 см; димензије осталих прстенова равнале су се према овом највећем. Дијаметрално, од A до D , пружала се округла, покретна, оса, заједно са армилом, којом су мерене деклинације. На средини те осе — а то је била, уједно, и средина армиле — налазио се цилиндрић, G , ширине осе, нормалан на њој.

Оса је могла бити померена, заједно са меридијаном, док висак, BV , није показивао на подели, комплемент висине пола дотичног посматралишта. Са унутарње стране армиле, $NMPO$ (в. сл. 18), прочита се деклинација звезде. Успут напомињем да се ова армила може поклопити са меридијаном. На четири места, удаљена по четвртину круга (по 90°), налазе се визирне плочице (на слици су видљиве само две, M и O). Оне имају, свака, по два прореза, размакнута један од другог за дебљину осе AD .

Армила $HLKI$, која на првој стоји нормално, одговара небеском екватору. На месту C , као и на дијаметрално супротном, спаја се са меридијаном. И она, као и пређашња, носи четири визирне плочице, од којих се, на слици само две виде, код I и K .

Инструмент је служио — као што је већ речено — за читање ректасцензија и деклинација звезда. У ту сврху је армила $DNPM$ окренута око њене осе и управљена ка телу које треба да буде посматрано. Њене визирне плочице су покретне, навише или наниже, док не угледамо неку, коју било, сјајну звезду, подједнако сјајну изнад и испод цилиндрића G , на средини армиле. Тражена деклинација се тада чита на спољној плочици. На другој армили, управној на овој првој, једну од визирних јој плочица управљамо ка једној од звезда чија је ректасцензија на неки начин била одређена. Згоднију од визирних плочица други посматрач (јер и у овом случају, два посматрача су потребна) управља ка другој звезди, док и њу не видимо с ове стране осе инструмената. Па се прочита лук између две визирне плочице, и добива се разлика између ректасцензија обеју звезда. Ако се ова вредност дода или одзме од ректасцензије познате звезде (према њихову релативном положају) добија се ректасцензија непознате звезде.

Зодијачка армила. — Састојала се из једног великог круга (Тихоова од месинга, да ли је и Хипархова од месинга била, не зна се), $FBCNH$ (в. сл. 19), пречника преко 100 см, издељена на степене. Овај круг је обухватао све остале армиле; и представљао је меридијан. Према томе, да би могло овом армилом да се посматра, морала је да буде постављена тако да се меридијан посматралишта поклапа тачно

са небеским меридијаном места. На том великом, спољном, кругу налазили су се полови, *C* и *D*, екватора. Ови су били покретни, то јест могуће их је било померати по кругу, наниже и навише, тако да коначно одговарају географској ширини посматралишта. За то померање служи висак, *BS*, који је причвршћен у зениту места, у тачки на подели на кругу, која одговара комплементу висине пола посматралишта.



Сл. 18.



Сл. 19.

Прва, која спољњи круг (меридијана) обухвата, је армила *GFH* (в. сл. 19). Друга, која се зове зодијачка армила, која је нормална на првој, јесте армила *PQQNQ* (в. сл. 19), са половима *I* и *K*. Ови се налазе од екваторских полова на даљини једнакој даљини еклиптичких од екваторских полова; значи максималној вредности деклинације зодијака. А за ту вредност — додаје Тихо на овом месту — нађена је у више махова вредност $23^{\circ} 31\frac{1}{2}'$!

Кроз зодијачке полове провучена је (месингана) цев *IAK*. На њеној средини налазио се мали ваљак *A*; то је био додатак који су стари астрономи употребљавали. Око полова зодијака, а у њему, обрће се други прстен, *KLRM* (в. сл. 19), који је служио за изналажење латитуде посматране звезде. Зодијачка армила, *POQN*, снабдевена је била са четири визирне плочице (од месинга), *Q* са прорезима (од којих су, на сл. 19, само три видљиве). Латитудна армила носи

такође четири такве визирне плочице, обележене са R , од којих је четврта на сл. 19. невидљива.

Код Тихо-овог инструмента је спољни круг од масивног челика, како би могао примити све унутарње кругове армиле. Пречник тог спољњег круга је био 117 см; према њему су се равнале и димензије свих осталих.

Сви кругови, који сачињавају армилу, издељени су и носе поделе на степене. Додајмо још да цела армила почива на чврстој подлози, ослоњеној на металним ножицама $YUYU$ (четири су биле од челика) на слици обележеној словима $VTDW$ (шипке) $XXXX$, и хоризонталним прстеном zzz . У тој подлози је рупа C за олово виска. Сам гвоздени прстен пропушта, на четири еквилистантне тачке d завртњеве који почивају на четири камена стубића. Помоћу ових завртњева цео инструмент је могуће повисити или снизити, тако да све равни армиле тачно одговарају небеским круговима које представљају. Иначе, због својих димензија, армила је морала бити смештена у засебном павиљону, са кровом који се могао померати.

Зодијачка армила је и Хипарху и Птолемеју служила за мерење лонгитуда и латитуда звезда. Што се рада тиче, морам одмах рећи да је упуство прилично компликовано и, са слике, доста тешко разумљиво. Утолико теже што су при посматрању потребна два посматрача. Један од њих ставља коју било од визирних плочица, на зодијачкој армили, у правцу тачке што одговара лонгитуди неке познате звезде. И визира ту звезду кроз оба прореза, с обе стране осе IK , трудећи се при томе да цео инструмент одржи у положају како би се еклиптичка армила стално поклапала, тачно, са небеском еклиптиком.

У међувремену, други би посматрач померао било коју од других визирних плочица на зодијачкој армили, док не би угледао звезду чију лонгитуду треба да одреди. Тако ће, подједнако јасно, видети звезду кроз оба прореза дуж поменуте осе. Визирна плочица ће, у том случају, на зодијачкој армили показивати лонгитуду звезде. А да би одређена била и њена латитуда, треба на ту исту лонгитуду на еклиптици да буде постављена латитудна армила, па потом од њених визирних плочица померана, навише или наниже, док се кроз оба прореза дуж ваљка A , на сред осе, не појави дотична звезда. Визирни прорези ће, у том случају, показивати тражену латитуду звезде, а моћи ће се прочитати, са поменуте латитудне армиле, изнад или испод еклиптике, према томе да ли је латитуда дотичне звезде северна или јужна. Тако ће бити одређене и лонгитуда и латитуда некретнице које је требало наћи.

Овом армилом, међутим, није обезбеђивана и већа тачност, каже Тихо за своју армилу, но то се односи (ако се нигде и не каже) и на армилу Хипархове конструкције.

*

Ово би били инструменти за које историја астрономије зна да их је или Хипарх конструисао, или се само њима служио при својим

астрономским посматрањима. О првима се редовно налазе и њихови описи, по којима се могу сазнати сви подаци о њима који могу посматраче да интересују. О другима се, међутим, не налази ни на какве од ових података. Што је овде таквих података и дато, узето је из описа Тихоових инструмената, код којих је било назначено да су по Хипархову принципу конструисани. То је једна од тежих замарака које се могу упутити на адресу Птолемејеву, једином извору и ослоњу кад се о Хипарху ради, што је у овим подацима тако шкрт био.

Ово ме, опет, доводи до идеје да се упитам није ли ово, уједно, и један од индиција да нам се Птолемеј не може више као посматрач наметати? Ја сам готов да му одам пуно признање, и њему и његову Алмагесту; да му признам четрнаестовековну улогу коју је играо и одиграо, али му не могу признати, нити у њему видети ревностног опсерватора, још мање онаква какав је Хипарх био!

Рекао бих и нешто више, али ћу прво изнети чињенице на основу којих сам до тог закључка дошао, па ћу сâм закључак тек после тога извести.

Инструмент „Кружни квадрант“ налази се први пут описан у Алмагесту, и наводи се као Птолемејев проналазак. Изненађује, међутим, да код описа инструмента нису назначене његове димензије. Помиње како се њиме служио за одређивање нагиба еклиптике. А као резултат наводи вредност коју је, пре равно три стотине година раније, добио Ератостен! Прво, зашто? А, друго, како је могуће да исту вредност добије, кад се зна да је то са временом променљива вредност! Још је интересантније да на том месту Птолемеј наводи како је тим инструментом обавио велик број посматрања, а не наводи н и ј е д н о од њих. Историчари астрономије су склопи да закључе да Птолемеј није тај инструмент ни стварно конструисао!

Сличан случај је био и са Птолемејевим „Паралактичким лењиром“. Код описа му он се правда зашто га није већег направио, али се не сећа да дода од чега је: да ли је металан, или од дрвета. Даље, не спомиње ни каква је подела угравирана у лењир са кога се чита резултат мерења инструментом. Историчари и овом приликом изражавају сумњу да је Птолемеј сâм инструмент реализовао! То утолико са више разлога што свега ј е д н о посматрање наводи које је тим инструментом обавио. А необјашњено оставља зашто њиме није, нпр., одредио нагиб еклиптике и своју географску ширину, које је могао тим инструментом да одреди!

Још поучнији је случај са чувеним звезданим каталогом, објављеним у Алмагесту. Тим поводом Птолемеј наводи и инструмент којим се служио за само посматрање, и тврди да је с в е звезде у њему сâм посматрао! У ствари, не буди ли Птолемеј већ овом изјавом сумњу у оно што тврди? Је ли Хипарх, који је и израдио први звездани каталог, сличну изјаву давао?

У сваком случају, Птолемеј је дуго био сматран за аутора каталога објављена у Алмагесту. Али, ево шта је написао један историчар G. V i g o r d a n астрономије поводом баш овог каталога. „Навешћу аргументе који говоре против Птолемеја, да бисмо показали како је, раније или касније, у астрономији откривен сваки присвајач туђег рада!”

У новије време су се појавиле озбиљне сумње у ауторство звезданог каталога објављена у Алмагесту. Извесне доказе у том погледу навели су Ф л е м с т и д (Flamsteed), први директор гриничке опсерваторије; затим, познати енглески астроном Х а л е ј; па, затим, француски историчари астрономије: Л а л а н д, Б и о, Т а н р и, Д е л а м б р, Б о к е, Б и г у р д а н, дају доста убедљиве доказе, који доказују да је Птолемејев каталог у ствари Хипархов преведен, само са погрешном вредношћу прецесије на каснији екваториј!

Има их, додуше, који не деле исто мишљење у погледу ауторства. Л а п л а с, нпр., тврди да је каталог, и поред наведених детаља, доиста, Птолемејево дело. У ово је убеђен и немачки историчар јелинске астрономије E. Z i n n e r. Па и М и л а н к о в и ћ брани гледиште да је Птолемеј, стварно, посматрао звезде које је објавио у каталогу, који назива „својим”. Као доказ за ово наводи податак да Хипархов каталог, који је недавно пронађен, садржи свега 850 звезда, док у Птолемејеву налазимо 1022. А, осим тога — додаје М и л а н к о в и ћ — и у другим појединостима Птолемејев одступа од Хипарховог.

Стоји чињеница, поред свега овога, да се Птолемеј, у својим радовима, неупоредиво више и чешће, позива не на своја већ на посматрања ранијих астронома, најчешће Хипархова; ребе Тимохарисова и Ератостенова; још ребе Аристархова и Аристилова, и низа других; а, поред тога, и на вавилонска и халдејска.

Гледиште које сам горе изнео заступа и француски историчар Б о к е. Он тврди да: „Птолемеј није много времена жртвовао на посматрања звезда. У свом Алмагесту, у одељку посвећеном теорији Месечева кретања, он се не позива на своја посматрања, већ на посматрања Месечевих помрачења, извршених у Александрији 123. г. пре н. е. (време у које, како изгледа, још Птолемеј није посматрао), и упоређује их са посматрањем Месечева помрачења, обављена из Вавилона године 491 пре н. е. Историчари се питају зашто Птолемеј тако ретко своја посматрања помиње!

Нешто ниже, исти историчар додаје: „Та Птолемејева брига да добије резултате који ће се поклапати са вредностима које су његови претходници нашли, није усамљен случај!”

Опет у прилог гледишту које сам напред изнео, налазимо код француског историчара јелинске астрономије, Б и г у р д а н а, на стр. 295, на ове речи: „... Шта више, опште је мишљење да (Птолемеј) није опсерватор био — да је посматрања и претпостављао, да би своје хипотезе доказао, за које никад није наводио како је до

њих дошао . . . „тако да се једва прихвата (гедиште) да није намерно брисао нека Хипархова посматрања . . . !”

У сваком случају је Птолемеј дуго дуго био сматран за најславијег астронома старог века. И с правом. Он нам је, у свом Алмагесту, сачувао и пренео све што је Јелинима, до његова доба, било познато из астрономије. Упознао нас је са неким и од својих проналазака, нарочито у теорији о Месечеву кретању. Њему и његову Алмагесту дугујемо за геоцентрични систем света, којим су Јелини објашњавали сва збивања и кретања на небеском своду. Тај систем је, све до Коперника, и његово име носио, иако исти није ни његов допринос био, нити његову тековину представљао!

Али једну чињеницу морам и Птолемеју овде признати. Од свих својих претходника астронома не наводи, у свом делу спис или дело ниједног од њих сем — Хипарха. Понаша се као да ниједног другог од њих не признаје, иако се служи њиховим посматрањима и резултатима. Као да једино Хипарха цени и у њему признаје свог претходника!

ПОСТХИПАРХОВСКИ ПЕРИОД

Читалац треба само дубље да се уживи у период који после Хипарха наилази, па стиче јасан утисак да се некадањи сјај јелинске астрономије у то доба већ сасвим угасио. Три читава столећа после Хипарха не јавља се више ниједан астроном Хипархова стила; за то време није забележен ни један значајнији проналазак, нити и једно значајније астрономско посматрање. Француски историчар астрономије, Ф. Б о к е, који често уме да буде и заједљив критичар, спомиње како се од знаменитијих астронома, у периоду после Хипарха до Птолемеја, не јавља ни један, тако рећи, који би био помена вредан.

Споменућу, ипак неке, било коментаторе, било филозофе, из времена између Хипарха и Птолемеја, који су нам пренели понеке од идеја заслужних астронома; неке који су за собом остављали нека дела, у којима наилазимо на дефиниције астрономских појмова, или, у којима налазимо објашњења астрономских или геофизичких појава, које други нису помињали. Или ако наилазимо на бројне вредности које другима или нису биле познате, или их нису саопштавали; па тако сазнајемо понешто што дотле нисмо знали, а старим астрономима је — видимо — било познато.

При томе ћемо се, наравно, трудити да буде поштовањ хронолошки ред.

Посидоније, филозоф — стоичар; родом је био из Апомеје, град у Сирији. Студирао је у Атини. После завршених студија је дуго путовао. На крају се настанио на острву Родосу, где је, око 103. г. пре н. е., основао и своју школу, у којој је држао и предавања. Међу

својим слушаоцима имао је, између осталих, и Цицерона. Касније је са овим одржавао везе и био у добрим односима. За живота био је велики присталица астрологије. А бавио се и астрономијом. За њим су остала, али нису сачувана, два већа дела, „Метеорологија” и „О океану”. Умро је у Риму, око 50. г. пре н. е.

Од астрономских радова зна се да је вршио мерења Месечева привидног пречника. Зна се да је констатовао да су Сунчев и Месечев привидни пречник једнаки; а нашао је да износе $28' 48''$. Одређивао је и Месечев прави пречник, за који је нашао да износи око 40.000 стадија. Вредност, свакако нетачна. За Месечеву даљину од Земље добио је 500.000 стадија; вредност знатно прецењену!

Изучавао је појаву пламе и осеке; написао је о томе и књигу, „О океану”. Дело није сачувано, али по Страбоновим наводима зна се да је Посидоније сматрао да код морских маса постоје периодична померања, која су у вези са дејством небеских тела. Три врсте периодичних кретања претпостављао је да постоје: дневно, месечно и годишње периодично кретање мора. За сва три је сматрао да су у вези са Земљиним пратиоцем Месецем. Интересантно је да су прва два периодична кретања тачно предсказана, док годишње није.

У историјама астрономије се нарочито помиње, и познат је по томе, што је вршио мерење обима Земљина меридијана. За само мерење и његову нумеричку вредност дугујемо записима Клеомедовим. Изведено је, углавном, према Ератостенову принципу. Посидоније је изабрао два места, за која је претпоставио да су на истом меридијану: острво Родос и град Александрију. У ствари је разлика у географској дужини износила $1^{\circ} 43'$. За њихову даљину и претпоставио да износи 5.000 стадија. Но ни Клеомед, ни Посидоније, не кажу нигде како су до тог броја дошли; јер та места раздваја море.

Меридијанску висину Сунца заменио је Посидоније са меридијанском висином звезде Сапорис (најсјајније у сазвежђу *Argo*). Она је из места северно од острва Родос била невидљива, а са овог острва је почела да бива видљива, баш у хоризонту (при ведром времену), за време пролаза кроз меридијан. При том мерењу, наравно, није вођено рачуна о дејству рефракције, које је у том тренутку и положају бивало најјаче. Из Александрије посматрана висина звезде је нађена да износи четвртину Зодијакова знака, или 48-у пуног круга; дакле око $7^{\circ} 30'$.

Према томе, за обим Земљина меридијана је Посидоније добио — али само захваљујући повољном изравнавању грешака које су потицале од полазних података — 240.000 стадија. Значи, ако се стадиј опет узме 157,5 м, за обим Земљина меридијана се добива 37.800 км, вредност релативно доста приближна и оној Ератостеновој и стварном обиму меридијана.

Созиген из Александрије, зна се да је живео у првом веку пре н. е. Мало се зна о њему као астроному. У Александрији је постао познат

по свом спису о дужини године. Тако се и Јулије Цезар њему обратио кад је наумио и предузео да изврши реформу дотадањег римског календара. Уз Созигенову помоћ, преузета је египћанска година, од $365\frac{1}{4}$ дана, и нови римски календар доведен до поклапања са појавама у природи. Календар је ипак добио име „јулијански“, и одржао се неизмењен читавих скоро шеснаест векова. Поправно га је папа Грегорије XIII, 1582. године. Код православних се, међутим, и даље одржао, све до данас.

Кажу да је Созиген знао за грешку коју је његов календар садржао, и коју је требало временом уклонити.

Вредна је помена напомена да је Созиген, приликом ове реформе, сасвим напустио лунарну годину, и лунно-соларну такође, и усвојио сунчану годину, усвојивши за трајање Сунчева обиласка целе годишње путање $365\frac{1}{4}$ дана. А увео је да се три године (просте) рачунају од по 365 дана, а свака четврта са по једним даном више (преступна), од по 366 дана.

О Созигеновим астрономским радовима не зна се много. Познато је да од њега потичу астрономски подаци о излазима и залазима некретница, али који се односе на Египат, а не Рим. Познато је и да је он открио променљивост привидних пречника Сунца и Месеца. Али то је све.

Страбон, рођен је у граду Амасае, око 55. г. пре н. е., умро је године 25. после н. е. Оставио је иза себе седамнаест књига његове „Географије“, од којих је доста сачувано. Од њега потиче гледиште, које је још Хипарх поставио, да се у географији не може ништа, а да се не прибегне „науци о небу“; ни због одређивања клима (географских ширина места), ни без одређивања географских дужина (помоћу помрачења).

Дело које је за собом оставио више је историјско него егзактно. У њему налазимо, поред његових студија, Ератостенових радова, али више се позива на Хипарха и Посидонија. Критикује Питеаса; њему замера што је ставио Марсељ и Бизанс (Цариград) на исти паралел. Јер он налази да је Цариград северније. У ствари греши и Страбон, јер је Марсељ, у ствари, $2^{\circ} 18'$ северније.

Страбонова „Географија“ је најпоузданији извор што се тиче знања о појавама плиме и осеке у старо доба. Преко Страбона са знајемо шта је о појави Ератостен мислио. Иначе, код њега налазимо о појави и ову белешку. У појави се примећују — бележи Страбон — неправилности или правилности према зодијачким знацима у којима се Месец налази у том тренутку. Особине појаве постају правилније, кад се Месец налази у знацима екваторским; напротив, у карактеристикама се примећује, како у амплитуди, тако и брзини тока појаве, кад се Месец нађе у солстицијским знацима Зодијака. Објашњење овога става налазимо код Г. Х. Дарвина.

Клеомед, грчки филозоф; не зна се ни кад је, ни где рођен. Сматра се да је живео у првом веку пре н. е. Главни му је дело „Гео-

рија кружних кретања небеских тела", у две књиге. Завршава га речима: „Дискусије које се у њему налазе нису ауторове, већ позајмљене из коментаторских дела других аутора, делом ранијих, делом нових". Често помиње Ератостена, нарочито Посидонија. Не помиње никако Хипарха; да ли зато што му није познат, или што га игнорише, не зна се! Од Птолемеја је свакако ранији.

Највише се позива на Посидонија. Преко Клеомеда и сазнајемо да је Посидоније заступао гледиште: да свет није бесконачан, да је, напротив, ограничен. Да је изван света празан простор који се простира до у бескрај, у свима правцима.

Код Клеомеда налазимо на већину Птолемејевих аксиома: Да је свет ограничен, и да се иза његових граница простор пружа у бесконачност... Да је Земља облика обла, опкољена небом са свих страна. Клеомедови докази су, међутим, прилично наивни. Нешто даље, додуше каже: да се висина пола мења са местом, као и дужине дана и ноћи. Све ово је за њега доказ да Земља има облик глобуса... За Клеомеда је, даље, Земља средиште света. Он не сумња да Земља мирује. Докази за све ово су позајмљени од Аристотела.

У свом делу Клеомед ставља изнад Месеца Меркура, Венеру и Сунце, а за њима Марса, Јупитера и Сатурна; дакле у ред који, касније, преузима и Птолемеј. Клеомед, даље, сматра да Месец прима светлост од Сунца, али да има нешто и сопствене светлости; њоме објашњава пепељасто светло, као и оно, слабо, које се посматра приликом тоталних Месечевих помрачења. Налази и наводи да су трајања синодичке револуције и обртања око осе једна другом једнака. Даље, заступа мишљење да Месец има доста велик утицај на збивања на и око Земље; нпр., на метеоролошке појаве, а нарочито на појаву плимe и осеке, коју приписује Месечеву дејству. Но не изгубимо из вида да оно што наводи у својим делима, да су то највећим делом позајмљене ствари од других астронома и коментатора.

Деламбр сматра да је његово главно дело елементарно, које је писао човек који се сматра да не влада материјом о којој пише. Други историчари, опет, налазе да је важно оно што је написао, нарочито за географе.

Сенека, филозоф. О животу се скоро ништа не зна. Написао је велики број дела. Од сачуваних, на астрономију се односи само дело „*Questionum naturalium libri VII*“, где говори о кометама. Изгубљено му је дело „*De Terrae motu*“. Он није био математичар, али су му резонувања врло интересантна. За жаљење је што је често преносио грешке других аутора. Тако се историчар Монтикла (*Monticla*) подсмева Сенекиним идејама о кометама, специјално о периодичности комета. Међутим, само двадесет година касније морао је признати да је Сенека имао правилан осећај о кретању комета.

О астрономији је реч у „*Questionum naturalium libri VII*“. У првој књизи дела изучава комете и појаве које је на њима посматрао; о боји звезда; о светлосним луковима и халоима око Сунца. Невешто побија идеје да је дуга произведена одбијањем водених ка-

пљица; а, место тога, сматра да долази као последица одбијања од лебелих ваздушних слојева. Другу књигу Сенека би боље учинио да је није ни написао. У трећој књизи говори о потопу као општој катастрофи. Четврта књига је посвећена метеорима, облацима, граду и киши. У петој је реч о кретањима атмосфере. Шеста књига говори о земљотресима и помрачењима који, као и појаве комета, изазивају код људи велики страх. У седмој Сенека испитује природу комета; примећује да се оне виђају у свима деловима неба, дакле друкчије него планете. Истиче да није могао да схвати распадање комета у два дела, који се крећу сваки својом путањом. Погрешно му је тврђење да се комете виде много више у другом делу ноћи. Верује да су и комете небеска тела као и планете. Први открива да се и звезде слаба сјаја виде кроз кометину материју.

Геминус, грчки филозоф, пореклом, вероватно, са острва Родоса. Живот му је, по свој прилици, протекло у првом веку наше ере. Астрономијом се није бавио. Позната су му два дела „*Introduction aux Phénomènes d'Aratus*” et „*Elementa Astronomiae*”. Примећено је да у делима помиње, и то чешће, Хипарха, али Птолемеја никако. Није могло ни то остати неопажено да Хипархову теорију Сунчева кретања приказује, углавном, тачно.

У делима му налазимо на претежно елементарне ствари из астрономије. Тако налазимо на дефиницију меридијана, као велики круг што пролази кроз полове и вертикалну тачку (која је касније названа зенит). За нагиб еклиптике наводи 24° . Еклиптику назива животињским кругом. Чудновато изгледа да нигде у свом делу не спомиње појаву прецесије еквinoxија. Тачно сматра да Месец светлост од Сунца прима. Тачне су му и представе о помрачењима и, готово, све што о Месецу каже.

Дела му иначе садрже прилично интересантне историјске чињенице. Тако у њима налазимо извесне нумеричке податке из халдејске астрономије; нпр., за трајање Месечеве револуције даје вредност $27^{\circ} 13' 20''$; за синодичку револуцију $29^{\circ} 12' 43''$; а за Месечево средње дневно кретање $13^{\circ} 10' 35''$, напомињући да оно није униформно.

Сазнајемо, даље, да сматра да Сунчев обилазак целог зодијака (то јест годишње путање) траје $365\frac{1}{4}$ дана; значи да не води рачуна о Хипарховој поправци тог броја за $7''$. Даље налази да годишња доба трају: пролеће $94\frac{1}{2}$ дана, лето $92\frac{1}{2}$, јесен $88\frac{1}{8}$ и зима $90\frac{1}{8}$ дана. По Геминусу Сунце проводи 187 дана на северној, $178\frac{1}{4}$ дана на јужној страни еклиптике. Али ону разлику од 8 дана објашњава на нетачан начин. За трајање Месечеве синодичке револуције он наводи $27\frac{1}{3}$ дана; за Меркур и Венеру налази да им револуције трају по $365\frac{1}{4}$ дана; за Марс наводи 780 дана, а за Јупитер 12 година, док за Сатурн даје 30 година.

Занимљиво је да Геминус и његово доба не сматрају да се све некретнице налазе смештене на истој сфери. Он налази да наш орган

вида није способан да констатује разлику кад су тела сувише далеко од нас.

Код Геминуса налазимо на став да се у астрономији поставља као принцип да се Сунце, Месец и пет планета крећу; да се крећу кружним униформним кретањем у смеру супротном смеру дневног обртања свода. И даље додаје, Питагорејци, као први, који су се тим испитивањима бавили, претпостављају да Сунце, Месец и пет планета обављају кружна, униформна кретања.

Заслужује да се напомене, и истакне, да је Геминус сузбијао астролошка тврђења и предсказивања.

Теон из Смирне, филозоф платоничар, ученик одличног математичара Адраста (d'Aphrodisia) који је, изгледа, живео при крају првог и почетком другог века н. е. О Теонову животу се такође не зна скоро ништа. Зна се само поуздано да је живео око 130. г. после н. е., и да је писао у време између Хипарха и Птолемеја; после Адраста из Афродизијаса.

За собом је оставио дело „*Liber de Astronomia*“, које нам не представља ништа ново. Дело је сачувано и преведено. Почиње са ставом како је потребно утврдити „да је свет округлао; да је исто таква и Земља, која, уједно, игра улогу средишта света и, према њему, понаша се као тачка. Даље, у свом делу заступа и показује како хипотеза епицикла може бити сматрана као последица хипотезе ексцентрика. Није му најјаснија напомена, коју касније формулише, да Сунце изгледа да се спорије креће и да му је привидни пречник мањи кад се нађе $5^{\circ} 30'$, од сазвежђа Близнаца, а да достиже већу брзину и да му привидни пречник бива већи у положају сличном према сазвежђу Стрелца. Даље налазимо у делу тврђење да се Питагора бавио изучавањем спорог кретања планета, које су сматране да се крећу у смеру обрнутом дневном обртању свода.

Свакако необично изгледа да Теон, који о Хипарху говори с поштовањем, прелази ћутке преко појаве о прецесији равнодневичке тачке.

Споменућу још и то да је Теон претеча Птолемејев у хипотези о мировању Земље.

Симплиције, филозоф-коментатор, који се мало и ретко помиње у историјама астрономије. Не зна се ни приближно кад се, ни где родио, ни где је умро. Иза себе је оставио једно дело „*In Aristotelis de Coelo quatuor libros commentarii*“, у којем не налазимо ништа ново нити значајно за астрономију. Али нису без интереса његове историјске белешке, цитати и подаци ранијих астронома и филозофа; мислим на Питагорејце, Хераклида Парадоксолога, Аристарха, Хипарха.

Тако у поменутом делу налазимо на став како су Питагорејци сматрали да Земљу треба рачунати као небеско тело које кружи око средишта, према томе мења свој положај према Сунцу и тако производи дан и ноћ. Сматрали су да је, доиста, она узрок промене дана

и ноћи: да на оном њеном делу обасјаном Сунцем траје дан, док на оном делу окренутом њеном сенчаном конусу влада ноћ.

У истом делу налазимо наведене податке о синодичким револуцијама планета ранијих астронома. Специјално како их је Еудокс рачунао. А да бисмо могли да оценимо тачност и приближност наведених вредности, дали смо и стварна, данас усвојена, трајања тих револуција:

		Венера	Меркур	Марс	Јупитер	Сатурн	
Трајања	Еудоксова	570	110	260	390	390	} дана
синод. револ.	Савремена	584	116	780	399	398	

Поменуто Симплицијево дело нам сведочи да је његовом аутору познато било да се привидни пречници Сунца и Месеца мењају.

Значајан му је податак што га налазимо кад каже — алудирајући на Хераклидеса од Понта и Аристарха — како су ови астрономи веровали да могу посматране појаве „спасити“ (мисле, објаснити) претпостављајући да се небо и некретнице не крећу, већ да Земља обавља кружно кретање, од запада ка истоку, око полова екватора, обављајући дневно отприлике по један цео обрт. Додата је реч отприлике, услед Сунчевог сопственог кретања од по једног степена за дан.

Интересантно је и то да Симплиције помиње Аристарха заједно са Хераклидесом кад говори о Земљину дневном кретању.

Побројао сам и понешто рекао, колико сам могао и нашао, о личностима из грчке и римске астрономије, које припадају постхипарховском периоду; мислим времену између Хипарха и Птолемеја. То јест набројао сам научнике, филозофе, песнике, коментаторе, који су неке везе са астрономијом имали; које обично помињу и историчари астрономије. У ствари, који су нам, ако и не неким, или новим, доприносима обогатили астрономску науку, у својим делима (сачуваним или не) пренели идеје својих претходника, забележили понеку историјску чињеницу од значаја, које су нас информисале о стању астрономије онога времена.

Али нисам набројао све личности које махом налазимо по историјама астрономије, о којима се ништа не зна, или које ништа интересантно нису за собом оставили. Само сам их набројао; а нисам се задржавао, нити о њима говорио, о научницима, филозофима и песницима, као што су били: Витрувије, из Вероне; или Варон, обојица из првог века после н. е. Нисам споменуо, из овог времена, ни Цицерона, римског песника, иако се зна да је био противник астрологије и астролошких предвиђања. Исто тако нису спомињани ни Виргилије, ни Овидије, такође римски песници, које историчари астрономије помињу, али који ништа у астрономији за собом нису оставили.

Из 93. г. после н. е. датира једна посматрана окултација, из Битиније; а објавио је грчки филозоф Агрипа. Два слична посматрања потичу из Рима, такође из овог доба, од грчког геометра и астро-

нома, Менелаја, пореклом из Александрије. Од овог аутора сачувано је и дело, из 80. г. наше ере, под насловом „Сферика“. Помињем га овде, јер се неким његовим посматрањима некретница послужило, касније, Птолемеј.

Птолемеј. Ово је последњи јелински велики астроном, александријске школе, кога сви историчари астрономије признају за заслужног астронома, и то не само свога доба; а савременици га називају узвишеним, често чак и божанственим. То је Клаудије Птолемеј.

Пореклом је био из Тебаиде, града у Горњем Египту. Али, и поред знаменитости улоге коју је својим учењем и главним делом дуго играо, не зна му се за датум, чак ни о години ни рођења му, ни смрти; а ни места. Зна се само да му је живот протекао, сав, у Александрији. А протекао је у другом веку наше ере; 300 година иза Хипарха.

Судећи по броју дела која је за собом оставио, Птолемеј је морао бити ретко вредан радник, а нарочито неуморан калкулатор. Споран је и период колико је дуго провео на раду. Док неки сматрају да му почетак пада око 128. године наше ере, да је, дакле, скоро четири деценије провео у раду — што би и одговарало броју дела која је оставио иза себе — други му тај период знатно смањују: на једва две деценије.

Можда ће на овом месту корисно послужити податак о периоду кад је Птолемеј завршио главно своје дело. Одговор на то питање потражићемо у самом делу. У њему аутор наводи за време најраније обављеног посматрања четврту годину владавине Антонина Побожног. То је година 141—142. наше ере. А у додатку главном делу, спису под насловом „Хипотезе о планетама“, где поправља неке податке из главног дела, налазимо као рок, наведен за једно обављено посматрање, десету годину владавине поменутог владара; значи из године 146—147. наше ере. Према томе, као вероватне граничне вредности завршетка главног дела (то јест Алмагеста) могу се усвојити: као најранија година 142, а као најдоцнија година 146. наше ере.

Сачувана су му скоро сва дела која је за собом оставио. Готово сва су му и по више пута издавана, и преводена на више језика. Набројаћу их овде, како се помињу по разним историјама астрономије. Али не могу тврдити да су му набројани сви списи, које је оставио. А нарочито не смем тврдити да је њихов хронолошки ред поштован.

Главно му је дело познато под именом „Алмагест“. Тачан му је грчки наслов био „Μεγάλη μαθηματικὴ σύνταξις τῆς ἀστρονομίας“; названо ускоро „Syntaxis“, или „Magna constructio“; али најчешће називано под арапским именом „Алмагест“; у две свеске и тринаест књига.

Друго му је дело „Астрологија“, у четири књиге.

Треће је „Аналема“, у ствари Гномоника, у пет књига.

Четврто му је дело „Географија“, које је доживело више издања, и које је видну улогу играло при открићу Америке.

Пето је „Оптика“, у пет књига, од којих су четири свега сачуване; међу њима она најважнија, пета.

Шесто му је дело „Хипотезе о лутајућим звездама“ (планетама); у ствари додаток главном делу.

Набројао сам их, отприлике, сва, јер су ретке историје астрономије у којима су сва набројана.

Сем ових можемо споменути још два Птолемејева дела, од којих оригинали нису сачувани. Прво носи наслов „Planisphaera“, од којег је сачуван само латински превод, и то са арапског језика. Друго је, напред већ цитирано дело, под насловом „De Analemmae“, такође сачувано, али само у латинском преводу.

У Алмагесту, дакле главном свом делу, Птолемеј је изложио основне ставове геоцентричног система света, система који је и својим називао, као да га је он измислио, он открио. И — као што знамо — тај је систем суверено владао астрономском науком, и науком уопште, пуних четрнаест векова: од другог до шеснаестог века наше ере. Суверено је владао науком, ма колико то чудно изгледало, ма како нам то неразумљиво и за данашње појмове неприхватљиво било!

Неприхватљиви су у њему били већ и основни ставови, на којима је почивао. Тако је неразумљив био већ први основни став, о облику свода над нама. Однос Земље према свемиру је такође био нејасан став. Положај Земљин у односу према своду, односно свемиру, био је исто тако погрешан. Став о немогућности Земљина кретања (транслације) био је нетачан и неприхватљив.

Погрешни су били и аргументи којима су ти ставови доказивани. Тако је немогућност Земљина транслаторног кретања образлагана њеном масом. Сматрано је да би њено кретање морало брже бити од тела на њеној површини; ова би, другим речима, морала за њом заостајати. За апсурдну је сматрана и претпоставка да се Земља обрће око своје осе!

Али да не набрајамо све неприхватљивости употребљених аргумената. По свему би човек рекао да је Птолемеј у свему делио предрасуде ранијих, и савремених, својих саплеменика. Изгледало је као да се и ставовима и аргументима користио на начин, како не би дошао у сукоб са својим савременицима.

Зато оне неприхватљивости што налазимо у Птолемејевим делима, оне разне грешке и нетачности, које су у њима биле откриване, и не могу бити и не треба их све Птолемеју на терет стављати. Као што не треба ни из вида губити заслуге које му несумњиво дугујемо. Ако у Хипарховој теорији Сунчева кретања није Птолемеј ништа имао да мења, нити да додаје, Хипархову теорију Месечева кретања је морао да преради. Тако је, први, у њој открио другу неједнакост, названу касније евекцијом; достигала је $2^{\circ} 2/3$. Птолемеј ју је пронашао, али му је Хипарх донекле у томе помогао. Својом теоријом успева да Месечево кретање тачно представи у сизигијама и квадратурама, а мање тачно у међуположајима. Истим поступком обрадио је, затим, Птолемеј и теорију кретања планета. У њој је занемарио

нагибе планетских путањских равни, што је, захваљујући њиховим износима, могао учинити. VII и VIII књига Алмагеста садржи звездани каталог, са лонгитудама и латитудама 1022 некретнице, за епоху 137. г. наше ере. О њему ће касније још бити речи.

ОвOME морамо још додати и пет књига „Оптике“, од којих је прва изгубљена, али сачувана пета књига, најважнија за историју астрономије. У њој се налазе експерименти које је Птолемеј астрономској рефракцији посвећивао, у њој наводио и неке износе рефракције; а може се рећи и да је у њој давао о појави најпотпуније идеје од свих претходника.

Птолемејева „Географија“ осам књига има; прештампавана је, са свима својим нетачностима, по неколико пута. Заслуга је овог дела што у њему налазимо лонгитуде и латитуде места на Земљи; наравно, често са великим грешкама. Као први, усвојио је Птолемеј у овом делу — изгледа — меридијан Канарских острва.

Дело „Хипотезе планета“ намењено је било мање стручним читаоцима. А „Ручне таблице“, које су намењене још слабије упућеним читаоцима, садржавале су основне ствари астрономије и астрологије.

Дакле, ако се човек дубље унесе у ове ставове, неће му моћи промаћи да они не потичу од Птолемеја; на многе од њих ћемо лако наилазити и у делима његових претходника. Став, нпр., да је Земља средиште света, налази се још код Клеомеда; а доказује га методом коју је позајмио од Аристотела. Од Клеомеда потиче и доказ да је Земља као тачка у односу према величини свемира. А у аргументацији на коју се доказ за то ослања, осећају се опет делови из Аристотелова „De Coelo“. Да Земља може и да не мирује, Клеомед не може у то ни да посумња. А све што се код Клеомеда налази, налази се и код Посидонија, код Теона из Смирне, Адраста и још неких Птолемејевих претходника. Кратко речено, што се основних ставова тиче, код Птолемеја не налазимо ништа ново; ништа што раније већ не би било речено, или већ објављено.

То су све — изгледа — приметили и ранији историчари астрономије; зато код неких и читамо: „Каткад ће нам тешко бити да разликујемо оно што Птолемеју дугујемо, од онога што је он од својих претходника позајмио! Дешава се да смо, у први мах, склони да нека излагања, или закључке, њему припишемо, кад оно, мало даље, често и у истом пасусу, прочитамо где он сам признаје како, у напред реченоме, није могао другојачије поступити, до да једноставно потврди оно што је већ Хипарх био доказао!“

Тако се и могло дешавати да, док су једни признавали и хвалили Птолемејеве заслуге, други не само што их нису признавали, већ су их потцењивали, игнорисали. А Алмагест, у коме је све сматрано његовим делом, резултатом његова труда, четрнаест векова, скоро, важио је у астрономији као Свето писмо. Што је у њему писало, примано је као једино тачно, што се томе противило, сматрано је за неприхватљиво и одбацивано, чак, као богохулно.

Да се ускоро промени то мишљење и о Птолемеју, и о његову Алмагесту, допринеће — што досад нигде није изричито казано —

Птолемејева честитост: његово искрено признање кад год је од Хипарха позајмљивао било неку бројну вредност, или неко посматрање, било искористио неки његов закључак, или неки његов доказ. Али само кад је то Хипархов био, друге ауторе није наводио.

Тако, нпр., каже, завршавајући своје рачуне, „ми долазимо до резултата и налазâ истих као и Хипарх“.

Или, кад каже: „То је, ето, метода коју су примењивали сви који су се, пре нас, тим истраживањима бавили“, каже Птолемеј; али од свих писаца помиње само — Хипарха.

Читалац ће често наићи, углавном у Алмагесту, на наводе који му морају нејасни, да не кажемо неприродни, изгледати. Тако, пажљив читалац мора застати на ставу у којем Птолемеј, као пример у својим рачунима, узима паралел острва Родоса (вероватно саме опсерваторије), не сматрајући за потребно да објасни зашто му не претпоставља паралел своје опсерваторије, у Александрији.

То чини Теон; и наводи за то два разлога. Први је — каже — што географска ширина острва Родоса износи тачно, округло, 36° , док географска ширина опсерваторије у Александрији износи $30^{\circ} 58'$. Као други разлог наводи што је Хипарх на Родосу обавио велик број посматрања, из чега би следовало да их је из Александрије (ако је, уопште, из Александрије и вршио посматрања) обавио врло мали број. Деламбра, међутим, који је, свакако, стручњак, уз то читалац који тешко прелази преко нејасних места, а који је познат и као Птолемејев строги критичар, наводи и трећи разлог, који би — каже он — могао бити и прави. Он тврди да је Птолемеј једноставно позајмио готов Хипархов рачун, као пример; који је несумњиво стварни посматрач; који је на Родосу боравио и који је, разумљиво, морао узимати место у којем је и боравио.

Нарочито су Птолемеју замерали његова прећуткивања онога и онде где су и стручни и нестручни читаоци очекивали да буде став довршен и објашњено оно што је напред било речено. Кад, нпр. — било да се већа тачност тражи; било да расположиви инструмент није способан за тачност која се тражи; било што није постојао инструмент те врсте — Птолемеј мора да конструише нов инструмент; па, после тога, не објасни да ли га је начинио од дрвета, или од камена; не назначи му димензије; не спомене ни каквом је врстом поделе снабдевен био — та навика, тај чести обичај стварали су код читалаца сумњу и у сама посматрања, за која је, опет, радо Птолемеј тврдио да их је сам обављао.

Честа тврдња да је посматрања која наводи, или на која се позива, сам обављао и побудила су Деламбра да директно постави питање: „да ли је Птолемеј посматрао?“ У првој свесци своје „Историје старе астрономије“, на XXV страни предговора пита: „Нису ли посматрања, за која каже да их је обавио, у ствари, израчуната из Таблица, и само примери који треба да послуже да би се боље разумела теорија?“

Јер Птолемеј стално понавља „ми смо посматрали“; „врх гномона нам је показао“. Па наставља, како је измислио нов инструмент

да би посматрање било њиме удобније; а не каже да ли је инструмент од дрвета, или од камена, нити коликог је био пречника. Не наводи ниједно обављено посматрање. Једино што даје је вредност коју је још Ератостен одредио, а усвојио Хипарх.

Ако су то заиста његова посматрања била, читалац мора да се упита, како је Птолемеј могао погрешити за 15' на висини екватора, са инструментом којим је одређивао висину Сунчева средишта а не горњег руба, што обавезно гномон показује?

Овде ћу се задржати, можда нешто дуже, на Птолемејеву звезданом каталогу, у седмој и осмој глави Алмагеста.

Уверење је владало да је Хипархов каталог, који је он посматрао са острва Родоса, садржао положаје 1080 некретница, док је Птолемејев — за који је овај тврдио да га је стварно посматрао, наравно из Александрије, која је лежала $5\frac{1}{4}$ степени јужније од острва Родоса — садржао положаје само 1022 некретнице, дакле 58 мање. Што је, уз то, морало готово сваком читаоцу пасти у очи, у Птолемејеву каталогу су се налазиле све некретнице видљиве са Родоса, док више сјајних некретница испод Кентаура и Јужне Рибе, које су требало да се налазе у Птолемејеву каталогу, онде није било.

Уз ово се треба сетити Птолемејеве слабе наклоности према посматрањима, која је више истицао него што их је обављао. Затим, треба још имати на уму и његово тврђење да је све звезде у каталогу стварно посматрао, наводећи и којим инструментом. Те су чињенице и биле разлог да се, у новије време, озбиљно посумња у начин и постанка, па чак и у ауторство, звезданог каталога сачувана у Алмагесту. Сумњу је појачавала у њему примењена вредност од 36" за годишњу прецесију.

Знало се да је између Хипархових и Птолемејевих посматрања протекло око 274 године. А познато је било да је у Хипархово доба, као годишња прецесија, нађена и усвојена вредност износила 48". Разлика од 12", између годишњих прецесија, морала се јавити у систематски мањим лонгитудама некретница у Птолемејеву него у Хипархову каталогу. Стварно је Био (Biot) и нашао да су положаји у каталогу из Алмагеста (за епоху 137. г. наше ере, како је Птолемеј навео) били за један степен и нешто ($1^{\circ}8'$) мањи но што би били положаји некретница Хипархова каталога. Тако да, врло вероватно, у Алмагесту имамо, у ствари, Хипархов каталог, прерачунат са погрешном вредношћу прецесије на један каснији екваторски!

Но поред оних историчара астрономије и критичара чије су замјерке напред наведене, било је и таквих који су и даље ишли у томе и Птолемеја сумњичили чак и за одбацивање, међу извршеним посматрањима, оних која су се знатније разликовала, или за дотеривање посматрања, да би се она довела до потпунијег подударанја.

Познати су, међутим, аутори који су на замеране поступке и другојачије гледали. Зна се, нпр., и за критичаре који нису у Алмагесту гледали оригинално научно дело, већ, углавном, уџбеник, у којем су имала посматрања да послуже само као примери, да објасне неки компликованији став. А у тим, и таквим, случајевима је —

по мишљењу тих критичара — Птолемејево дотеривање, или одбацивање, посматрања сасвим дозвољен поступак. Они су нарочито инсистирали на томе да се у поменутих случајевима није радило о неком опсерваторском дневнику, или регистру астрономске опсерваторије, у ком случају би Птолемејев поступак доиста био за осуду.

*

Све што је о Птолемеју и његову начину рада овде речено доказује, или, да се тачније изразим, само потврђује, да у њему не можемо генија гледати. Већ једино вредног и савесног научног трудобеника. Али који је умео да јасно изложи све што је до њега, до тога времена, из посматрања небеских тела и појава, о њима сакупљено, у науци прибележено и како је протумачено било. И — додајмо још — како су то људи од науке онда схватали. То је он, у свом Алмагесту, умео да сачува и потомству пренесе. За то му, свакако, дугујемо пуно признање. Што је четрнаест векова човечанство само његово учење сматрало као тачно, а друкчије тумачење појава сматрало за неприхватљиво и погрешно, није ни Птолемејева заслуга, ни његова кривица. Дугујемо му ипак поштовање што је толико векова окружаван био пажњом свеколиког и научног света.

*

Да завршим са признањем које је Птолемеју одао један од најоштријих његових критичара, који му је највише свог рада и времена посветио — француски историчар астрономије Деламбр *Jean Baptiste Joseph Delambre* (1749—1822). У другом тому своје „Историје старе астрономије”, у XII одељку, он каже: „... Тако би Птолемеју припала слава да је својим истраживањима о Месецу и Меркуру, својим компликованим али духовитим хипотезама утврдио пут Кеплеру, који је то урадио Њутну. Ова мисао, коју — колико знам — није још изрекао ниједан астроном, доказаће да, ако каткад и изгледа да Птолемеју хоћемо да одузмемо један део његове славе, па да је Хипарху припишемо, ми му, ево, с друге стране, сву правду враћамо, која нам се чини да му припада.”

ЛИТЕРАТУРА

- Delambre, J. B. J., Histoire de l'astronomie du moyen age, Paris, 1819.
Laplace, P. S., Précis de l'histoire de l'astronomie, Paris, 1821.
Wolf, R., Geschichte der astronomie, München, 1877.
Tannery, P., Histoire de l'astronomie ancienne, Paris, 1893.
Bigourdan, G., L'Astronomie, Paris, 1920.
Doublet, E., Histoire de l'astronomie, Paris, 1922.
Boquet, F., Histoire de l'astronomie, Paris, 1925.
Zinner, E., Geschichte der Sternkunde, Berlin, 1931.
Миланковић, М., Историја астрономске науке, Београд, 1948.

RÉSUMÉ

HIPPARQUE

— 190? — 125?

Parmi tant d'hommes de sciences et d'astronomes hélènes, l'auteur a choisi celui que l'on considère comme le plus grand de l'antiquité. On a droit de le considérer comme le plus éminent, étant non seulement l'astronome observateur et l'astronome calculateur, mais aussi un astronome théoricien, ce qu'on ne peut affirmer des autres astronomes hélènes.

Ledit choix a été dicté par trois raisons. Tout d'abord parce que Hipparque est considéré comme le premier astronome observateur, métier que les hélènes ne soignaient guère volontiers. Puis, parce que ni ses contributions à la science, qu'il cultivait, ni ses mérites d'inventeur, ne furent qu'insuffisamment mises en évidence. Enfin, et surtout, du fait que, parmi les historiens de l'astronomie hélène, d'ailleurs connus et estimés, on en rencontre qui ont manifesté une opinion différente, sur Hipparque non seulement de celle de la majorité des historiens, mais aussi de celle des contemporains et des disciples d'Hipparque.

Le présent travail, de 54 pages, munies de 20 illustrations, commence par trois pages d'avant-propos, suivies de trois pages d'introduction, servant à faire connaître les conditions dans lesquelles Hipparque travaillait, ainsi que les motifs et arguments qui ont décidé P. Tannery à tant s'écarter de l'opinion de la majorité des historiens.

Le travail même consiste en quatre chapitres et la conclusion. Les chapitres sont intitulés: le premier — „La période préhipparquienne”; la seconde — „La vie et les travaux d'Hipparque”; le troisième — „Les instruments d'avant et de l'époque d'Hipparque” et le quatrième — „La période posthipparquienne”.

Le chapitre traitant la période des prédécesseurs d'Hipparque est consacré aux astronomes et savants, ayant contribué par leurs recherches et découvertes à celles d'Hipparque. En particulier aux: Heraclides de Pont, Euclide, Timocharis et Arystille, Aristarque de Samos, ainsi

que son système du monde, Archimède, Eratosthène et son procédé d'évolution des dimensions de la Terre et Apollonius de Perge.

Le chapitre suivant, le plus long et le plus important, traite la vie et les travaux d'Hipparque. Il débute par la revue de toutes les oeuvres de l'astronome Bithynien, que l'on trouve rarement citées dans les histoires d'astronomie. De l'ordre chronologique, tant de ses oeuvres, que des contributions d'Hipparque, en général; l'auteur s'excuse de ne pouvoir garantir leur exactitude. Il s'est, cependant, efforcé d'arriver à ce qu'il soit aussi complet et exact que possible.

En passant aux contributions à la science astronomique, on n'a pu omettre de rappeler les rapports calculés par Hipparque des périodes synodiques, draconitiques et anomalistiques. On doit aussi rappeler les douze volumes de tables des cordes calculées, et utilisées, à cette époque, dans les travaux numériques, surtout pour résoudre les triangles. Certains historiens attribuent à Hipparque, mais d'autres la lui contestent, l'invention de la trigonométrie. La découverte de la projection stéréographique lui est également contestée. Par contre, les notions de longitude et latitude géographiques (appelée alors „climat”) lui sont unanimement reconnues. C'est d'ailleurs ce qui lui a valu d'être appelé „le vrai père de la géographie”. Grâce à son assiduité d'observateur, non seulement certaines dates d'observations effectuées, mais aussi les résultats qui ont été déduits, ont pu être préservés.

On en vient à la seconde catégorie de contributions d'Hipparque, c'est-à-dire à l'élaboration des théories des mouvements du Soleil, de la Lune et des cinq planètes. Toujours en s'appuyant sur des observations, Hipparque constate d'abord que les durées des saisons ne sont pas égales (fait connu, d'ailleurs, de ses prédécesseurs), et que le mouvement du Soleil le long du zodiaque n'est pas uniforme. Pour lui conserver néanmoins l'uniformité du mouvement, il le fait mouvoir sur un cercle excentrique, quitte à déterminer l'excentricité, la direction de l'apogée, ainsi que la durée de l'année tropique. Disposant ainsi de tous les éléments nécessaires, Hipparque a procédé au calcul des tables du mouvement du Soleil pour six cents ans à l'avance.

La théorie du Soleil achevée, il lui restait à faire autant pour les mouvements de la Lune et des cinq planètes. En ce qui concernait la Lune, Hipparque n'ignorait pas que cette théorie comportait une inégalité de plus que celle du Soleil; que ces éléments devaient être calculés au moyen des temps et longitudes des trois éclipses de Lune rapprochées; enfin, qu'il aura, en outre, à calculer la parallaxe de la Lune. Quant à la théorie du mouvement des planètes, il ne disposait pas des observations qu'elle nécessitait. Aussi a-t-il dû y renoncer, et céder ces travaux à la postérité.

Mais la plus importante et la plus appréciée des contributions d'Hipparque, celle qui lui a valu d'être appelé „le fondateur de l'astronomie mathématique”, est la troisième série de ses travaux: son catalogue stellaire et la découverte de la précession des équinoxes.

De ce catalogue, le premier dans son genre, conservé par l'Almagest de Ptolémée — comme, d'ailleurs, tout sur Hipparque — on ignore

tout, en particulier avec quel instrument furent elles observées on ne sait non plus exactement si les positions des étoiles ont été déterminées par les coordonnées équatoriales ou écliptiques. On y relève, cependant, une innovation. Chaque étoile du catalogue se trouve caractérisée par sa grandeur apparente en nombre, allant de 1 à 6. Ainsi le catalogue permettait, après un certain nombre d'années, de facilement reconnaître si l'étoile du catalogue a subi un déplacement, ou si, entretemps, elle a changé de grandeur.

A cet effet Hipparque a été conduit à comparer les données de son catalogue à celles observées par Timocharis et Arystille, quelques 150 ans auparavant. De cette comparaison il conclut que, tandis que les latitudes des étoiles étaient restées toutes constantes, les longitudes, par contre, avaient toutes augmentées, de la même quantité, de deux degrés, à peu près, en 150 ans. Hipparque a déduit de cette comparaison que le changement constaté ne pouvait être attribué qu'au déplacement, le long de l'écliptique, du point origine des longitudes (du point vernal). Ainsi fut découvert le phénomène de la précession des équinoxes.

Le chapitre suivant est consacré aux instruments, du temps avant et de celui d'Hipparque. Les temps qui l'ont précédés n'ont connu que quatre instruments astronomiques: le gnomon, le cadran solaire, le clepsydre et la sphère. Tous ont servi à la détermination de l'heure, ce qui prouve que l'astronomie a pris naissance, puis aussi s'est développée, sous l'empire du besoin de l'homme.

Ceux du temps d'Hipparque furent imaginés et construits par lui-même. Les plus simples furent appelés: la dioptré, l'astrolabe sphérique, l'astrolabe planisphère. Les grands instruments dont Hipparque disposait étaient appelés: règles parallactiques, armilles équatoriales, armilles équinoxiales et armilles zodiacales. Leur description, qu'on s'attendait à trouver dans l'Almageste, fut tellement insuffisante, que pour leurs caractéristiques on a dû se servir des données trouvées chez Tycho Brahe!

Dans le chapitre se rapportant à la période posthipparquienne, on a énuméré les noms des astronomes et hommes de science, venant après Hipparque, s'étant ou occupés de l'astronomie ou servis des travaux de l'astronome Bithynien. Parmi ceux-ci on a nommé: Posidonius, connu surtout par sa méthode de détermination des dimensions de la Terre; Sosigène d'Alexandrie, l'auteur de la réforme du calendrier; Strabon, auteur de la „Géographie”, Cléomède, Seneca, Geminus, Théon de Smyrne, Simplicius, pour terminer cette liste avec Claude Ptolémée. On le connaît comme l'auteur de „l'Almageste”, ainsi que de nombreux ouvrages scientifiques, presque tous conservés. Il fut longtemps considéré le plus célèbre astronome de l'antiquité, mais, surtout, comme l'auteur du système géocentrique du monde, ayant souverainement régné sur la science, en général, pendant quatorze siècles. Mais, aussi, qui a beaucoup perdu de son ancienne réputation. D'abord, comme observateur, puis comme créateur, ainsi que comme auteur. Mais surtout comme observateur du catalogue.

