

رسائل

ترجمه و شرح رساله ابن هیثم درباره ساعت‌های آفتابی افقی
پویان رضوانی



سال پنجم - شماره دوم
پاییز و زمستان ۱۳۹۵
دوفصلنامه تاریخ علوم و فناوری دوره اسلامی

مقاله‌ها

- بررسی هندسی چند طرح کاشی کاری و معما از رساله
فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة
رضا سرهنگی، ترجمه نوگس عصارزادگان
- سرچشمه‌های کیمیا در دوره اسلامی
اریک جان هولمیلارد، ترجمه نوگس یوسفی
- پیدایش مفهوم تعدیل زمان
کَون کلرنی، ترجمه پویان رضوانی
- دو روش از ریاضیدانان ایرانی برای محاسبه تعدیل زمان
ای. اس. کندی، ترجمه مرضیه شمس‌یوسفی و محمد باقری
- تعریف نسبت بر پایه تفریق دو سویه در ریاضیات دوره اسلامی
یان پ. هوخندایک، ترجمه محمد مهدی کاوه یزدی
- بررسی محتوای رساله قانون سنجرى
محمد مهدی کاوه یزدی و محمدرضا عرشی



دوفصلنامه تاریخ علوم و فناوری دوره اسلامی
سال پنجم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
شماره پیاپی: ۱۰

صاحب امتیاز: مرکز پژوهشی میراث مکتوب
مدیر مسئول: اکبر ایرانی
سردبیر: محمد باقری
ویراستاران: غلامحسین صدری افشار، پویان رضوانی
مدیر داخلی: حمید بهلول
اجرای جلد: محمود خانی

مدیر فنی و امور چاپ: حسین شاملو فرد

همکاران علمی

حسن امینی * پویان رضوانی * حنیف قلندری * یونس کرامتی * امیرمحمد گمینی
شمامه محمدی فر * یونس مهدوی * سجاد نیک فهم خوب روان

مشاوران علمی

پرویز اذکائی * یوسف ثبوتی * توفیق حیدرزاده
محمدابراهیم ذاکر * حسن طارمی * حمیدرضا گیاهی یزدی
مهلی محقق * حسین معصومی همدانی * محمدجواد ناطق * سیدحسین نصر
علی بابایف (جمهوری آذربایجان) * جان لئارت برگرن (کانادا) * گلن وان بروملن (کانادا) * احمد جبار (فرانسه)
سرگی دمیدوف (روسیه) * رشدی راشد (فرانسه) * جمیل رجب (کانادا) * سری رامولا سارما (آلمان) * ژاک سزبانو (سوئیس)
جورج صلیبا (امریکا) * حکیم سید ظل الرحمان (هند) * رادا چاران گوپتا (هند) * ریچارد لورج (انگلستان)
مصطفی موالدی (سوریه) * یان پیتر هوخندایک (هلند) * میچیو یانو (ژاپن)

تصویر پشت جلد: نقش ربع ساعتی بر کاشی کاری بالای در ورودی رصدخانه کندیلی (استانبول).

نشانی مجله: تهران، خیابان انقلاب اسلامی، بین خیابان دانشگاه و ابوریحان، ساختمان فروردین، شماره ۱۱۸۲، طبقه چهارم، شماره ۱۶
کد پستی: ۹۳۵۱۹-۱۳۱۵۶ تلفن: ۶۶۴۹۰۶۱۲ دورنگار: ۶۶۴۰۶۲۵۸

www.mirasmaktoob.ir
miraselmi@mirasmaktoob.ir / miraselmi90@gmail.com

بها: ۲۰۰۰۰۰ تومان



فهرست

۱ سرسخن
غلامحسین صدری افشار

مقاله

- ۳ بررسی هندسی چند طرح کاشی‌کاری و معما از
رسالة فی تداخل الاشکال الملتصبة والمتوافقة
رضا سرهنگی، ترجمه نرگس عصارزادگان
- ۱۸ سرچشمه‌های کیمیا در دورة اسلامی
اریک جان هولمبارد، ترجمه نرگس یوسفی
- ۲۴ پیدایش مفهوم تعدیل زمان
کوبین کارنی، ترجمه پویان رضوانی
- ۳۵ دو روش از ریاضیدانان ایرانی برای محاسبه تعدیل زمان
ای. اس. کندی، ترجمه مرضیه شمس‌یوسفی و محمد باقری
- ۴۵ تعریف نسبت بر پایه تفریق دو سویه
در ریاضیات دورة اسلامی
یان پ. هوخندایک، ترجمه محمد مهدی کاوه یزدی
- ۶۶ بررسی محتوای رسالة قانون سنجر
محمد مهدی کاوه یزدی و محمدرضا عرشی

نقد کتاب

- ۱۰۷ زندگی‌نامه علمی دانشمندان اسلامی
حنیف قلندری

نسخه‌های خطی

- ۱۱۱ نسخه‌های فارسی در مؤسسه دست‌نوشته‌های شرقی پترزبورگ
بوریس نوریک، ترجمه محمد باقری

یادنامه‌ها

- ۱۱۶ سارتن و میراث اسلامی
سامی حمارنه، ترجمه غلامحسین صدری افشار
- ۱۳۴ یکصدمین سال تولد حسن صفاری
آریان مولائیان

رساله

- ۱۴۱ ترجمه و شرح رسالة ابن هیثم درباره ساعت‌های آفتابی افقی
پویان رضوانی



سرخن

تاریخ علم گزارش فعالیت‌های فکری انسان است، سرگذشت تلاش‌هایی که به کشف قانون‌های طبیعت و به‌کارگیری آن‌ها در خدمت انسان انجامیده است. چند سالی است که در کشور ما هم پژوهشکده تاریخ علم تأسیس شده و پژوهشگر تاریخ علم تربیت می‌کند. دست‌کم دو مجله هم در این زمینه منتشر می‌شود. گهگاه شاهد تألیف و ترجمه کتاب‌هایی هم درباره تاریخ علم در ایران بوده‌ایم. با این حال، اگر پژوهنده‌ای بخواهد درباره وضع علم در سده چهارم، یا مثلاً وضع نجوم در عصر شاه عباس آگاهی به دست آورد، باید خود به دنبال مرجع‌ها بگردد، چون هیچ کتاب‌شناسی توصیفی یا تحلیلی در این زمینه وجود ندارد. علاوه بر این، هنوز تصور غالب در زمینه تاریخ علم، تاریخ علوم تجربی است و علوم انسانی را شامل نمی‌شود.

کیست که نداند علم، درون جامعه انسانی و به تبع اوضاع و احوال اجتماعی رشد می‌کند. آموزش و پرورش، اقتصاد، تاریخ، حقوق، دین، زبان‌شناسی، فلسفه، فناوری (معماری، چاپ، فنون کشاورزی، ترابری، ابزارسازی ...) و هنرها (موسیقی، نقاشی، پیکرتراشی) همه فعالیت‌های فکری خلاق هستند که بر روی پیشرفت علوم تجربی اثر می‌گذارند و خود از قانون‌های علمی تبعیت می‌کنند.

برای اینکه روزی در آینده تاریخ علوم، یا حتی تاریخ هریک از رشته‌های علمی در ایران نوشته شود، لازم است نخست به فکر تدوین کتاب‌شناسی‌های تحلیلی و توصیفی تاریخ علم باشیم. انتشار کتابی در زمینه کتاب‌شناسی تاریخ علم در ایران در حال حاضر هرچه باشد ناقص خواهد بود. پیش از این کار، نخست باید اهل فن اطلاعات خود را در

این زمینه به تدریج در یک نشریه ادواری منتشر کنند تا بعدها از گردآوری و پالایش آن‌ها کتابی درباره تاریخ علم در ایران تألیف شود. چنین فهرستی می‌تواند ضمیمه مجله میراث علمی یا به صورت خبرنامه‌ای مستقل از سوی یک نهاد منتشر شود در اینجا مثالی می‌آوریم از موضوع آب و آبیاری در ایران :

کرجی، ابوبکر محمد ابن حسن: استخراج آب‌های پنهانی. ترجمه حسین خدیو جم، تهران، ۱۳۴۷، بنیاد فرهنگ ایران.

رضا، عنایت‌الله و دیگران: آب و آبیاری در ایران باستان. تهران، ۱۳۵۳، وزارت آب و برق.

بهاء‌الدین عاملی: طومار تقسیم آب زاینده‌رود. تهران، ۱۳۵۰، بنیاد فرهنگ ایران.

مجموعه مقالات کنفرانس ملی قنات. تهران، ۱۳۸۲، میراث فرهنگی.

مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی قنات. کرمان، ۱۳۸۳، دانشگاه شهید باهنر.

.....

با شرح کوتاهی درباره مطالب و موضوع‌های مربوط در هر کتاب.

منابع فرعی:

بلاغی، حجت‌الله: تاریخ تهران. ۱۳۸۵، انتشارات مازیار.

حاوی اطلاعاتی درباره قنات‌های تهران.

محمدکاظم مروی: جهانگشای نادری. درباره سدی که به فرمان نادرشاه در کلات نادری زده شده است.

این فهرست از حافظه نقل شده و ممکن است کاملاً دقیق نباشد و در اینجا هدف، آوردن فهرست کامل نیست، بلکه منظور به دست دادن نمونه‌ای است از چگونگی کتاب‌شناسی مورد بحث.

اگر گروهی از صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران به تدریج اطلاعات خود را در مورد منابع تاریخ علم ایران به این صورت عرضه کنند، پس از چند سال کتاب‌شناسی معتبری فراهم خواهد شد و کار مورخان علم را تسهیل خواهد کرد.

غلامحسین صدری افشار



بررسی هندسی چند طرح کاشی کاری و معما از رسالة فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة

رضا سرهنگی^۱
ترجمه نرگس عصارزادگان^۲



۱ - مقدمه

علاوه بر کاشی کاری تزئینی روی سطوح بناهای موجود از گذشته، نسخه‌های اندکی درباره طراحی کاشی کاری ایرانی وجود دارد که پس از گذشت قرن‌ها بر جای مانده و امروزه در دسترس ماست. این مستندات، مثل تومارها و نسخه‌ها، شامل گره‌های فوق‌العاده جالب، زمینه‌های بنیادی برای کاشی کاری

طراحی‌های تزئینی، هم‌چنین تعدادی سازه‌ها و معماهایی است که با استفاده از خط کش غیر مدرج و پرگار برای تبدیل یک شکل هندسی به شکل دیگر به کار می‌رود.

۱. مرحوم پرفسور رضا سرهنگی (۱۹۵۲-۱۳۳۱/۲۰۱۶-۱۳۹۵) استاد برجسته ریاضیات در دانشگاه تاوسون (Towson) مريلند در ایالات متحده بود. او به آموزش مطالعه طرح‌ها و الگوهای ریاضی به دانشجویان تحصیلات تکمیلی و نظارت بر پروژه‌های تحقیقاتی آن‌ها در این زمینه مشغول بود. وی هم‌چنین بنیانگذار و رئیس مؤسسه Bridges و برگزار کننده کنفرانس‌های بین‌المللی Bridges ارتباط ریاضی، هنر، موسیقی و فرهنگ بود: (www.BridgesMathArt.Org) این کنفرانس‌ها تاکنون نوزده دوره در کشورهای مختلف برگزار شده است. مطالعه در زمینه ریاضیات، معماری و طرح‌های کاشی کاری ایرانی از جمله آخرین کارهای اوست. مقالات او در این زمینه در مجله Nexus Network منتشر شده است. مقاله حاضر در کنفرانس Bridges 2015 عرضه شده بود. روحش شاد. برای اطلاع بیشتر بنگرید به مقاله «یادی از رضا سرهنگی» نوشته بهروز ذبیحیان، میراث علمی، سال ۵، شماره ۱، شماره پیاپی ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۵، ص ۱۳۶-۱۳۹.

2. narges.assarzadegan@gmail.com

فیما يحتاج اليه الصانع من الاعمال الهندسه رساله‌ای است که ابوالوفاء بوزجانی ریاضی‌دان مشهور قرن چهارم هجری نوشته است. وی احتمالاً در دارالعلم (بیت الحکمه) بغداد که یک مرکز مهم علمی در آن دوران بود زندگی و کار می‌کرد. نسخه شامل طرح‌های تزیینی نیست، ولی تعدادی ترسیم که با استفاده از خط‌کش غیر مدرج و پرگار رسم می‌شوند و در ترکیب چنین الگوهایی به کار می‌روند عرضه می‌کند.

رساله بوزجانی در اصل به عربی، زبان علمی شرق در آن دوران نوشته شده و در چندین دوره به فارسی برگردانده شده است. به نسخه خطی یکی از ترجمه‌ها که توسط ابواسحاق کوبنانی ریاضی‌دان قرن نهم هجری انجام شده، رساله دیگری به نام فی تداخل الاشکال المتشابهة والمتوافقة پیوست شده است [۱]. برخی تاریخ‌دان‌ها معتقدند نویسنده این رساله یک هنرمند/ریاضی‌دان ناشناخته قرن هفتم هجری است [۵]. به هر حال، در کتاب فارسی جدیدی که شامل ترجمه جدید رساله ابوالوفاء و این نسخه است (هندسه ایرانی: کاربرد هندسه در عمل)، نویسنده، کوبنانی دانسته شده است [۲]. خود نسخه توسط کوبنانی امضا نشده و تاریخ ندارد. به هر روی، مشخص نیست که آیا دو رساله به همراه هم بوده‌اند یا نه. بنابراین انتساب رساله به کوبنانی تنها یک حدس است. باید توجه داشت که رساله فی تداخل الاشکال المتشابهة والمتوافقة تنها راهنمای عملی شناخته شده از گذشته است که دستورالعمل‌هایی شامل «چگونگی» رسم الگوهای گره‌های مربوط به کاشی‌کاری دارد. «رساله نشان می‌دهد که روش گره به عنوان سیستمی از الگوهای هندسی متناسب در نظر گرفته شده بود که به‌طور هماهنگی با یکدیگر تداخل دارند» [۴].

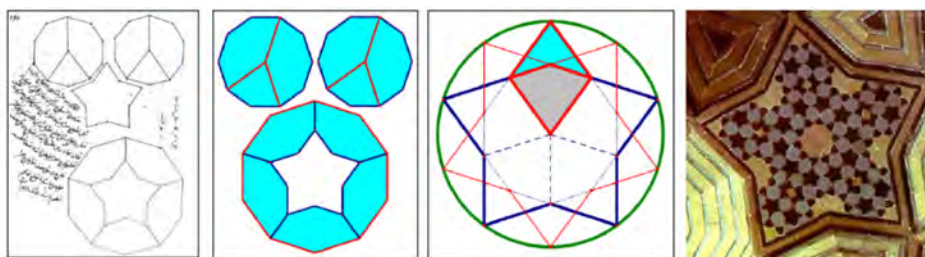
هدف از این نوشته مطالعه و تجزیه و تحلیل یک مجموعه منتخب از گره‌ها و معماهایی است که در رساله فی تداخل الاشکال المتشابهة والمتوافقة ثبت شده‌اند. همه گره‌ها و معماهای جالب که بدنه اصلی رساله را تشکیل می‌دهند انتخاب شده‌اند.

۲- معماهای رساله فی تداخل الاشکال المتشابهة والمتوافقة

این بخش به مطالعه تعدادی معما از رساله می‌پردازد که برای تبدیل یک شکل هندسی به شکل دیگر به کار می‌روند.

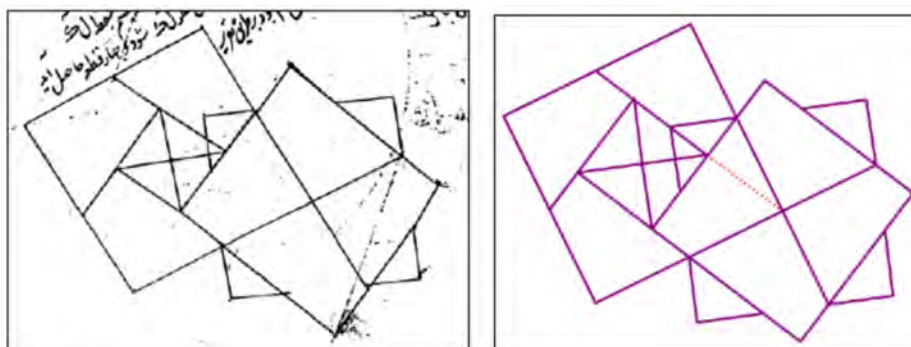
۲. ۱ ترسیم ستاره کوکبی. رساله با یک معمای جالب اما ساده آغاز می‌شود (تصویر سمت چپ در شکل ۱). با بریدن دو ده ضلعی و چسباندن تکه‌های آن‌ها به یکدیگر در تصاویر اول و دوم، می‌توان ده ضلعی بزرگتری با یک ستاره در مرکز، و شکل یک ستاره پنج پر بزرگ (در فارسی ستاره کوکبی) ساخت. کوکبی می‌تواند با استفاده از پاره‌خط‌هایی که چندضلعی ستاره‌ای ده پر را می‌سازد رسم شود (شکل ۱، تصویر سوم). جالب توجه است که خطوط دو کاشی پن رُز در

شبه کریستال‌ها،^۱ یعنی بادبادک (کایت) و شاپرک (دارت)، یک پر از این ستاره را چنان که در تصویر سوم دیده می‌شود می‌سازند. تصویر سمت راست در شکل ۱ کاشی کاری کوکبی روی سطح یک مقرنس در مدرسه کاسه گران اصفهان است که در مطالعه‌ای توسط نویسنده بررسی شده است [۶].



شکل ۱. رسم ستاره کوکبی و کاربرد آن در معماری اسلامی

۲.۲ ستاره هشت پر و تبدیل آن به مربع. تصویر سمت چپ در شکل ۲ معمایی را نشان می‌دهد که یک مربع را به یک ستاره هشت پر تبدیل می‌کند. تصویر سمت راست چنان طراحی شده، که رسم از خطوط برش بیان شده توسط رساله پیروی کرده است. به نظر می‌رسد رساله بیان می‌کند مربع باید در امتداد خطوطی که چهار مثلث قائم‌الزاویه هم‌نهشت می‌سازند و ضلع کوچک آن‌ها مساوی با نصف ضلع بزرگ‌تر است، چنان‌که در شکل ۲ تصویر سمت راست دیده می‌شود، بریده شود.

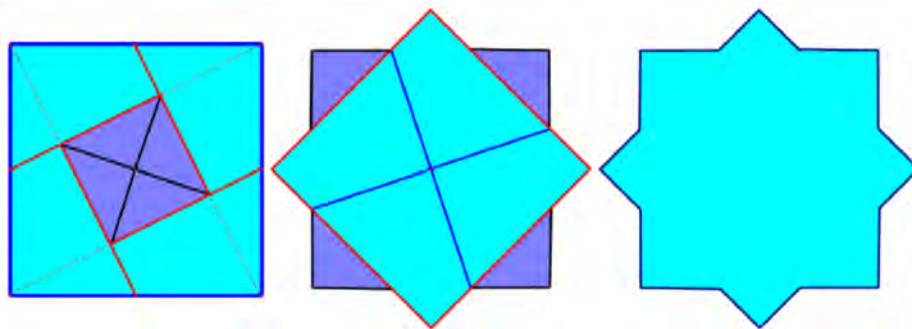


شکل ۲. تبدیل مربع به ستاره هشت پر و به عکس

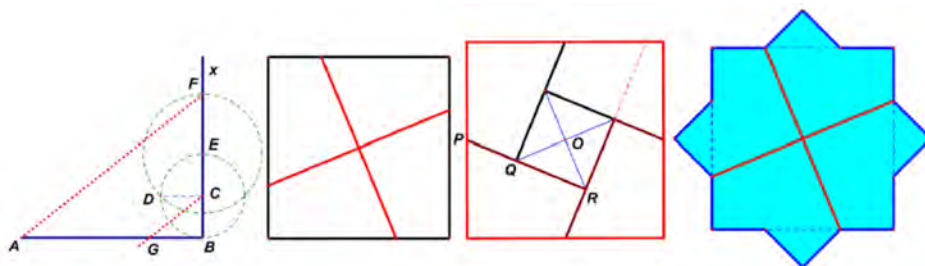
اگرچه چنین برش‌هایی یک ستاره هشت پر ایجاد می‌کند همان‌طور که در تصویر سمت راست شکل ۳ دیده می‌شود، این ستاره هشت پر منتظم نیست، و این امری است که در معماهای مشابه ضروری به نظر می‌رسد.

1. Penrose quasi-crystal tiles

برای بریدن یک مربع به قطعاتی برای ساخت مربعی دیگر با خطوطی برای ساخت ستاره هشت پر منتظم، به ترتیب زیر باید عمل کرد: فرض کنید AB یک ضلع از مربعی مفروض باشد. خطی عمود به AB در B رسم کنید و آن را خط X بنامید. روی X یک نقطه دلخواه C در نظر بگیرید. نقطه D را طوری بیابید که $BC = DC$ و DC عمود باشد و $BC = DC$ باشد. نقطه E را به گونه ای بیابید که $BC = CE$. اکنون نقطه F را طوری که $ED = EF$ باشد، بیابید. A و F را به هم وصل کنید و پاره خطی موازی با AF از C رسم کنید تا AB را در G قطع کند. G نقطه مطلوب است. این کار با استفاده از دو دایره که در تصویر سمت چپ شکل ۴ رسم شده آسان است. اکنون اگر مربع بر اساس اندازه پاره خط های AG و GB همان طور که در تصویر دوم (از سمت چپ) شکل ۴ مشخص است، بریده شود، و یک مربع کوچک با اضلاع $AG - BG$ اضافه شود، می توان مربع بزرگتری رسم کرد که می تواند به یک ستاره هشت پر منتظم تبدیل شود (تصویرهای سوم و چهارم شکل ۴).



شکل ۳. تبدیل مربع به ستاره هشت پر نامنتظم



شکل ۴. تبدیل مربع به ستاره هشت پر منتظم

اثبات: پاره خط AB و نقطه دلخواه C روی خط X عمود بر AB ، داده شده است. نقاط D, E, F و G را مطابق با دستورالعمل بالا بیابید. فرض کنید $m(BC) = a$ ^۱. بنابراین $m(DE) = \sqrt{2}a$. در

۱. در این نمادگذاری منظور از $m(BC)$ اندازه طول پاره خط BC است. - م

نتیجه $m(CF) = (\sqrt{2} + 1)a$ توجه داشته باشید که CG موازی با AF است. پس $\triangle BGC$ و $\triangle BAF$ متشابه هستند. بنابراین، عددی مثل b وجود دارد که $m(BG) = b$ و $m(AG) = (\sqrt{2} + 1)b$. برش‌های دومین تصویر در شکل ۴ مبتنی بر b و $(\sqrt{2} + 1)b$ هستند. بنابراین اندازه یک ضلع مربع کوچک در میانه تصویر سوم عبارت است از $m(RQ) = (\sqrt{2} + 1)b - b = \sqrt{2}b$ و بنابراین $m(PQ) = b$. سپس با به کار بردن مثلث متساوی الساقین $\triangle OQR$ می‌توان $m(QO) = b$ را به دست آورد. از این رو $m(PQ) = m(QO)$ و در نتیجه ستاره هشت پر تصویر سمت راست در شکل ۴ متساوی الاضلاع است.

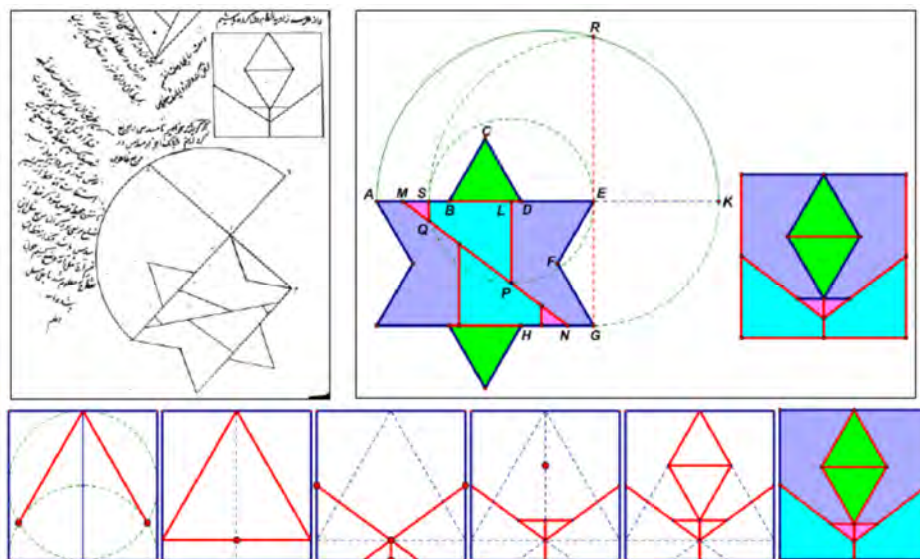
این انتقال به سادگی با بریدن یک ستاره هشت پر منتظم از طریق خطوطی که رأس‌ها را مطابق تصویر سمت راست شکل ۴ به هم متصل می‌کنند قابل مشاهده است. شاید یافتن یک روش رسم ترسیم با استفاده از پرگار و خط کش غیر مدرج، برای آغاز از مربع (مثل تصویر سوم در شکل ۴) و پایان یافتن با ستاره هشت پر منتظم (مثل تصویر سمت راست در شکل ۴) توسط چندین برش مناسب، چالش برانگیزتر باشد و آن را برای خواننده علاقه‌مند باقی می‌گذاریم.

۳.۲ تبدیل ستاره شش پر به مربع و به عکس

تصویر بالای سمت چپ شکل ۵ از نسخه خطی گرفته شده است. یک ستاره شش پر منتظم، مثل آنچه در تصویر میانی بالای شکل ۵ داده شده است در نظر بگیرید. تعدادی از رئوس را مثل تصویر نام گذاری کنید. AE را تا AK امتداد دهید به طوری که $EK = EG$. نیم دایره AK را رسم کنید تا امتداد GE را در R قطع کند. S را روی AK طوری پیدا کنید که $SE = RE$. توجه داشته باشید که SE با یک ضلع مربع دلخواه هم نهشت است. این حقیقتی است که می‌تواند با استفاده از رابطه بین مساحت ستاره شش پر و اندازه ضلع SE بر اساس معادله

$$SE^2 = ER^2 = AE.EK = AE.EG = 3a.2h = 6ah = 12\left(\frac{1}{\sqrt{3}}ah\right)$$

ثابت شود، به گونه‌ای که a اندازه یک ضلع ستاره شش پر و h اندازه ارتفاع $\triangle CBD$ است، که یکی از ۱۲ مثلث متساوی الاضلاع هم نهشت است که ستاره شش پر را تشکیل می‌دهد. M وسط AS، و L وسط SE است. N را روی HG طوری بیابید که $GN = AM$. خطوط عمودی از S و L را به MN رسم کنید تا نقطه‌های Q و P را بیابید. توجه داشته باشید که $LP = LS = LE$. این وضعیت از این حقیقت نشأت می‌گیرد که هر ضلع مربع سر هم شده، باید با پاره خط SE هم نهشت باشد. بنابراین، $m(SE) = m(PL) + m(PLSQ) + m(PL) + m(PLEFGN)$. خطوط برش مشابهی برای ایجاد قسمت‌های دیگر ستاره شش پر رسم کنید. اکنون تکه‌ها را برای ترکیب مربع در تصویر بالای سمت راست شکل ۵ مرتب کنید.



شکل ۵: تبدیل ستاره شش پر به مربع و به عکس

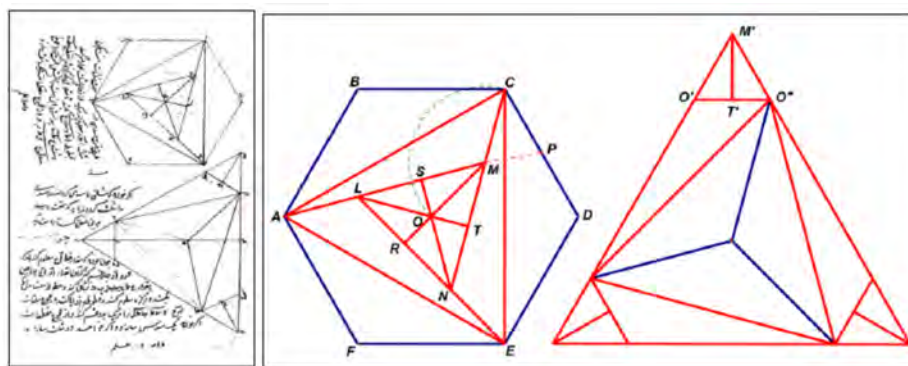
تأیید درستی تبدیل از مربع به ستاره شش پر همان طور که در تصاویر پایین شکل ۵ آمده دشوار نیست. اما، رساله هیچ دستورالعملی برای این بخش عرضه نکرده است. مجموعه تصاویر پایین شکل ۵ چنین فرایندی را نشان می دهند. در ابتدا یک زاویه 60° می تواند ساخته شود به طوری که رأس آن روی وسط یک ضلع مربع باشد و سپس با استفاده از این زاویه می توان یک



محمود ماهرالنقش و علیرضا جذبی
(خانه ریاضیات اصفهان، ۱۳ خرداد ۱۳۸۹)

مثلث متساوی الاضلاع ساخت به گونه ای که دو رأس دیگر آن روی دو ضلع مربع قرار گیرند. بعد، بابه کار بردن وسط های اضلاع مربع، دو دوزنقه همانند تصاویر ساخته می شود. باقی مانده تجزیه می تواند به آسانی از طریق چند تصویر آخر شکل ۵ ادامه یابد.

۴.۲ تبدیل شش ضلعی منتظم و مثلث متساوی الاضلاع به یکدیگر. یک شش ضلعی منتظم داده شده است. آن را همانند تصویر میانی شکل ۶ نام گذاری کنید. قطرهای AC، CE و EA را رسم کنید. $\triangle ACE$ یک مثلث متساوی الاضلاع است. P، وسط CD را بیابید و آن را به A وصل کنید. این فرایند را برای EF و AB برای ساخت $\triangle LMN$ (که یک مثلث متساوی الاضلاع است) ادامه دهید. نقطه O مرکز شش ضلعی، گرانیگاه $\triangle LMN$ است. میانه ها، $\triangle LMN$ را به ۶ مثلث هم نهشت قائم الزاویه چنان که در شکل ۶ دیده می شود تقسیم می کنند. اینک با دوباره مرتب کردن تکه های تشکیل دهنده شش ضلعی، یک مثلث متساوی الاضلاع ساخته می شود (شکل ۶، راست).



شکل ۶: تبدیل شش ضلعی به مثلث متساوی الاضلاع و به عکس

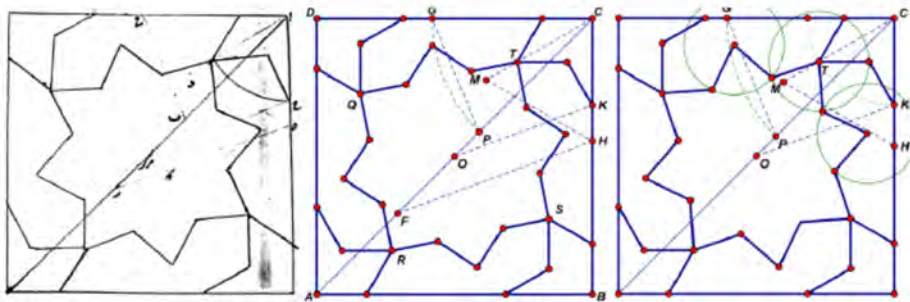
تا کنون برهان ریاضی برای نشان دادن درستی این تبدیل یافته نشده است. به هر حال، به نظر می رسد فرایند معکوس چالش برانگیزتر باشد.

برای نشان دادن این که این تبدیل ها معتبر هستند، باید ثابت کرد $m(MC) = 2m(OT)$. همچنان که در مثلث سمت راست نشان داده می شود این موقعیتی ضروری است زیرا باید داشته باشیم $m(O'M') = m(O'O'') = m(O'T') + m(T'O'')$. اما از آن جا که $\widehat{OMS} = \frac{\pi}{6}$ و $m(OM) = 2m(OT)$ پس کافی است ثابت کنیم $m(MC) = m(MO)$. با ترسیم دقیق کامپیوتری مشاهده می شود که دایره به مرکز M و شعاع MO از C می گذرد. اما این تنها یک مشاهده است و باید از لحاظ ریاضی ثابت شود.

۳. گره های رساله تداخل ...

در این بخش تعدادی از گره های جالب که در رساله ثبت شده اند عرضه و تجزیه و تحلیل می شود. ۳.۱ یک گره هشت گوشه ای - شش گوشه ای. تصویر سمت چپ شکل ۷ متعلق به رساله است. مربع ABCD در تصویر وسطی در این شکل مفروض است. نقطه دلخواه P را

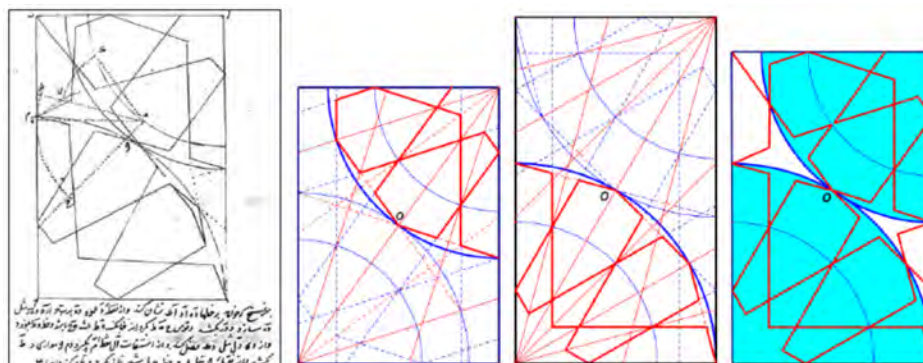
روی قطر AC در نظر بگیرید. G را روی CD به گونه ای بیابید که $CP=CG$. H را روی BC طوری بیابید که $CH=PG$. مثلث متساوی الاضلاع $\triangle CMH$ را رسم کنید. F را روی AC به گونه ای بیابید که $MF=CP$. K را روی BC طوری بیابید که $FH \parallel OK$. T را روی CM طوری بیابید که $CT=CK$. با استفاده از K و T، یک چهارم شش گوشه ای منتظم را مثل شکل کامل کنید. همان یک چهارم شش گوشه ای را به یک شیوه دورانی حول رأس های دیگر مربع به کار ببرید تا Q، R و S را بیابید. چندضلعی QRST یک مربع است. با استفاده از این مربع می توان یک هشت گوشه ای منتظم ساخت هم چنان که در تصویر وسط شکل مشخص است. جالب است توجه کنید که P و K مستقل هستند. بنابراین، اگر جای نقطه دلخواه P تغییر کند، نتیجه نهایی تغییر نمی کند.



شکل ۷: تصویر سمت چپ متعلق به رساله است، تصویر میانی شامل یک هشت گوشه ای منتظم است، تصویر سمت راست گرهی است که همه اضلاعش هم نهشت هستند.

تشخیص این مطلب که گرچه اندازه های اضلاع هشت گوشه ای و شش گوشه ای خیلی به هم نزدیک هستند، اما هم نهشت نیستند، سخت نیست. با استفاده از چهار رأس Q، R، S و T با عنوان مرکزهای تعدادی از دایره ها با شعاع هم نهشت با اضلاع شش گوشه ای، می توان گره سمت راست، که همه اضلاع هم نهشت باشند را ترکیب کرد. در حقیقت، از تصویر سمت چپ در شکل ۷، به نظر می رسد که هم نهشتی اضلاع یک شرط بود. شکل ۸ کاشی کاری هایی از هر دو گره را شرح می دهد.

۳. ۲ ساخت یک گره برای یک کاشی کاری ترکیبی رز ۱۰ پر- ۱۲ پر. تصویر چپ در شکل ۹ طرحی از یک گره است که در رساله فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة آمده است. این گره الگویی می سازد که شامل رزهای ده و دوازده پر است. دومین و سومین تصویرها دو گره از رزهای ۱۰- پر و ۱۲- پر را به طور جداگانه نشان می دهند. آخرین تصویر نشان می دهد که چگونه ترکیب رخ می دهد.



شکل ۹: یک گره در رساله فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة، و دو گره که این طرح را خلق می کنند.

روش ایجاد دو گره رز ۱۰- پر و ۱۲- پر، روش شبکه شعاعی^۱، مخصوص استاد ماهرالنقش است. او این روش را برای ساخت یک گره متفاوت به کار برد، اما شخصی با مهارت کافی در ساخت گره می تواند گام های کلی لازم برای ترکیب تعداد بزرگتری از گره ها در شکل های متفاوت را کشف کند [۷].

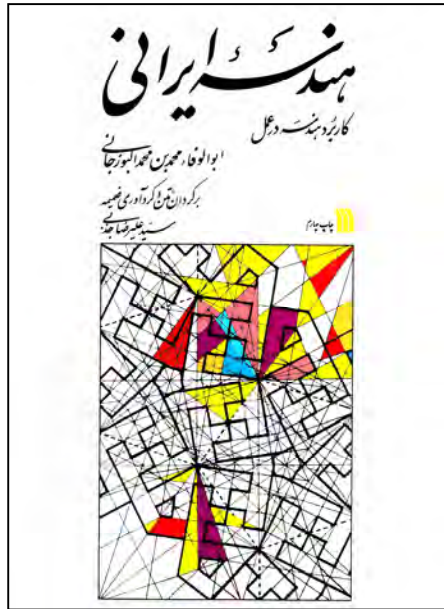


کتاب پنج جلدی، طرح و اجرای نقش در کاشی کاری ایران دوره اسلامی، نوشته و توضیح محمود ماهرالنقش [۳]، جامع ترین کتاب جدید درباره رسم طراحی های کاشی ایرانی است. ماهرالنقش، یک هنرمند حرفه ای بود که هنر خویش را از اجدادش از چندین قرن پیش به ارث برده و بیشترین دسترسی را به گزارش های هنرمندان اصیل از گذشته داشته است. نام فامیل وی بیانگر مهارت اوست. کیفیت تزئینی سازه های هندسی در کتاب وی و اجرای آن ها که روی نماهای گوناگونی مثل دیوار، کف ها، درون و بیرون گنبدها، درها و پنجره ها، و بسیاری ساختارهای دیگر انجام شده است، سفر دلپذیری به گذشته برای همه خوانندگان فراهم می کند.^۲

1. Radial Grid Method

۲. استاد ماهر النقش در ۲۴ اسفند ۱۳۸۹ درگذشت. - م

سازه رز ۱۰- پر: با دنبال کردن تصاویر شکل ۱۰ از سمت چپ بالا به سمت راست پایین، زاویه قائمه A را با رسم چهار نیم خطی که از A می گذرند به پنج زاویه مساوی تقسیم کنید (زاویه COD در شکل ۹ مقاله [۶] یک زاویه قائمه را به پنج زاویه هم نهشت تقسیم می کند^۱). یک نقطه دلخواه P روی سومین نیم خط به صورت پاد- ساعتگرد در نظر بگیرید، و عمودی از P به

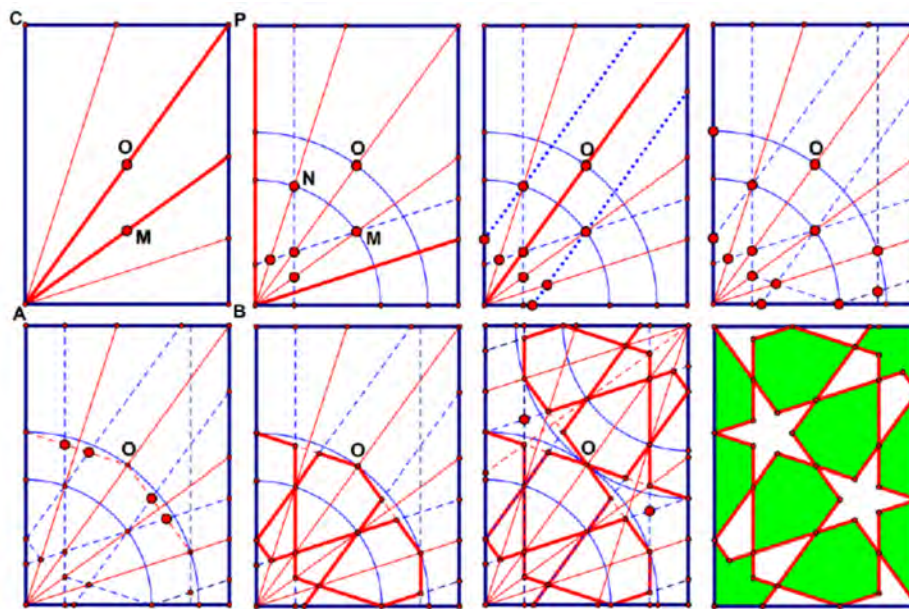


ضلع های زاویه A رسم کنید. در نتیجه در مستطیل ABPC چهار پاره خط که همه آنها در A همدیگر را قطع کرده اند دیده می شود و نقطه پایانی آنها روی دو ضلع PB و PC از مستطیل ABPC (اولین تصویر شکل ۱۰) قرار دارند. نقطه O، وسط سومین پاره خط رسم شده از سومین نیم خط را بیابید. هم چنین، M، وسط پاره خط دوم را بیابید. دو قوس به مرکز A و شعاع AO و AM رسم کنید. نقطه N محل برخورد چهارمین نیم خط و قوس کوچک تر است. عمودی از N به AB رسم کنید تا دومین و سومین نیم خط را قطع کند تا دو نقطه دیگر ایجاد شود. خط موازی با اولین نیم خط از M و

هم چنین خطوط موازی با سومین نیم خط از M و N را برای یافتن نقاط برخورد همان طور که در دومین و سومین دیده می شود رسم کنید. با استفاده از این نقاط و ویژگی های تقارن های بازتابی و دورانی، می توان یک مجموعه از نقاط جدید رسم کرد که گلبیگ های گل رز را تشکیل می دهند، همان چنان که در تصویرهای سوم و چهارم دیده می شود. محل برخورد اولین نیم خط و قوس بزرگ تر را بیابید و یک خط جدید به AB چنان که در تصویر چهارم نشان داده شده است عمود کنید. پاره خط هایی که گلبیگ ها را تشکیل می دهند امتداد دهید و محل برخورد آنها را با پاره خط هایی که با قوس بزرگ و نیم خط ها ایجاد می شوند هم چنان که در تصویر پنجم دیده می شود بیابید. ششمین تصویر، پاره خط های پایانی را برای رسم رز ۱۰- پر حول رأس A نشان می دهد. هفتمین تصویر در شکل ۱۰ با یک چرخش ۱۸۰ درجه ای قسمتی از رز حول O، که یک کار معمول در

۱. روش تقسیم یک زاویه قائمه به پنج قسمت مساوی تنها با استفاده از خط کش غیر مدرج و پرگار یکی از شاهکارهای ریاضیات دوره اسلامی است. - م

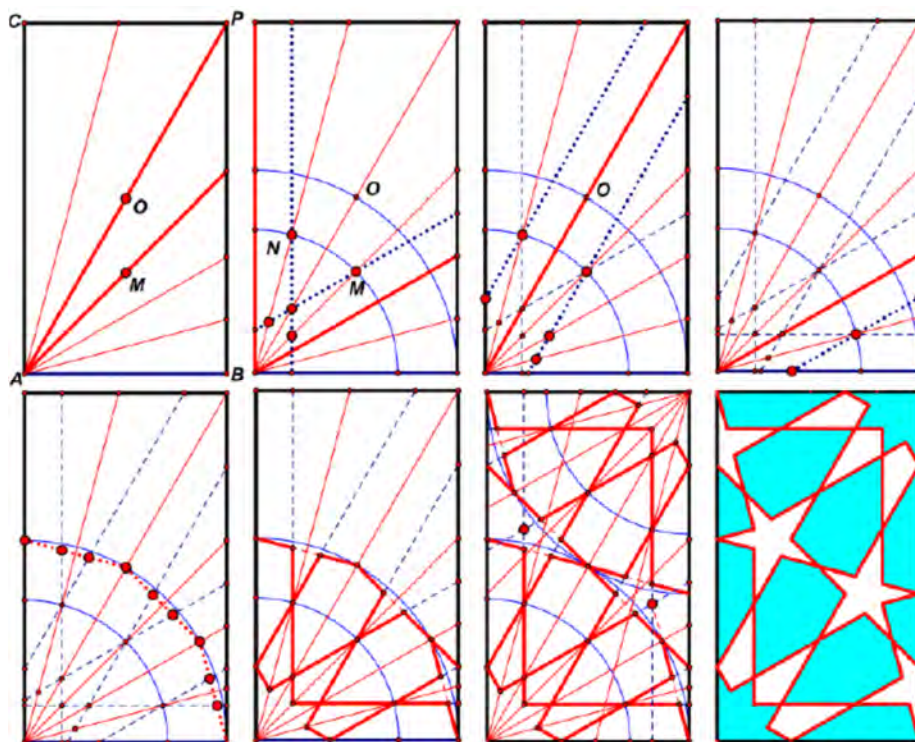
بیشتر گره‌ها برای تکمیل طرح است، ایجاد می‌شود. آخرین تصویر در شکل ۱۰ گره کامل رز ۱۰- پر است.



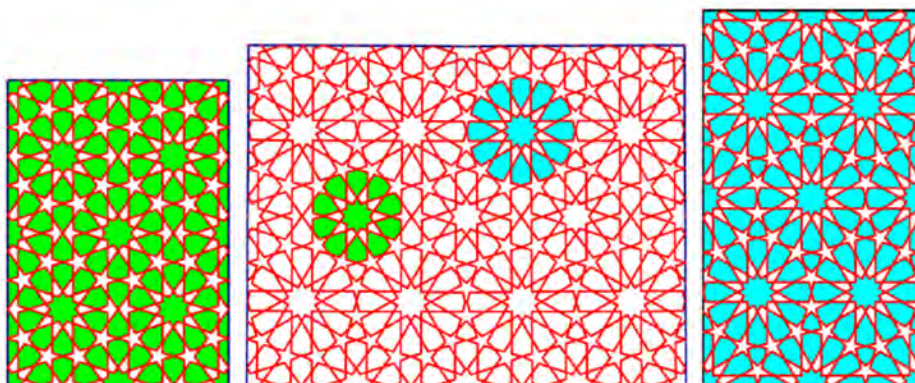
شکل ۱۰: ترکیب الگوی رز ۱۰- پر با استفاده از شیوة شبکه شعاعی

ساخت رز ۱۲- پر: برای ساخت این گره با استفاده از روش شبکه شعاعی، زاویه قائمه باید به شش زاویه مساوی تقسیم شود. برای ساخت یک رز ۱۲- پر، نیمساز یکی از زاویه‌های یک مثلث متساوی‌الاضلاع دو زاویه ۳۰ درجه می‌سازد و با تکرار فرایند برای یکی از آن‌ها دو زاویه ۱۵ درجه ایجاد می‌شود. به طور کلی، سازه باید با انتخاب یک نقطه دلخواه P روی چهارمین نیم خط آغاز شود. اما چون دو گره تولید شده باید همان طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است ترکیب شوند، دو مستطیل باید اندازه عرض یکسانی داشته باشند. پس فرایند باید با انتخاب پاره خط AB در آخرین سازه با همان عرض آغاز شود و سپس با یافتن P از طریق رسم عمود از B به AB برای برخورد با نیم خط چهارم ادامه یابد. باقی مانده سازه گره می‌تواند قدم به قدم از طریق تصویرهای شکل ۱۱ انجام شود.

اکنون با دنبال کردن تصویرهای شکل ۹ می‌توان نصف هر گره را به ترتیبی که دو مرکز منطبق باشند انتخاب کرد. شکل ۱۲ سه کاشی کاری را نشان می‌دهد. تصویر چپ کاشی کاری رز ۱۰- پر و تصویر راست کاشی کاری رز ۱۲- پر است. تصویر میانی کاشی کاری ترکیبی رز ۱۰- پر و ۱۲- پر است.



شکل ۱۱: ترکیب الگوی رز ۱۲- پر با استفاده از روش شبکه شعاعی

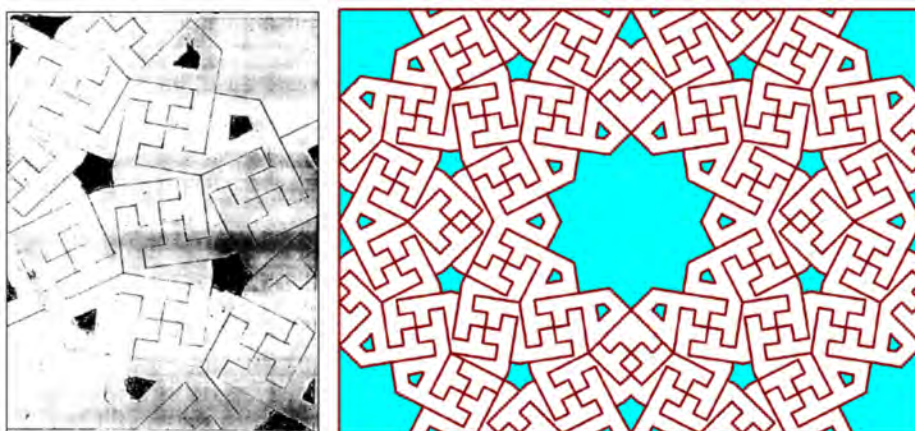


شکل ۱۲: کاشی کاری ۱۰- پر، کاشی کاری ترکیبی ۱۰- پر و ۱۲- پر، و کاشی کاری ۱۲- پر

با مقایسه دو تصویر سمت چپ و راست در شکل ۹، تصویر دقیق رساله و آخرین سازه توسط مؤلف، می توان به خطوط و قوس های اضافی در تصویر اصلی رساله توجه داشت. به نظر می رسد این ها گام هایی هستند که مؤلف رساله برای رسم گره انجام داده است. به هر حال، به احتمال زیاد

مؤلف شخصی بوده که تنها گره‌های جالب را ثبت و ضبط می‌کرده و گاهی سعی بر تعدیل سازه‌ها با رسم برخی خطوط و قوس‌های اضافه داشته است. بعد از بررسی این خطوط اضافه و به کار بردن روش بیان شده در این سند، رسیدن به نتیجه‌گیری که این روش کار نمی‌کند و درست نیست، دشوار نیست. روش شبکه شعاعی مذکور توسط ماهرالنقش بسیار سازماندهی شده، ساده و مؤثر است، به طوری که می‌توان ادعا کرد اصلاً این روش برای ساخت گره ۱۲-پر استفاده می‌شده است. به احتمال زیاد مؤلف رساله ریاضی‌دانی بوده که سعی در تعدیل قدم‌های رسم گره داشته، نه هنرمندی که به طور کلی با روش‌های ترسیم معمول در آن زمان بسیار آشنا بوده است.

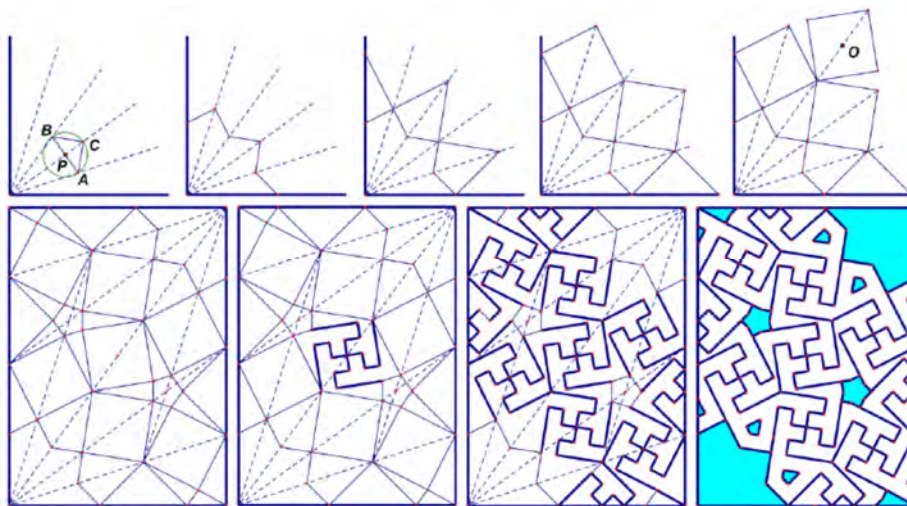
۳.۳ آخرین گره. تعداد صفحه‌های شامل گره در رساله فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة بیست صفحه است. در آخرین صفحه نسخه می‌توان آخرین گره را همان‌طور که در تصویر چپ شکل ۱۳ دیده می‌شود یافت. تصویر راست در شکل ۱۳ یک کاشی‌کاری را نشان می‌دهد که بر اساس این گره ترکیب شده است. تصویرهای شکل ۱۴ دستورالعمل قدم به قدم رسم این گره را عرضه می‌کنند.



شکل ۱۳: (چپ) آخرین گره در رساله، و (راست) کاشی‌کاری ساخته شده از این گره

زاویه قائمه مفروض را به پنج زاویه مساوی تقسیم کنید. نقطه دلخواه P را روی دومین نیم خط انتخاب کنید. یک خط عمود به این نیم خط در P رسم کنید تا اولین و سومین نیم خط را به ترتیب در A و B قطع کند. یک دایره به مرکز P و شعاع PA رسم کنید. این دایره نیم خط دوم را در C قطع می‌کند. زاویه $\widehat{ACB}$ یک زاویه قائمه است. این فرایند را برای ساخت یک چهارم یک ستاره ده پر مثل تصویر دوم ادامه دهید. سومین تصویر نشان می‌دهد که چگونه می‌توان گلبرگ‌هایی برای این رز با امتداد پاره‌خط‌های به دست آمده در تصویر قبلی ایجاد کرد. چهارمین تصویر نشان می‌دهد که چگونه می‌توان مربعی با استفاده از اضلاع گلبرگ‌ها ساخت. تصویر بعدی مربع هم‌نهشت دیگری را نشان

می دهد که قطرش بخشی از سومین نیم خط است. مرکز این مربع را بیابید و آن را O بنامید. اکنون با دوران قسمت رسم شده در تصویر پنجم به اندازه ۱۸۰ درجه حول O می توان این گره را به تصویر ششم تبدیل کرد. تصویر هفتم نشان می دهد که چگونه می توان مربع میانی را به شانزده مربع کوچک تقسیم کرد و سپس بعضی از اضلاع مربع های کوچک را برای ایجاد طرح تصویر وسطی نگاه داشت و بقیه را حذف کرد. دو تصویر بعدی شرح می دهند که چگونه می توان این فرایند ساخت طرح ها را روی دیگر مربع ها برای تکمیل فرایند ادامه داد.



شکل ۱۴: روش ایجاد گره برای شکل ۱۳

۴. نتیجه گیری

اگرچه بسیاری از بخش های رساله فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة واضح و کامل نیست، و با این که این تنها سند از گذشته است که نشان می دهد چگونه گره ها ترکیب می شوند، این حقیقت را نیز بیان می کند که ارتباط قدرتمندی بین ریاضی دان ها و هنرمندان در ایران دوره اسلامی وجود داشته است. این ارتباط، همان طور که در رساله مشاهده می شود، صرفاً مبتنی بر دانش ریاضی بوده است، نه بر هیچ نظام بینشی یا عقیدتی. اگرچه این رساله قدیمی است، بسیاری از ایده ها برای ایجاد معماها و گره ها تازه است و می تواند به عنوان بخشی از پروژه ها و کارگاه های خلاقیت و یادگیری استفاده شود. رساله فرصت هایی برای خوانندگان فراهم می کند تا در برخی فعالیت های عملی برای توسعه الگوهای کاشی کاری جدید، یا خلق عناوینی برای کلاس درس درگیر شوند.

منابع

- [۱] ناشناخته. فی تداخل الاشكال المتشابهة والمتوافقة. نسخه کتابخانه ملی پاریس به شماره ۱۶۹ فارسی، برگ‌های ۱۸۰-۱۹۹ پ.
- [۲] جذبی، سید علیرضا، هندسه ایرانی: کاربرد هندسه در عمل، انتشارات سروش، چاپ سوم، تهران، ۱۳۸۴.
- [۳] ماهرالنقش. محمود. طرح و اجرای نقش در کاشی کاری ایران: دوره اسلامی، انتشارات موزه رضا عباسی، ج ۵، تهران، ۱۳۶۱-۱۳۶۲.
- [4] Necipoglu, G., *The Topkapi Scroll: Geometry and Ornament in Islamic Architecture*, Getty Center Publication. Santa Monica, USA, 1995.
- [5] Ozdural, A., "Mathematics and Arts: Connections between Theory and Practice in the Medieval Islamic Worlds", *Historia Mathematica* 27, Academic Press, 2000, pp.171-301.
- [6] Sarhangi. R. "The Sky Within: Mathematical Aesthetics Persian Dome Interiors", *Nexus Network Journal*, Kim Williams (ed), vol. 1, 1999. pp, 87-97. (also appeared in the 1999 bridges Proceedings).
- [7] Sarhangi. R., "Interlocking Star Polygons in Persian Architecture: The Special Case of the Decagram in Mosaic Designs", *Nexus Network Journal*, Kim Williams (ed). vol. 14, no. 2, 2012, pp. 345-372. (a short version of this paper appeared in the 2012 Bridges Proceedings).

سرچشمه‌های کیمیا در دوره اسلامی

اریک جان هولمیارد^۱

ترجمه نرگس یوسفی^۲

فعالیت تجاری بین شبه جزیره عربستان و کشورهای مجاورش، به‌ویژه سوریه، حتی در روزگار پیش از اسلام که نویسندگان مسلمان آن را «دوره جاهلیت» توصیف می‌کنند، باید منجر به نفوذ تعالیم و تجربه‌های اصلی کیمیا شده باشد. اما این دانش توجه عمومی چندانی جلب نکرد و سوابقی از آن بر جا نماند؛ عرب‌ها برآنند که در دوره اسلامی نخست خالد بن یزید کیمیا را بررسی کرد، گرچه سنت از روی احترام، شناختی از این حرفه را به حضرت محمد (ص) و حضرت علی (ع) نسبت می‌دهد.

نقل است که یهودیان نزد پیامبر (ص) آمدند و از او درباره کیمیا پرسیدند. او فرمود: «اگر من بخواهم که شترهایی با بارهایی انباشته از طلا و نقره از صحرای تهامه به نزد من بیایند، آن کار خواهد شد؛ این حصیر بافته از نی را بلند کنید». آنان حصیر را بلند کردند و مقدار زیادی طلا دیدند. سپس یهودیان گفتند: «این کار و مانند آن را جادوگران هم می‌توانند انجام دهند». پیامبر (ص) پاسخ دادند: «اگر من این حرفه را برای شما آشکار سازم، پس از آن اسلام را خواهید پذیرفت؟» به او پاسخ دادند: «آری». پیامبر بی‌درنگ فرمودند: «کیمیا عموماً مرگب است از طلا، سرب، نمک تلخ^۳ و جیوه معمولی، اما شما ایمان نخواهید آورد!»

از مطالبی مانند این برمی‌آید که مسلمانان خیلی زود با علم کیمیا آشنا شدند و بی‌شک از منابع گوناگون و فراوانی کسب اطلاع کردند، اما این فن نخست از طریق شهر اسکندریه که از مراکز مطالعه کیمیا و دیگر علوم رازآلود بود، به جهان اسلام راه یافت. جزئیات عرضه‌شده به‌وسیله نویسندگان مسلمان ابهاماتی دارد، اما روایت‌های تاریخی ارزش توجه دوباره را دارد زیرا نشان می‌دهد که شیمیدانان مسلمان چه باوری در مورد منشأ کیمیا در اسلام داشتند.

1. Eric John Holmyard, *Makers of chemistry*, Oxford: Clarendon Press, 1931, pp. 43- 49.

۲. پژوهشگر آزاد، nargesyousefi57@yahoo.com

۳. سولفات منیزیم

در اسکندریه راهبی مسیحی به نام مریانس^۱ زندگی می‌کرد. او شخصی زاهد و ماهر در کیمیا بود. خالد بن یزید در مورد شهرت و آوازه مریانس مطالبی شنیده بود. به همین دلیل او را برای شرح دانش تغییر ماهیت فلزات به دمشق احضار کرد. بعد از ترغیب و تشویق‌های بسیار، مریانس آمد و فن تهیه اکسیر را به خالد تعلیم داد. در نتیجه خالد آنقدر به کیمیا علاقمند شد که مسبب ترجمه تعداد زیادی از آثار کیمیایی یونانی به زبان عربی شد و به نظر می‌رسد مدت زمان زیادی را صرف تحقیق و تفحص روی این موضوع کرد.

چگونگی رابطه خالد با وی را، خود خالد به عنوان شاگرد وی در سه رساله ذکر کرده است که صحت و اصالت این سه رساله را پژوهشگران جدید مردود شمرده‌اند. رایتسن اشتاین، احتمال می‌دهد که در قرن دوم، شخص مسیحی عربی زبان دیگری در اسکندریه رابطه خالد و مریانوس را توصیف کرده باشد. جابر بن حیان در کتاب الراهب خود از رابطه خالد با مریانس سخن به میان آورده است. یکی دیگر از شاگردان مریانس راهب، نیز از معلمان جابر بوده است. امید است که نوشته‌های خالد که به تازگی کشف شده است و اصل عربی این رساله‌ها، این مسئله را روشن نماید (← سزگین، ج ۴، ص ۱۴۶)^۲.

از آثار ترجمه شده به وسیله خالد یا مکتب او، هیچ متنی بر جای نمانده است اما می‌توانیم حدس بزنیم که این آثار، کتاب‌های تألیفی زوسیموس^۳، دموکریت (ذیمقراطیس)^۴، اسطانس (هوشثانه)^۵ و نویسندگان مشابه بوده‌اند. درباره زندگی زوسیموس آگاهی کمی داریم. روایت شده که وی اهل پانوپولیس، إخمیم در مصر علیا، بوده و در اسکندریه زندگی می‌کرده است. گمان‌های گوناگون درباره زمان زندگی وی بین سده‌های سوم و پنجم میلادی نوسان دارد. او در یکی از کتاب‌هایش که به زبان سریانی است، به شرح سفرهایش به قبرس، ایتالیا و مقدونیه می‌پردازد. وی احتمالاً با نوافلاطونیان ارتباط نزدیکی داشته است. زوسیموس خود را گردآورنده و مفسر می‌داند. او از بقراط نقل قول می‌کند و از نوشته‌های منسوب به دموکریت، هرمس^۶، اسطانس، آگاثودایمون^۷، اوزیریس و ماریه بهره برده است. ظاهراً او نشادر را می‌شناخته است. بنا بر شواهد موجود، آثارش از منابع مورد استفاده جابر بوده است. کتاب‌های او احتمالاً در زمرة نخستین کتاب‌هایی بوده که به عربی ترجمه شده است. شش کتاب از آثارش در دوره خلافت معاویه ترجمه

1. Marianus

۲. فؤاد سزگین، تاریخ نگارش‌های عربی، ج ۴: کیمیا، شیمی، گیاه‌شناسی و کشاورزی، ترجمه، تدوین و آمادسازی مؤسسه نشر فهرستگان، تهران: سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۱۳۸۰ ش.

3. Zosimos

4. Democritus

5. Ostanos

6. Hermes

7. Agathodaemon

شده است (همان، ص ۱۰۲-۱۰۳). نوشته‌های منسوب به دموکریت آبدیرایی (ح ۳۷۰-۴۲۰ ق م) نیز از جمله کهن‌ترین منابع کیمیاگری دوره اسلامی است. از نوشته‌های برجای‌مانده سریانی و بسیاری از ترجمه‌های نسخه‌های یونانی نوشته‌های منسوب به دموکریت، می‌توان به تصویر روشنی درباره کیمیاگری او دست یافت. استیپلتن برای نخستین بار به اهمیت رساله‌های منسوب به دموکریت در منابع کیمیایی دوره اسلامی توجه داده است (همان، ص ۷۵). اسطانس نیز احتمالاً در سده پنجم پیش از میلاد زندگی می‌کرد و یکی از مغان جانشین زرتشت در پی‌ریزی احکام نجومی بوده و به زبان آن روزگار سرزمین خود مطالبی می‌نگاشته است. گمان می‌برند که رساله‌های او با نوشته‌های زرتشت در سده ۳ یا ۴ پیش از میلاد به مصر راه یافته و به زبان یونانی ترجمه شده است. ساحران و کیمیاگران قدیم بسیار علاقه داشتند که خود را شاگرد او بنامند. سونسیوس در ۴۰۰ م اثری در چهار مقاله درباره کیمیا را به اسطانس منسوب می‌کند و گزارش می‌دهد که در این رساله، روش‌های ایرانی، و نه مصری، تشریح شده است. وی همچنین ذکر می‌کند که اسطانس کبیر، دموکریت را در مصر با علوم خفیه آشنا کرد. در کتاب الحبيب، فهرست کیمیاگران منسوب به خالد بن یزید، علم‌الخواص و سرالأسرار جابر، و کتابی از رازی، نام اسطانس و عقاید او به چشم می‌خورد (همان، ص ۷۶-۷۷).^۱

ویژگی مشترک افراد پیش‌گفته، اشتیاق حیرت‌انگیزشان به کیمیا و بی‌میلی چشمگیرشان برای مشخص کردن حقایق قطعی و مسلم کیمیاست. خالد بن یزید با تشویق‌هایش این خدمت را به علم کیمیا کرد که افراد موجه‌تری را به مطالعه این دانش هدایت کند. در کتاب الفهرست ابن ندیم^۲ (ص ۴۱۹)، مربوط به قرن چهارم هجری، درباره او آمده است:

«خالد بن یزید بن معاویه، سخنور، شاعر و سرشار از شور و شوق و صاحب رأی بود. نخستین کسی بود که کتاب‌های قدیمی طب، نجوم و کیمیا را ترجمه کرد. گفته می‌شود که او به کسی که او را برای صرف بخش عمده‌ای از زندگی‌اش در جستجوی کیمیا، سرزنش کرده بود پاسخ داد: همه تحقیقات من در این باره تنها به قصد غنی کردن دوستان و برادران [دینی‌ام] است. من به خلافت امیدوار بودم اما از من گرفته شد و من جیرانی برای آن نیافتم مگر تلاش برای رسیدن به منتها درجه این حرفه. امیدوارم هر کسی که من می‌شناسم یا او مرا شناخته است، حتی برای یک روز، آن را انجام دهد؛ بی‌نیاز از احتیاج به تقاضای مساعدت یا التفات از یک

۱. برای اطلاعات دقیق‌تر درباره اسطانس ← Pliny the Elder, *Encyclopaedia Iranica*, s.v. "Ostanes", by Morton Smith; Pliny the Elder, *Natural history*, book XXX, 1975, London, 3ff.
۲. چاپ رضا تجدد، تهران، ۱۳۵۰.

سلطان. گفته می‌شود که خالد در کیمیاگری اش موفق بود. خدا بهتر می‌داند [که آیا این موضوع صحت دارد یا نه!] او درباره این موضوع تعدادی کتاب و رساله تألیف کرد و مقدار زیادی در این باره شعر سرود».

در کتاب‌های مشابه هم نام چند فرد که از نظر کیمیاگران صدر اسلام معتبر بودند آمده است. بسیاری از این افراد شخصیت‌های برجسته تاریخی، بعضی دیگر اسطوره‌ای و دیگران ناشناخته‌اند. نخست هرمس است. در منابع عربی از او با نام‌های ادريس و اُخنوس یاد کرده و او را متعلق به زمان پیش از توفان نوح (ع) دانسته‌اند. در آثار کیمیایی خالد بن یزید، جابر بن حیان، رازی و ابن اُمیل، از مطالب آثار منسوب به هرمس استفاده شده است (همان، ص ۵۱-۵۸). پس از هرمس، آگاثودایمون قرار دارد. درباره زندگی و کیمیاگری او اطلاعات مبهمی به ما رسیده است. او را به عنوان فیلسوف و کیمیاگر و غالباً همراه با هرمس و زمانی او را شاگرد یا معلم او می‌پنداشته‌اند. بنا به نوشته کندی و ابن خردادبه، صابین هر دورا از پیامبران خود می‌دانستند. گفته‌اند که یکی از رساله‌های منسوب به او، زیربنای نوشته‌های کیمیایی دانشمندان اسکندریه بود (همان، ص ۷۱-۷۲). پس از آن‌ها افلاطون، زوسیموس، ذیمقراطیس و هراکلیوس^۱، امپراتور بیزانس در سده ششم میلادی بوده‌اند. جابر در کتاب السهل خود، هراکلیوس را «هرقل الملک» نامیده است. احتمالاً او دستور ترجمه کتابی در کیمیا منسوب به ارسطورا از یونانی به سریانی داده است (همان، ص ۱۴۲-۱۴۳). پس از این‌ها، هوشثانه، الکساندر، ماریه یهودی^۲ و بسیاری دیگر قرار دارند. ماریه یهودی را ماریه قبطی و ماریه فرزانه هم می‌خوانند. گاه او را خواهر حضرت موسی (ع) دانسته‌اند. درباره نقش ماریه در تاریخ کیمیا، اطلاعات اندکی داریم. وی نزد کیمیاگران نخستین و مفسران آن‌ها اعتبار زیادی داشت. نامش یادآور دستگاه‌ها و به‌ویژه ادوات تقطیر است. وی احتمالاً کوره‌ها و دستگاه‌های تقطیر فراوانی از فلز، خاک رُس و شیشه ساخته بود (همان، ص ۹۹-۱۰۱). از این فهرست برمی‌آید که علم کیمیا، حتی اگر نه چندان دقیق و هوشمندانه، به فراوانی مطالعه می‌شد و سنت نسبت دادن آثار مربوط به یک حرفه به افراد صاحب‌نام و بانفوذ از پیش وجود داشته است. به یقین می‌توان گفت که منشأ کیمیای دوره اسلامی عمدتاً از کیمیای یونانی بوده است. مطالب زیادی از نویسندگان یونانی نقل قول می‌شود؛ نظریه‌های بی‌شماری که در هر دو کیمیای یونانی و اسلامی مشترک هستند و تعداد زیاد اصطلاحات فنی عربی که آشکارا از رساله‌های یونانی گرفته شده شواهد بیشتری از رابطه کیمیای دوره اسلامی و کیمیای یونانی است. این انتقال تا حدودی از طریق رابطه مستقیم با مصر، تا حدی از طریق مترجمان مسیحی سریانی و تا حدی هم از طریق ایران ایجاد شد. نشانه‌های غیر قابل

1. Heraclius
2. Mary the Jewess

تردیدی از تأثیر ایرانیان وجود دارد، به‌ویژه به دلیل وجوه اشتراک زبانی در نام‌ها و کاربردهای فنی و در اسامی کانی‌ها. این نشانه‌ها حاکی از آن است که احتمالاً ایران یکی از شاهراه‌های ورود کیمیا به دوره اسلامی بود و نباید از نظر دور داشت که تعداد زیادی از کیمیایران مهم مسلمان، ایرانی بودند.

کیمیای چین اشتراکات زیادی با کیمیای یونانی و اسلامی دارد، زیرا این فرض هم وجود دارد که کیمیا در این سه تمدن ریشه‌ای مشترک دارد. همچنین دلایل زیادی وجود دارد که چینی‌ها مدت‌ها قبل از ظهور اسلام به‌نوعی از کیمیا اشتغال داشتند. سرچشمه‌های دور کیمیای دوره اسلامی هنوز تا حد زیادی نامشخص است، اما شواهد چندانی در مورد آشنایی مستقیم عرب‌ها با کیمیا از طریق چینی‌ها وجود ندارد. دلیل شباهت بین کیمیای چینی، یونانی و اسلامی آن است که کیمیای عرب‌ها غالباً میراث مستقیم کیمیای یونانی و تا حدودی کیمیای ایرانی، کلدانی و دیگر تمدن‌ها است. عامل دیگر، نفوذ دانش به‌وسیله صنعتگران کشورهای است که زمانی عرب‌ها با آن‌ها رابطه داشتند. مهارت کسب‌شده از طریق کارگران حرفه‌ای مصر باستان و آشوریان در آثار کیمیایی به چشم می‌خورد و تعداد زیادی از اسامی کانی‌ها به زبان آشوری و دیگر زبان‌ها در رساله‌های عربی مربوط به کیمیا یافت می‌شود، از جمله واژه‌ی «آبار/آبار» به معنی فلز استخراج‌شده از سنگ سرمه (سرب یا آنتیموان) که در آثار کیمیایی به زبان عربی به فراوانی یافت می‌شود و حتی به رساله‌های لاتینی سده‌های میانه هم وارد شده است.

کوتاه سخن، می‌توان پذیرفت که گرچه سرچشمه اصلی علم کیمیا در دوره اسلامی به‌طور قطع و یقین یونان است، نظریه‌ها و دانش یونانی، مسلمانان را با فنون عملی ویژه‌ای آشنا کرد و این اطلاعات بعدها با امکانات و اطلاعات تازه‌ای از سرزمین‌های اطراف و حتی شاید از هند و چین درآمیخت. دلایل و مدارک زیادی وجود دارد که بسیاری از ترجمه‌ها به دست مسیحیان سریانی انجام شد. به عقیده برتولو^۱ محققان سریانی نقش مهمی در رساندن دانش یونانی به عرب‌ها ایفا کردند. او می‌گوید:

«آن‌ها قبلاً به عنوان رابطان پادشاهان ایرانی و امپراتوران قسطنطنیه نقش مهمی داشتند، اما وقتی عرب‌ها ایران و سوریه را فتح کردند نفوذ آن‌ها زیاده‌تر شد. خلفا به‌ویژه به دلیل مهارت پزشکی‌شان پذیرای آن‌ها بودند. اما کارهای دیگری هم به آن‌ها واگذار شد زیرا آن‌ها را به عنوان پزشک، مهندس نظامی و غیرنظامی، منجم، خزانه‌دار، حاکم و غیره می‌یابیم. اهمیت آنچه آن‌ها به دست آوردند برای توسعه فرهنگ علمی بسیار مطلوب بود؛ یونانیان همه علوم را با خود آوردند و از طریق آن‌ها بود که حکمت یونانی به عرب‌ها منتقل شد».

۱. Marcellin Berthelot: (۱۸۲۷-۱۹۰۷)، دانشمندی فرانسوی در زمینه شیمی و ترموشیمی. - م

این برآورد بر تلو احتمالاً اغراق‌آمیز است. احتمالاً حتی در قرن هشتم میلادی (دوم هجری) تعداد زیادی از محققان مسلمان می‌توانستند خط یونانی را بخوانند و قادر به مطالعه آثار اصیل مؤلفان یونانی بودند. علاوه بر این چنان‌که گفته شد، انتقال دانش یونانی به اسلام از راه ایران به هیچ وجه بی‌اهمیت نبود و اهمیت خاص آن در پزشکی، کیمیا و ستاره‌شناسی بود. دانشگاه بزرگ گندی‌شاپور در خوزستان در زمان حکومت خلفای عباسی هنوز در حال رشد و پیشرفت بود و شکل ایرانی شده فلسفه یونانی و دانش پزشکی در آنجا تأثیر زیادی بر فرایند یادگیری مسلمانان داشت.^۱ گذرگاه دیگری که از طریق آن هم دانش و حکمت یونانی به اسلام منتقل شد شهر حرّان در بین‌النهرین بود. حرّان حتی از روزگار حکومت اسکندر مقدونی، کانون فرهنگ یونانی بود. سوری‌هایی که بعدها عرب‌ها آنان را صابین نامیدند در این شهر سکونت داشتند. آن‌ها ستاره‌پرست و علاقمند به اختربینی بودند و به دلیل مهارت زبان‌شناسی ویژه‌ای که داشتند، به راحتی توانستند صحبت کردن به زبان عربی را بیاموزند و جایگاه مناسبی برای تعلیم به همسایگان مشتاقشان بیابند. آنان دریافتند که با وجود مشرک بودن، به دلیل تحقیقاتشان از التفات و مساعدت بارگاه خلفای بغداد برخوردارند، اما برای اطمینان از امنیت شخصی‌شان ناگزیر از پرداخت مبالغی چشمگیر برای تطمیع مقامات حکومت بودند. محتمل است که شهر حران علاوه بر فرهنگ یونانی، مقدار زیادی از فرهنگ و دانش امپراتوری باستانی بابل را نیز انتقال داده باشد.

«... اما بعد بدانکه در زمان پیشین علماء و حکماء بسیار بوده‌اند و اکثر خلائق به طلب علم مشغول و اهل علم معزز و مکرم بودند و پادشاهان و امرا و وزرا، اهل علم را تربیت‌ها می‌کردند و نوازش‌ها بجای می‌آوردند و اعزاز و اکرام می‌نمودند بدان سبب رونق عالمان بود، چنانچه بر پادشاهان حکم می‌کردند و پادشاهان در جمیع امور به ایشان مشورت کرده‌اند و متابع قول ایشان گشته و در این زمان احوال علماء و فضلاء و حکماء معکوس و مغلوب و بی‌رونق و بی‌عزت شده است، بدان سبب علما کم شدند و آن‌ها که باقی مانده‌اند علم خود را مخفی و پوشیده داشته‌اند، چنان شده است گویا علم مندرس است و این بیان روشن است و خلل‌های آن همه را معلوم شده، تا اگر طالب علمی باشد، به سال‌ها استادی مشفق به‌دست نتواند آورد و از کتب حاصل کردن علوم پوشیده، دشوار است...»
محمد بن عبدالملک الصالحی خوارزمی کاشی در عین الصنعة وعون الصناعة، از ترجمه فارسی کهن، چاپ مقبول احمد (بنگال ۱۹۲۹)، نقل از شیمیدانان نامی اسلامی، جعفر آقایانی چاوشی، تهران، ۱۳۵۷، ص ۱۷۳.

۱. بنگرید به مقاله «مدرسه پزشکی گندی‌شاپور، مهم‌ترین مرکز پزشکی دوران باستان»، میراث علمی، شماره ۷، بهار و تابستان ۱۳۹۴، ص ۱۰۲-۱۰۴.

پیدایش مفهوم تعدیل زمان^۱

کیوین کارنی^۲
ترجمه پویان رضوانی^۳

یادداشتی درباره اصطلاح تعدیل زمان

ترجمه صریحی از «تعدیل زمان»^۴ در یونانی وجود ندارد. نزدیک‌ترین مفهوم مرتبط با آن، نیکتِمرُن^۵، به معنی طول شبانه‌روز است، مثلاً از یک ظهر خورشیدی تا ظهر خورشیدی بعد. معادل عربی تعدیل زمان، «تعدیل الأيام بلیالیها» است. در لاتینی سده‌های میانه «Equatio Dierum» به معنی تعدیل ایام بود.

اصطلاح «تعدیل X» دقیقاً به صورت تفاوت بین X رصد شده و «X میانگین» ترجمه می‌شود. این اصطلاح به همین صورت در تعدیل زمان، تعدیل مرکز، تعدیل آنومالی (خاصه)، تعدیل اعتدالین و غیره به کار می‌رود. مفهوم روزها/سال‌های میانگین و خورشید میانگین به خوبی شناخته شده بود و به صورت گسترده‌ای در نجوم باستان و دوره اسلامی به کار می‌رفت. اما منظور از خورشید میانگین در دوره باستان، خورشیدی بود که روی دایرة البروج حرکت کند و بنابراین فقط به صورت غیرمستقیم با مفهوم امروزی خورشید میانگین، که زمان [رسمی] ما را تعیین و بر استوا حرکت می‌کند، مرتبط است.

مقدمه

یونانیان همه چیز را درباره تعدیل زمان می‌دانستند - هرچند نه با این نام و نه با هدف تعیین زمان چنانکه در نظر ماست. دانش آنان بیشتر درباره پیش‌بینی‌های نجومی، و به‌طور ویژه پیش‌بینی

۱. این مقاله ترجمه‌ای است از مقاله The Equation of Time- Early Days که در نشریه Compendium، سال ۱۶، شماره ۴، ص ۲۳-۲۹ چاپ شده است. برای اطلاعات تکمیلی بنگرید به مقاله «تعدیل زمان» در دانشنامه جهان اسلام، نوشته یان پ. هوخندایک، ترجمه محمد باقری، ج ۷، ۱۳۸۲، ص ۴۹۴-۴۹۶.

2. Kevin Karney (Llandogo, Wales)

۳. عضو هیئت علمی گروه تاریخ علم بنیاد دائرةالمعارف اسلامی و دانشجوی دکتری تاریخ علم در دانشگاه اوترخت هلند، pnrezvani@gmail.com

۴. «equation of time» که در برخی منابع به نادرست به «معادله زمان» ترجمه شده است. - م

5. Nychthemerion

وضعیت ماه بود تا تعیین زمان. مطالعات زیادی درباره تعدیل زمان از نقطه نظر نجومی، از زمان یونانیان تا دوره نوزایی انجام شده است.

در سال ۱۶۶۹ م. کریستین هویگنس (۱۶۲۹-۱۶۹۵ م) نخستین جدول امروزی تعدیل زمان را در اثرش با عنوان «دستورالعمل‌هایی درباره کاربرد ساعت‌های آونگ‌دار برای یافتن طول جغرافیایی در دریا» منتشر کرد. از آن پس، تعدیل زمان مورد توجه زمان‌سنجان و سازندگان ساعت آفتابی قرار گرفت. حدوداً در همان زمان اصطلاح *Equatio Dierum* به «تعدیل زمان» ترجمه شد.

تاریخچه

بابلی‌ها می‌دانستند که حرکت خورشید یکنواخت نیست. آن‌ها متوجه شدند که خورشید بین سنبله و حوت در هر ماه قمری ۳۰ درجه حرکت می‌کند، در حالی که در نیمه دیگر سال، در هر ماه قمری ۲۸ درجه و ۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه حرکت می‌کند. کالیپوس یونانی این نایکنواختی را در ۳۳۰ قبل از میلاد دریافته بود.

منجمان بابلی به اندازه‌گیری رخدادها می‌پرداختند. پیشینه ثبت روزانه دقیق رخدادهای نجومی به ۱۵۰۰ قبل از میلاد برمی‌گردد. آنان علاقه داشتند رخدادهای نجومی را با قوانین حسابی ساده‌ای تطبیق دهند تا پیش‌بینی‌ها انجام پذیر شود. پدیده‌های آسمانی با پیش‌گویی‌ها - چه خوب، چه بد - ارتباط مستقیم داشت. این پیش‌گویی‌ها برای حاکمان بسیار مهم بود و پیش‌بینی‌های خوب، برایشان اهمیت حیاتی داشت.

نجوم یونانی بیشتر به عنوان ابزاری برای تعیین فصول بود تا تعیین زمان. هزیود^۱ شاعر یونانی در شعر «کارها و روزها» سروده است: «زمانی که ستارگان خوشه پروین، دختران اطلس، در حال طلوع هستند، درو کردن آغاز می‌شود، و وقت شخم زدن زمانی است که غروب می‌کنند». با طلوع اندیشه استدلالی، رویکرد یونانیان به نجوم، متوجه چرایی رویدادها، اتفاقات و «ثبت پدیده‌ها» شد. در این زمینه، کلمه «پدیده»، برای یک واقعیت رصد شده استفاده می‌شود که باید طبق فلسفه مفروضی توصیف شود.

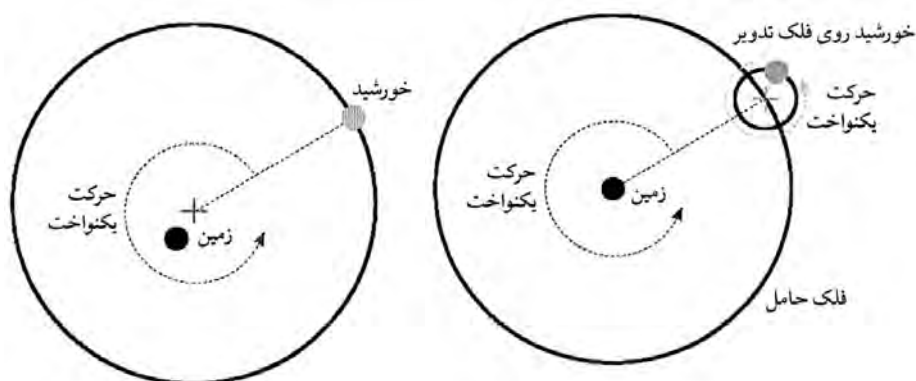
فلسفه مورد استفاده [در نجوم یونانی]، پیش فرضی بود که ارسطو از افلاطون گرفته بود و بر اساس آن، آسمان کره کاملی است و هر چیزی در آن باید در دایره‌هایی با سرعت یکنواخت حرکت کند. این فلسفه - که به «واپس‌گردترین گام در تاریخ علم» معروف شده است - تقریباً در دو هزاره، تا زمانی که سرانجام نظریه‌های کپلر پذیرفته شوند، باقی ماند. تأثیر ارسطو چنین بود، چنانکه به گفته آرتور کویستلر در خوابگردها^۲: «علم، تا دوره نوزایی، مجموعه‌ای از ارجاعات به ارسطو بود».

1. Hesiod
2. *Sleepwalkers*

ثبت پدیده‌ها، تلویحاً به تولید نوعی الگوی کاربردی اشاره می‌کرد که می‌توانست حرکت ستارگان سرگردان - یعنی سیارات و ماه - را توضیح دهد. ستارگان ثابت ساده بودند - آن‌ها فقط از دستور ارسطو پیروی می‌کردند. اما سیارات، معمولاً هم جهت با خورشید حرکت می‌کردند، ولی گاهی به عقب بر می‌گشتند - که به اصطلاح حرکت واپسگردی (رجوعی) آن‌ها بود. تطبیق این پدیده با فلسفه یکنواختی و کمال دشوار بود.

نخستین الگوهای کلی واقعاً ماندگاری که توانستند حرکت‌های ناپکنواخت خورشید و سیارات را توضیح دهند، توسط آپولونیوس پرگایی (۲۶۲-۱۹۰ ق م)، که در میان ریاضیدانان به عنوان استاد مقاطع مخروطی معروف است، ابداع شد. او دو الگو ابداع کرد:

- نظریه «فلک تدویر»، که برای خورشید، ماه و سیارات به‌خوبی کار می‌کند و در آن، جرم آسمانی به‌طور یکنواخت حول دایره کوچکی به نام «فلک تدویر»، که مرکزش بر محیط دایره بزرگ «فلک حامل» قرار دارد، می‌چرخد. مرکز فلک حامل منطبق بر زمین است. مرکز فلک تدویر به‌طور یکنواخت روی فلک حامل می‌چرخد. این [نظریه] نیاز فلسفی را برآورده می‌کند. نک.: شکل ۱.
- نظریه «فلک خارج مرکز»، که برای خورشید به‌خوبی کار می‌کند و در آن، جرم آسمانی به‌طور یکنواخت روی یک دایره می‌چرخد، اما زمین مرکز این دایره نیست. این الگوی ساده تر، فقط تا حدی نیاز فلسفی را برآورده می‌کند. نک.: شکل ۲.



شکل ۲. حرکت بر فلک خارج مرکز

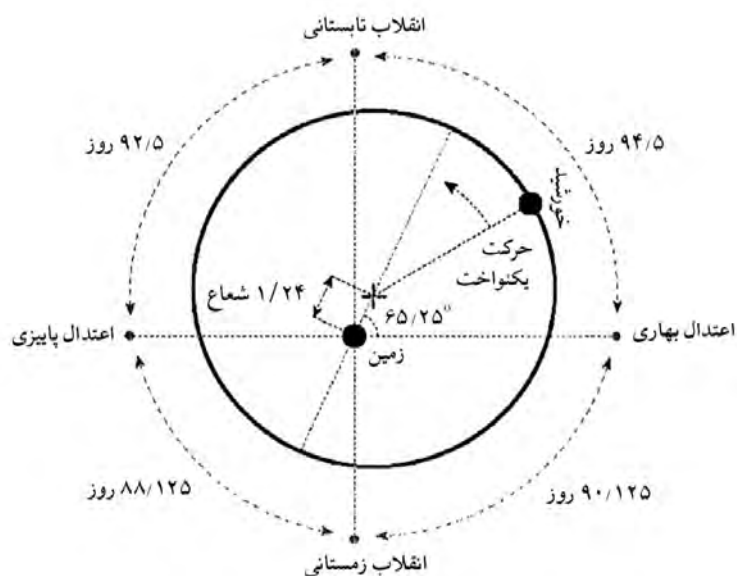
شکل ۱. حرکت بر فلک تدویر

این دو الگو، چنانکه نشان داده شده است، از لحاظ ریاضی یکسان هستند. اما الگوی فلک تدویر انعطاف‌پذیر و به همان اندازه برای توضیح حرکت رجوعی سیارات سفلی ساده‌تر است، و حرکت‌های پیچیده‌تر می‌توانند با در نظر گرفتن فلک تدویر به عنوان فلک حامل فلک تدویر کوچکتری بازسازی شوند.

ابرخس و حرکت خورشید

پس از استیلای اسکندر بر بین النهرین، داده‌های نجومی فراوان ثبت شده توسط بابلیان در دسترس یونانیان قرار گرفت و گام بزرگ بعدی را ابرخس رودسی (۱۹۰-۱۲۰ ق م)، مبدع مثلثات و کاشف تقدیم اعتدالین برداشت. بسیاری ابرخس را بزرگترین دانشمند باستان می‌دانند. او نه تنها نظریه پرداز، بلکه همچنین کسی بود که با اندازه‌گیری، از نظریه‌هایش پشتیبانی می‌کرد. او همچنین اسطrolاب و حلقه اعتدالی را برای یافتن زمان اعتدالین اختراع کرد، اما برای یافتن انقلابین، چیزی پیچیده‌تر از یک شاخص عمودی نداشت، که کار با آن هم برای این منظور دشوار است، زیرا میل خورشید نزدیک این زمان‌ها (انقلابین) خیلی کند تغییر می‌کند.

با استفاده از اندازه‌گیری‌های بسیاری که خودش انجام داده بود و با مقایسه داده‌هایی که به زمان بابلی‌ها بر می‌گشت، طول فصل‌ها را چنین تعیین کرد: انقلاب زمستانی، $۹۰\frac{1}{8}$ روز تا اعتدال بهاری، سپس $۹۴\frac{1}{4}$ روز تا انقلاب تابستانی، سپس $۹۲\frac{1}{4}$ روز تا اعتدال پاییزی، سپس $۸۸\frac{1}{8}$ روز تا بازگشت به انقلاب زمستانی که در مجموع $۳۶۵\frac{1}{4}$ روز می‌شد. وی با استفاده از این شکل‌ها، الگوی خارج مرکزی ساخت که به طور شایسته‌ای حرکت خورشید را توضیح می‌دهد. نک: شکل ۳.



شکل ۳. الگوی فلک خارج مرکز ابرخس برای حرکت خورشید

سپس جمینوس رودسی (۱۱۰-۴۰ ق م)، پی برد که زمان بین یک ظهر خورشیدی تا ظهر خورشیدی بعدی - شبانه‌روز - ثابت نیست و این را نتیجه وجود زاویه بین صفحه‌های استوا و دایرة البروج دانست.

بطلمیوس و روزهای نامتساوی

اما کلاودیوس بطلمیوس اسکندرانی بزرگ (۸۵-۱۶۵ م) نخستین کسی بود که توضیح جامعی از پدیده «شبانه‌روز نامتساوی» مطرح کرد. او اسباب محاسبه تفاوت بین شبانه‌روز و طول روز میانگین را فراهم کرد - یعنی دقیقاً آنچه ما به تغییرات روزانه تعدیل زمان تعبیر می‌کنیم. افزون بر این، توضیح او به‌روشنی بین دو مؤلفه که ما اکنون آن‌ها را مؤلفه‌های «خروج از مرکز» و «میل» در تعدیل زمان می‌نامیم، تمایز قائل شد. عین نوشته بطلمیوس در این باره چنین است:



شکل ۴. کلاودیوس بطلمیوس

«در باره نابرابری روزهای خورشیدی

... مناسب به نظر می‌رسد که بحث کوتاهی درباره نابرابری روز خورشیدی را [نیز به مطالب قبلی] اضافه کنیم. فهم این موضوع یک شرط لازم است، چون حرکت‌های میانگینی که برای هر یک از اجرام در جدول می‌آوریم، در صورتی بر اساس یک نظام ساده، یکنواخت افزایش می‌یابند که طول همه روزهای خورشیدی برابر باشد، حال آنکه می‌بینیم چنین نیست. گردش عالم به طور یکنواخت حول قطب‌های استوارخ می‌دهد. برجسته‌ترین راه‌ها برای توجه به این گردش، بازگشتش به افق یا نصف‌النهار است. پس روشن است که یک دور گردش عالم برابر است با بازگشت نقطه‌ای روی استوا، از جایی روی افق یا نصف‌النهار به همان جا؛ و یک روز خورشیدی، به سادگی، به صورت بازگشت خورشید از نقطه‌ای روی افق یا نصف‌النهار به همان نقطه تعریف می‌شود. در این تعریف، یک روز خورشیدی میانگین، دوره‌ای شامل پیمودن ۳۶۰ درجه متناظر با یک گردش استوا به‌علاوه تقریباً

۵۹ دقیقه کمانی است، که برابر است با حرکت میانگین خورشید در این مدت؛ و یک روز حقیقی (نایکنواخت، آنومالیستیک) خورشیدی مدتی شامل پیمودن ۳۶۰ درجه متناظر با یک بار گردش استوا به علاوه پاره‌ای از استوا مربوط به حرکت نایکنواخت (آنومالیستیک) خورشید که در آن مدت، طلوع می‌کند یا از نصف‌النهار می‌گذرد. این پاره اضافی استوا، بیشتر از ۳۶۰ درجه، که بر افق یا نصف‌النهار می‌گذرد، به دو دلیل نمی‌تواند ثابت باشد: نخست به دلیل نایکنواختی حرکت ظاهری خورشید؛ و دوم، به دلیل اینکه در زمان‌های برابر، بخش‌های برابر دایرة البروج از افق یا نصف‌النهار نمی‌گذرند. هیچ یک از این آثار موجب اختلاف محسوس بین بازگشت میانگین و حقیقی در یک روز خورشیدی نمی‌شود، اما مجموع این اختلاف در طول چند روز خورشیدی کاملاً قابل توجه است»

مجسطی، مقاله سوم، بخش نهم.

«نایکنواختی ظاهری»، اختلاف بین حرکت واقعی خورشید در طول دایرة البروج و حرکت میانگین آن است: این، مؤلفه خروج از مرکز تعدیل زمان است. جمله «در زمان‌های برابر، بخش‌های برابر دایرة البروج از افق یا نصف‌النهار نمی‌گذرند» مؤلفه میل تعدیل زمان را توضیح می‌دهد.

وقتی با ساعت آفتابی یا ساعت آبی می‌توان زمان را تعیین کرد، چرا با این نظریه خود را به زحمت بیندازیم؟

بطلمیوس همچنین می‌گوید:

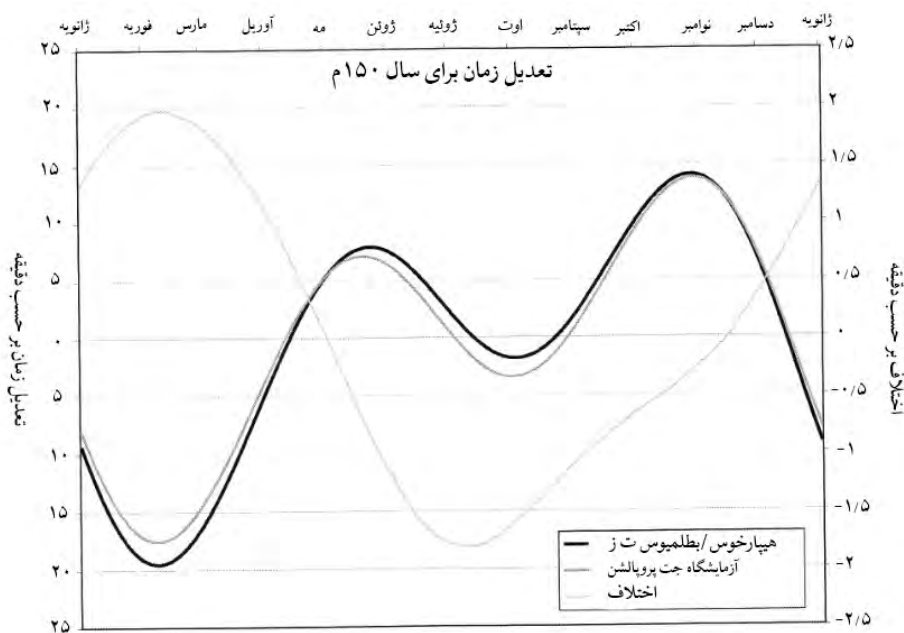
«... در نظر نگرفتن تفاوتی از این مرتبه (در شبانه‌روز)، شاید خطای محسوسی در محاسبه پدیده‌های مربوط به خورشید و سیارات دیگر ایجاد نکند، اما در مورد ماه، چون سرعت آن خیلی زیاد است، خطای حاصل قابل چشم‌پوشی نیست، زیرا می‌تواند تا $\frac{3}{5}$ درجه باشد ...»

توانایی پیش‌گویی رخداد‌های مربوط به خورشید، سیارات و به‌ویژه ماه، بسیار مورد علاقه منجمان و سیاستمداران حاکم بود. این مطلب موجب اشراف آنان بر مردمی عادی می‌شد که فقط تا مرز احکام نجوم را می‌شناختند. آن‌ها توانستند با رصد‌هایی که سده‌ها و رخداد‌های زیادی را پوشش می‌داد، که زمان وقوعشان با شاخص یا با طلوع و غروب ستارگان ثابت شده بود به دقتی بیش از آنچه انتظار می‌رفت دست یابند.

ارزیابی نظریه بطلمیوس

با وجود تسلط بر نظریه، محاسبات بطلمیوس چقدر خوب بوده‌اند؟ با در نظر گرفتن این که او دستگاه شمار شصتگانی را به کار می‌برد و از «وترها» به جای سینوس و کسینوس که برای ما آشنا هستند استفاده می‌کرد، دنبال کردن محاسباتش برای شخص غیر متخصص با کمی ابهام همراه

است. با این حال، ر. ه. فان خنت^۱ از دانشگاه اوترخت، یک ماشین حساب تحت وب با دسترسی آسان فراهم کرده است که همه محاسبات بطلمیوس را در بر می‌گیرد. شکل ۵ تفاوت بین تعدیل زمانی را که از این طریق به دست آمده، با تعدیل زمان محاسبه شده توسط «برنامه افق‌های آزمایشگاه جت پروپالشن»^۲ برای سال ۱۵۰ م. را نشان می‌دهد. شباهت دو منحنی قابل توجه است، و خطا انحراف معیاری برابر با $\frac{1}{4}$ دقیقه دارد.

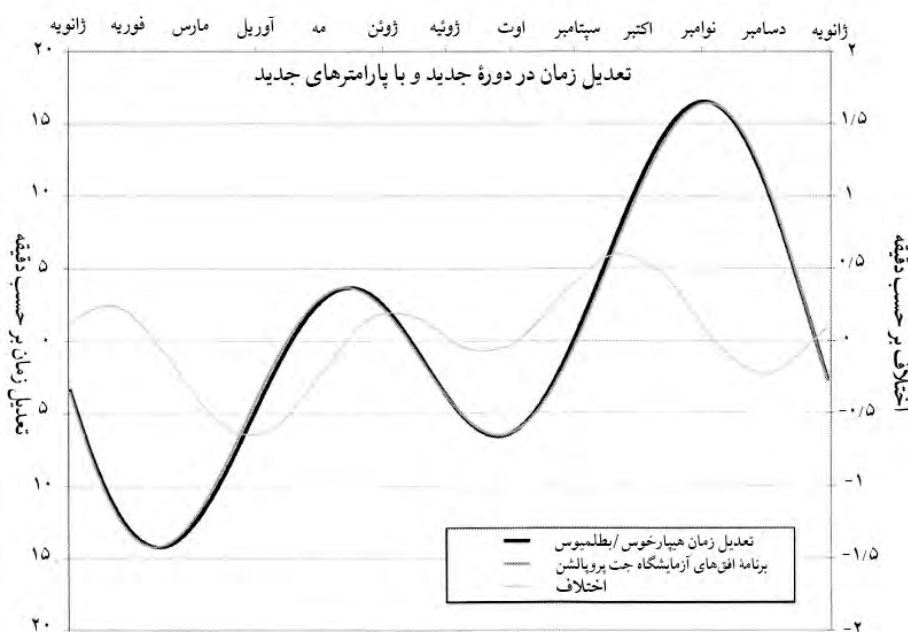


شکل ۵. تعدیل زمان بطلمیوس

توجه: بطلمیوس مبدأ کل هیئت خود را در اسکندریه، ظهر روز اول ماه توت مبدأ بخت‌النصر، مصادف با ۲۶ فوریه ۷۴۶ قبل از میلاد در نظر گرفته است. او متوجه شد که از این تاریخ، رخدادهای نجومی به صورت پیوسته و قابل اعتمادی ثبت شده‌اند و دوره‌های بابلی و یونانی را در بر می‌گیرند. تعدیل زمان او برای آن زمان، صفر است. در سال ۱۵۰ م.، یعنی ۹۰۰ سال بعد، مقادیر محاسبه شده او همگی به گونه‌ای جابجا شده‌اند که از ۱ تا ۲۸ دقیقه را می‌پوشانند. برای مقایسه بین محاسبات امروزی و کهن، اعداد بطلمیوس به صورت خطی انتقال یافته‌اند تا تعدیل زمان میانگین سالانه او با تعدیل میانگین سالانه محاسبه شده با «برنامه افق‌ها» یکی شود.

1. R. H. Van Gent
2. Jet Propulsion Lab's Horizons program

به یاد داشته باشیم که محاسبات نشان داده شده در شکل ۵ با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی انجام شده‌اند که در بهترین حالت، با شاخص، عضاده، ربع و حلقه اعتدالی صورت گرفته‌اند. شکل ۶ نشان می‌دهد که اگر مشخصه‌های امروزی را برای زمان بین انقلابین و اعتدالین و مقدار میل [دایرة البروج] جایگزین کنیم، دقت چگونه افزایش می‌یابد. از یک سو، جای تعجب دارد که نظریه یونانی چقدر خوب بوده است. اما از سوی دیگر، درجه دقتی که به دست می‌آید، نشان‌دهنده خروج از مرکز ناچیز مدار خورشید، و این واقعیت است که نظریه بطلمیوس برای به دست آوردن مؤلفه میل [خورشید]، بهتر یا بدتر از آنچه با مثلثات امروزی به دست می‌آید نبوده است.



شکل ۶. نظریه بطلمیوس، با استفاده از مشخصه‌های امروزی

میراث بطلمیوس

بطلمیوس مردی با درجه عالی تفکر و تأثیر، در سطح اقلیدس، نیوتن، داروین و اینشتین بود. آثار او در قالب چندین کتاب ثبت شده‌اند - کتابی درباره مناظر (مفقود)، اربع مقالات (درباره احکام نجوم)، جغرافیا (درباره تهیه نقشه و استفاده از آن)، جدول‌های دستی (نخستین سالنمای نجومی - که تعدیل زمان - نک. شکل ۷- و مشخصه‌های دیگری را در آن جدول‌بندی کرده است) و قواعد ساختاری ریاضی (کار اصلی او در نظریه نجومی).

شکل ۷. جدول‌های دستی بطلمیوس. بخشی برج مانده از نسخه 78 BPG لیدن که تعدیل زمان را نشان می‌دهد.

کتاب اخیر به قدری مهم بود که منجمان دوره اسلامی آن را المجسطی (به معنی سترگ) نامیدند و عنوان *The Almagest* از آن گرفته شده است. این کتاب از یونانی به سریانی، و سپس در جریان نهضت ترجمه در قرن دوم هجری، در نسخه‌های متعددی به عربی ترجمه شد. این کتاب در سال ۱۱۷۵م در تولدو از عربی به لاتینی ترجمه شد. این اثر همراه با شرح پویرباخ و رگیومونتانوس در سال ۱۴۷۵م و چاپش در ونیز در سال ۱۵۱۵م وارد شاهراه نجوم غرب شد. کهن‌ترین نسخه مجسطی در واتیکان است. این نسخه در بخش C9 یونانی قرار دارد و احتمالاً متعلق به کتابخانه‌های قسطنطنیه است. اما این که تأثیر اصلی مجسطی در اروپا از طریق ترجمه‌های عربی وارد شده، کمی مورد تردید است. مجسطی کتاب درسی رایج در نجوم، تا پایان عصر نوزایی بود - بازه‌ای از زمان که در آن تنها با کتاب اقلیدس در هندسه و

کتاب جالینوس در پزشکی، قابل قیاس بود.

ترجمه انگلیسی جدید و دقیق ج. جی. تومر از مجسطی بطلمیوس، چاپ پرینستون، حاکی از پیچیدگی و تعالی فکری مؤلف آن است.

چرا این میراث، مدت زیادی باقی ماند

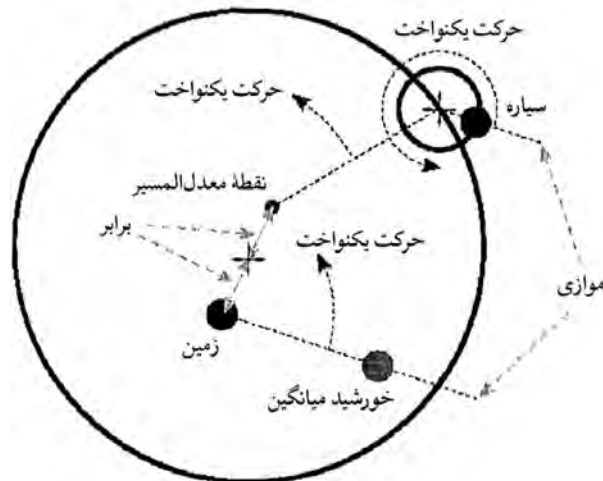
اگرچه آثار بسیاری درباره تعدیل زمان، از منجمان دوره اسلامی مانند بتانی (قرن ۳ هـ)، خوارزمی (قرن ۳ هـ)، کوشیار (قرن ۴ و ۵ هـ) و کاشانی (قرن ۹ هـ) وجود داشت، چیزی اساسی‌تر از پیشرفت‌هایی در محاسبه طول دایره البروجی خورشید و میل [دایره البروج] حاصل نشد.

دلایل زیادی برای دیرپایی میراث بطلمیوس وجود داشت - عصر ظلمت (سده‌های میانه)، سوختن کتابخانه اسکندریه، تفرقه در کلیسا، تعصب مدرسی در برابر قواعد ارسطویی و [نظام] شسته و رفته هیئت ارسطویی که با ملزومات اعتقادات مسیحیان و مسلمانان سازگار بود. اما دو دلیل فنی وجود داشت که موجب شد همه آثار بطلمیوس این چنین ماندگار شوند.

نخست اینکه نظریه بطلمیوس برای سیارات (اگر نه برای خورشید) از لحاظ فنی بسیار پیچیده است. نقل است که وقتی آلفونسوی دهم، حکیم کاستیلی (۱۲۲۱-۱۲۸۴ م.) که حامی بزرگ منجمان بود، نظام بطلمیوسی را می‌آموخت، چنین گفت:

«اگر خداوند قادر مطلق، پیش از آغاز آفرینش با من مشورت می‌کرد، چیزی ساده‌تر را پیشنهاد می‌کردم.»

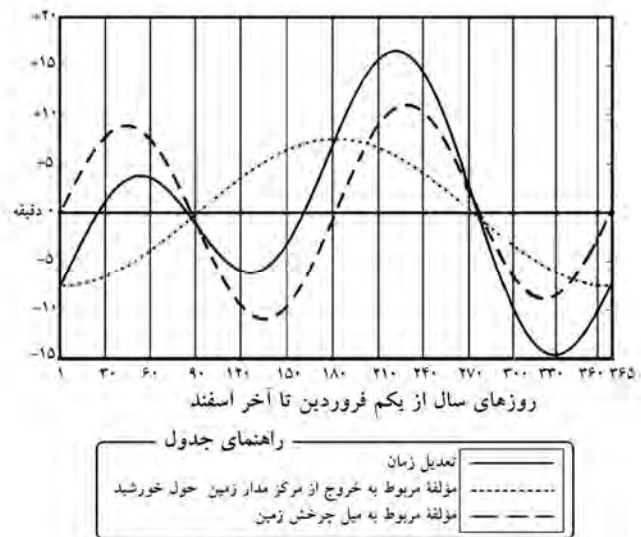
دوم اینکه برای ثبت پدیده‌ها برای ماه و سیارات - یعنی برای سازگار کردن نظریه با رصد - بطلمیوس دریافت باید مرکز حامل را کمی از زمین دور کند و مرکز حرکت یکنواخت فلک تدویر را نیز به اندازه‌ای به کوچکی فاصله نقطه معدل المسیر^۱ از زمین دور کند: نک. شکل ۸. این نقطه فرضی عمیقاً برای منجمان دوره اسلامی و غربی سده‌های میانه دردسر ساز بود، زیرا مستقیماً با ملزومات فلسفی ارسطو



تعارض داشت. در نتیجه، منجمان - برجسته‌ترینشان، نصیرالدین طوسی (قرن ۷ هـ) ایرانی، عرضی (قرن ۷ هـ) و ابن شاطر (قرن ۸ هـ) سوری و نیکلاس کوپرنیک (قرن ۱۶ م) [لهستانی] - تلاش فکری بسیاری کردند تا با افزودن فلک‌های تدویر [جدید]ی بر فلک‌های تدویر [قبلی] از شر نقطه معدل المسیر خلاص

شوند. با شگفتی از قدرت درک [بطلمیوس]، اکنون می‌بینیم که نقطه معدل المسیر معادل با دومین کانون بیضی‌های کپلر است.

1. Equant Point (Punctum Aequantis)



نمودار تعدیل زمان برای ماه‌های ایرانی (رسم شده توسط آقای مرتضی صومی)



دو روش از ریاضیدانان ایرانی برای محاسبهٔ تعدیل زمان^۱

ای. اس. کندی
ترجمهٔ مرضیه شمس یوسفی^۲ و محمد باقری^۳

مقدمه

تفاوت بین زمان خورشیدی حقیقی (یا ظاهری) و زمان خورشیدی میانگین از دو مؤلفه تشکیل می‌شود. یکی از این دو، ناشی از متغیر بودن سرعت خورشید روی دایره البروج است که دورهٔ تناوبش یک سال است. مؤلفهٔ دوم از آن‌جا به وجود می‌آید که زاویه‌های ساعتی روی استوای آسمانی اندازه‌گیری می‌شوند، در حالی که خورشید روی دایره البروج است و تنها در اعتدال‌ها و انقلاب‌هاست که مقادیر طول دایره البروجی خورشید با بعدهاى متناظر آن (روی استوای آسمانی) برابر است. دورهٔ تناوب این مؤلفه نیم سال است. از ترکیب این دو، تعدیل زمان حاصل می‌شود که در عربی به آن تعدیل الایام بلیالیهامی گویند و حداکثر مقدار آن از مرتبهٔ نیم ساعت است. در مورد سیاره‌هایی که کند حرکت می‌کنند این اختلاف زمانی تأثیر محسوسی ندارد، ولی در مورد اجرام سریع‌تر، به خصوص برای محاسبهٔ گرفتگی ماه و خورشید، باید آن را در نظر گرفت. از این‌رو اخترشناسان یونان باستان و دورهٔ اسلامی عموماً این تابع را به کار می‌بردند.

اگرچه جدول‌های تعدیل زمان در بسیاری جاها وجود دارد، محاسبهٔ مجدد آنچه در منابع مختلف یافت می‌شود کار چندان ساده‌ای نیست. علت آن است که این تابع شامل سه پارامتر مستقل از یکدیگر است و نسبت به تغییرات آن‌ها، ولو به مقدار اندک، حساس است. این سه پارامتر عبارتند از: ε ، میل دایره البروج که بر مقادیر بُعد (مطالع استوایی) اثر می‌گذارد؛ θ ، خروج از مرکز خورشید و λ_a ، طول دایره البروجی نقطهٔ اوج خورشید. در برخی منابع، مقدار هیچ یک از این

1. E. S. Kennedy, "Two Medieval Approaches to the Equation of Time", *Centaurus*, vol. 31 (1988), pp. 1-8.

۲. استادیار گروه ریاضی محض دانشکدهٔ علوم ریاضی دانشگاه گیلان m.shams@guilan.ac.ir

۳. سردبیر مجلهٔ میراث علمی، mohammad.bagheri2006@gmail.com

پارامترها مستقیماً داده نشده است. گاهی یک یا چندتای آن‌ها در جای دیگری از متن دیده می‌شود، ولی مسلم نیست که همین مقادیر واقعاً در جدول به کار رفته باشد.

نکته دیگری که تولید اشکال می‌کند، تعیین متغیر مستقل این تابع است. اگر کسی خورشید را رصد کرده باشد و بخواهد نتیجه را به زمان میانگین تبدیل کند، متغیر λ یعنی طول دایرة البروجی حقیقی خورشید است. گاهی هم ممکن است کار را با λ ، طول دایرة البروجی میانگین خورشید آغاز کند و بخواهد زمان ظاهری مربوط به آن را بیابد که در این صورت متغیر مستقل λ است. بر اساس مجموعه مفروضی از پارامترها، تعدیل زمان بسته به این که کدام متغیر را مستقل گرفته باشیم، متفاوت خواهد بود و این موضوع در اغلب متن‌ها تصریح نشده است. در ادامه نمونه‌ای برای هر یک از این دو رویکرد می‌آید.

روش کوشیار

مرجع [۵] در فهرست مراجع، ظاهراً نسخه منحصربه‌فردی از زیج معروف ممتحن است که برای خلیفه مأمون تهیه شده بود. در صفحه ۱۲۱ آن جدولی برای تعدیل زمان وجود دارد و در صفحه بعد

دستورهایی منسوب به کوشیار بن لبان (اخترشناس ایرانی نیمه دوم قرن چهارم و اوایل قرن پنجم هجری) برای محاسبه جدول آمده است. این انتساب بی‌شک درست است، زیرا در [۳] که نسخه‌ای از زیج جامع کوشیار است، همان مطالب در باب ۵ فصل ۴ (مقاله اول) آمده است. جدول هم با همان اعداد در آن جا آمده است، اما طول‌های میانگین خورشید ۶ درجه به ۶ درجه در جدول زیاد شده‌اند، در حالی که در زیج ممتحن، مقادیر جدول برای هر درجه از دایرة البروج داده شده است. این اعداد با دقت دقیقه و ثانیه زمان بیان شده‌اند. مقایسه این دو جدول نشان می‌دهد که جدول

جدول تعدیل زمان در زیج جامع کوشیار، نسخه شماره ۳۴۱۸ کتابخانه فاتح

زیج کوشیار اصیل تر است و بعدها کسی با استفاده از درون‌یابی خطی تقریبی، فاصله‌های بین شش درجه‌ها را پر کرده است. در یکی از این مراحل ابتدایی نیز، کاتبی هنگام رونویسی جدول با فاصله‌های یک‌درجه‌ای، اشتباهاتی در ستون برج قوس کرده است. در جدولی که به دنبال می‌آید، اصلاحات را که تا حدی حدسی بوده، داخل کروشه آورده‌ایم.

بنابر آنچه در متن آمده، تعدیل زمان از دستوری به دست می‌آید که نمایش امروزی آن چنین است:

(۱)

$$E_t(\bar{\lambda}) = 0;4[(\lambda_m - 1^{\circ}51'6'') - (\alpha(\lambda) - 1^{\circ}52'4'')]$$

در این فرمول S به معنی برج، و α نشانه بُعد است. ضریب $0;4 = \frac{1}{15}$ برای تبدیل درجه کمان به ساعت است. برای محاسبه بُعدها، میل کلی $23;35^{\circ}$ ε اختیار شده که در زیج کوشیار آمده است.

فرمول طول دایره البروجی حقیقی خورشید چنین است:

(۲)

$$\lambda(\bar{\lambda}) = \bar{\lambda} + eq(x) = \bar{\lambda} - \arctan[e \sin x / (60 + e \cos x)]$$

که در آن تعدیل خورشید، $x = \bar{\lambda} - \lambda_a$ شناسه (آرگومان) خاصه (آنومالی) خورشید، λ_a طول دایره البروجی اوج خورشید، و e خروج از مرکز خورشید است. در این متن، اوج صراحتاً در 24° جوزا ذکر شده که بنابراین، $\lambda_a = 84^{\circ}$. از زیج کوشیار مقدار $e = 2;45,4$ استنباط می‌شود که با مقداری که بتانی به کار برده برابر است.

قدری پایین‌تر در همان صفحه از متن گفته می‌شود که روش دیگری برای محاسبه تعدیل زمان

چنین است:

(۳)

$$E_t(\bar{\lambda}) = 0;4[(\bar{\lambda} + 6;4^{\circ}) - \alpha(\lambda)]$$

که هم‌ارز بودن آن با فرمول (۱) فوق، بدیهی است.

برای محاسبه مجدد جدول، بر اساس این فرمول‌ها و برنامه‌ای فرعی برای محاسبه $\alpha(\lambda)$ ، برنامه‌ای نوشته و نتایج آن با متن مقایسه شد. هر دو تابع، شکل یکسانی دارند، ولی نتایج حاصل از محاسبه، در همه موارد حدوداً هشت دقیقه زمان بیش‌تر از اعداد متن درآمد. این اشکال با کم کردن 2° از جمله ثابت داخل کروشه فرمول (۳) و نوشتن $4;4^{\circ}$ به جای $6;4^{\circ}$ به نحو مطلوبی برطرف شد. البته می‌دانیم که حرف د که در حساب ابجد معادل رقم ۴ است به راحتی با و که نشانه ۶ است اشتباه می‌شود، اما داوری در این مورد بر اساس متن‌های موجود، دشوار است. در

این نسخه‌ها اعداد [در دستور محاسبهٔ تعدیل زمان] به صورت کلمات ثبت شده است. احتمالاً صورت قدیمی‌تری از این دستور با ارقام بیان شده بود. چکیده‌ای از نتایج در جدول ۱ دیده می‌شود که در هر زوج از اعداد جدول، عدد بالایی حاصل محاسبه و عدد پایینی مقدار مذکور در متن است^۱. در متن، بالای ستون شناسه، عنوان «وسط الشمس» (طول دایرة البروجی میانگین خورشید) نوشته شده است. هرگاه خورشید میانگین (یا حقیقی) در اوج یا حضیض باشد، معادلهٔ (۳) به صورت زیر درمی‌آید:

$$0;4[(\lambda_a - \alpha(\lambda_a) + c) = 0;4[(\lambda_a + 180^\circ) - \alpha(\lambda_a + 180^\circ) + c]$$

که در آن، c جمله ثابت داخل کروشه است. این دو عبارت برابرند زیرا در اوج و حضیض، تعدیل صفر است، خورشید میانگین و حقیقی بر هم منطبقند، و اوج و حضیض 180° با هم فاصله دارند که همان دوره تناوب تابع بعد است. پس هر تابع تعدیل زمان به ازای دو مقدار از متغیر مستقل به فاصلهٔ 180° مقادیر یکسان دارد و این دو مقدار متغیر مستقل همان اوج و حضیض هستند.

$\bar{\lambda}$	E_t	$\bar{\lambda}$	E_t	$\bar{\lambda}$	E_t	$\bar{\lambda}$	E_t
0°	۹'۳"	90°	۱۷'۹"	180°	۲۳'۳۱"	270°	۱۵'۲۱"
	۹'۴۸"		۱۶'۴۴"		۲۴'۸"		۱۴'۲۰"
15°	۱۴'۱۵"	105°	۱۴'۶"	195°	۲۷'۵۹"	285°	۷'۵۸"
	۱۴'۵۲"		۱۳'۴۲"		۲۸'۳۰"		۷'۴"
30°	۱۸'۳۹"	120°	۱۲'۱۴"	210°	۳۰'۵۵"	300°	۲'۳۱"
	۱۹'۸"		۱۲'۰"		۳۱'۱۲"		۱'۵۶"
45°	۲۱'۱۹"	135°	۱۲'۲۳"	225°	۳۱'۱۷"	315°	۰'۵"
	۲۱'۳۰"		۱۲'۳۲"		۳۱'۶"		۰'۴"
60°	۲۱'۴۷"	150°	۱۴'۴۲"	240°	۲۸'۳۱"	330°	۰'۵۱"
	۲۱'۴۴"		۱۵'۸"		۲۷'۴[۷]"		۱'۸"
75°	۲۰'۸"	165°	۱۸'۴۳"	255°	۲۲'۴۹"	345°	۴'۱۱"
	۱۹'۴۸"		۱۹'۱۸"		۲۱'۲۷"		۴'۴۶"

جدول ۱ - مقایسهٔ جدول موجود در زیچ جامع کوشیار با نتیجهٔ محاسبه
(در هر مورد برای E_t ، عدد بالایی حاصل محاسبه و عدد پایینی گرفته شده از متن است)

۱. مقادیر تعدیل زمان در زیچ جامع کوشیار در این جدول از زیچ ممتحن نقل شده است. در زیچ جامع مقادیر متغیر مستقل مضارب ۶ درجه و مقادیر آن در این جدول که کندی برای مقایسه با نتیجهٔ محاسبه تهیه کرده، مضارب ۱۵ درجه است. - م

جدول تعدیل زمان در زیج ممّتحن، نسخهٔ کتابخانهٔ اسکوریال (مادرید)

[بخش مربوط به تعدیل زمان در زیج جامع:

میراث علمی
اسلام و ایران



روش محاسبه تعدیل زمان در زیج ممطحن

از تعدیل روزها با شبها
با آنک اوج بیست و چهار
درجه بر دو [پیکر] بیفتد
از جهت حرکت برین
تعدیل تأثیری پیدا نشود
الا به زمان‌های دراز و
[برای] تقویم پنج ستاره
بدین تعدیل حاجت
نیست.^۱

روش کاشانی

این روش در مرجع [۱]، زیجی که
توسط یک ریاضیدان آشنا به ریاضیات
محاسباتی نگاشته شده، آمده است.
ارجاعات به متن توسط شماره برگ و
شماره سطرها که با علامت «:» از هم
جدا شده‌اند صورت گرفته است.

دستور چنین است:

$$E_t(\lambda) = \{[\bar{\lambda} - \lambda_0] - [\alpha(\lambda) - \alpha(\lambda_0)]\} / ۱۵; ۲, ۲۸ \quad (\text{برگ } ۷۷: ۲۱)$$

که در آن اندیس صفر نشان‌دهنده مبدأ زمان است. ضریب تبدیل با دستور کوشیار متفاوت
است، به این ترتیب که در این حالت میانگین تقریبی حرکت روزانه خورشید بر دایره البروج، به یک
دوران کامل اضافه شده است که نتیجه می‌شود:

$$(۳۶۰ + ۵; ۵۹, ۸) / ۲۴ = ۱۵; ۲, ۲۸$$

که مقدار یک ساعت میانگین خورشیدی بر حسب درجات چرخش روزانه خورشید است.

کاشانی به پیروی از نصیرالدین طوسی (و ۶۷۲ق) مبدأ زمان را ابتدای سال ۷۱۲ یزدگردی
(برابر با ۲۱ دسامبر ۱۳۴۲م) گرفته است (برگ ۷۷: ۷). به گفته او در آن زمان $\lambda_a = 9^\circ$ و

۱. مقاله اول، فصل چهارم، باب پنجم: بخش مربوط به تعدیل زمان از ترجمه فارسی مقاله اول زیج جامع، نسخه Or. 523/1 لیدن [افزوده مترجمان].

$$\lambda_0 = 320^\circ \text{ و } \alpha(\lambda_0) = 322; 25, 17^\circ \text{ و } \bar{\lambda}_0 = 318; 27, 42, 37^\circ.$$

با جایگذاری موارد مورد نیاز از متن (۲۱:۷۷) در رابطه خواهیم داشت:

$$Et(\lambda) = [\bar{\lambda} - \alpha(\lambda) + 3; 57, 34^\circ] / 15; 2, 28 \quad (4)$$

در محاسبات کاشانی $\epsilon = 23; 3^\circ$. اما در ادامه محاسبات لازم است طول دایره البروجی میانگین برحسب λ ی مفروض داده شود. طول میانگین خورشید با رابطه ضمنی زیر معین می‌شود:

$$\lambda = \bar{\lambda} + eq(\bar{\lambda} - \lambda_a)$$

که با رابطه (۲) در بالا معادل است، بجز اینکه در محاسبات کاشانی $e = 2; 6, 9$. این معادله به طریق جبری برای λ قابل حل نیست. اما روندی که در پی می‌آید به یک راه حل منجر می‌شود: برای یک مقدار مشخص λ قرار می‌دهیم:

$$\bar{\lambda}_1 = \lambda$$

در این صورت:

$$\bar{\lambda}_{n+1} = \lambda - eq(x_n)$$

که در آن:

$$x_n = \bar{\lambda}_n - \lambda_a, \quad n = 1, 2, \dots$$

این روند تا زمانی که اختلاف بین تقریب‌های متوالی λ ناچیز باشد، ادامه می‌یابد. این روش از ویژگی‌های کار کاشانی است ([۲] را ببینید) و او در (۷۷:پ۱) به کاربرد این روش اشاره می‌کند. برنامه‌ای برای محاسبه مجدد مقادیر حاصل از فرمول (۴) نوشته و حاصل محاسبات عملاً همان جدول کاشانی در برگ‌های ۱۲۶ پ و ۱۲۷ ر شد. این محاسبات بر حسب دقیقه و ثانیه برای مقادیر صحیح متغیر مستقل است. چکیده محاسبات در جدول ۲ (صفحه بعد) مقادیر مربوط متغیر مستقل به فواصل پنج درجه را نشان می‌دهد. هر جا که بین محاسبات کامپیوتری و متن اختلاف وجود دارد، رقم متفاوت، زیر رقم متناظرش آمده است. تنها در یک مورد اشتباه متن از یک ثانیه در زمان تجاوز می‌کند و این احتمالاً خطای کاتب و نه خطای محاسبه است. در این جا به یک مثال در بین هزاران مثال برمی‌خوریم که قدرت و دقت محاسباتی ریاضیات دوره اسلامی متأخر را نشان می‌دهد.

در ادامه هر ستون اصلی از جدول تعدیل زمان زیج، یک جفت از دو ستون باریک است که برای تصحیح جبری داده قبلی، به ترتیب ۱۰۰ و ۷۰۰ سال پس از مبدأ زمانی جدول اضافه شده است. بنابراین اولین تصحیح مربوط به حدود سال ۱۰۰ + ۱۳۴۲ میلادی، دوره کاشانی، است که در آن یک جابجایی قابل ملاحظه در نقطه اوج از مبدأ زمانی دیده می‌شود. تصحیح دوم مربوط به یک زمان به طور غیرواقع بینانه‌ای طولانی، بعد از آن است که احتمالاً به این دلیل انتخاب شده است

λ	Et	λ	Et	λ	Et	λ	Et
۰	۷;۴۷ ۸	۹۰	۱۵;۴۸ ۷	۱۸۰	۲۳;۴۸ ۷	۲۷۰	۱۵;۴۸ ۷
۵	۹;۲۸ ۷	۹۵	۱۴;۴۲	۱۸۵	۲۵;۲۵ ۴	۲۷۵	۱۳;۱۸
۱۰	۱۱;۹	۱۰۰	۱۳;۴۰ ۳۹	۱۹۰	۲۶;۵۶ ۵	۲۸۰	۱۰;۵۳ ۲
۱۵	۱۲;۴۹ ۵۰	۱۰۵	۱۲;۴۴ ۳	۱۹۵	۲۸;۱۸ ۷	۲۸۵	۸;۳۵
۲۰	۱۴;۲۵	۱۱۰	۱۱;۵۸ ۷	۲۰۰	۲۹;۲۸ ۷	۲۹۰	۶;۲۹
۲۵	۱۵;۵۴ ۳	۱۱۵	۱۱;۲۳	۲۰۵	۳۰;۲۵ ۴	۲۹۵	۴;۳۷
۳۰	۱۷;۱۴ ۵	۱۲۰	۱۱;۳ ۲	۲۱۰	۳۱;۷ ۶	۳۰۰	۳;۲
۳۵	۱۸;۲۳	۱۲۵	۱۰;۵۸ ۷	۲۱۵	۳۱;۳۰	۳۰۵	۱;۴۶
۴۰	۱۹;۱۹	۱۳۰	۱۱;۸ ۷	۲۲۰	۳۱;۳۵	۳۱۰	۰;۵۰ ۱
۴۵	۲۰;۱	۱۳۵	۱۱;۳۵ ۴	۲۲۵	۳۱;۲۰	۳۱۵	۰;۱۵
۵۰	۲۰;۲۷ ۸	۱۴۰	۱۲;۱۶	۲۳۰	۳;۴۵ ۴	۳۲۰	۰;۰
۵۵	۲۰;۳۸	۱۴۵	۱۳;۱۲	۲۳۵	۲۹;۴۹ ۸	۳۲۵	۰;۵
۶۰	۲;۳۲ ۳	۱۵۰	۱۴;۲۱	۲۴۰	۲۸;۳۳ ۲	۳۳۰	۰;۲۹
۶۵	۲۰;۱۲	۱۵۵	۱۵;۴۱ ۰	۲۴۵	۲۶;۵۸ ۷	۳۳۵	۱;۱۰ ۱
۷۰	۱۹;۳۸	۱۶۰	۱۷;۱۰	۲۵۰	۲۵;۶	۳۴۰	۲;۷ [۸]
۷۵	۱۸;۵۱ ۲	۱۶۵	۱۸;۴۶ ۵	۲۵۵	۲۳;۰ ۲;۵۹	۳۴۵	۳;۱۸ ۷
۸۰	۱۷;۵۶	۱۷۰	۲۰;۲۶	۲۶۰	۲۰;۴۳	۳۵۰	۴;۳۹ ۴۰
۸۵	۱۶;۵۳	۱۷۵	۲۲;۸ ۷	۲۶۵	۱۸;۱۷	۳۵۵	۶;۱۰ ۱

جدول ۲: بخشی از محاسبات مجدد جدول کاشانی (λ بر حسب درجه و Et بر حسب دقیقه است)

که در اثر حرکت اوج به میزان یک درجه در هر هفتاد سال، کمیت معمول در نجوم دوره اسلامی، نقطه اوج خورشید ده درجه جابه‌جا می‌شود و به $\lambda_a = 10^\circ$ می‌رسد.

برای آزمودن این فرض‌ها در مورد جدول، معادله تابع زمانی بر پایه نقطه اوجی متفاوت با مقدار اختیار شده در (۴) را با علامت پریم نمایش می‌دهیم:

$$Et'(\lambda) = [\bar{\lambda}'(\lambda) - \alpha(\lambda) + c] / 15; 2, 28 \quad (5)$$

که در آن فرض می‌شود مقدار ثابت c هیچ تغییری نمی‌کند. برای بعد $\alpha(\lambda)$ نیز نیازی به علامت پریم نیست چرا که نه بعد و نه متغیر مستقل λ ، از تغییر نقطه اوج اثر نمی‌پذیرند. مقدار اختلاف تعدیل‌ها با کم کردن (۴) از

(۵) حاصل می‌شود:

$$\Delta Et = Et' - Et = [\bar{\lambda}' - \bar{\lambda}] / 15; 2, 28$$

با به کار بردن این رابطه تحقیق درستی ستون تصحیحات جدول مقدور شد.

در زیچ دو جدول دیگر مربوط به تعدیل زمان وجود دارد. یکی در برگ ۱۳۲ که «حصه حرکت میانگین خورشید به ازای تعدیل زمان» خوانده می‌شود. این جدول شامل داده‌ای بر حسب دقیقه و ثانیه برای هر درجه از طول دایره البروجی خورشید است. تابع نمایانگر این مفهوم را Et_s می‌نامیم. جدول دوم در برگ ۱۳۳ پ دارای عنوان مشابهی در رابطه با حرکت میانگین ماه به ازای همان دامنه و متغیر مستقل است و با Et_m نمایش داده می‌شود. کاربرد این جدول‌ها در برگ ۷۹، ۹۰-۱۶ زیچ شرح داده می‌شود.

کاربرد این جدول‌ها در تصحیح

جدول تعدیل زمان در زیچ خاقانی - نسخه

کتابخانه دیوان هند به شماره IO Ethe 2232،

برگ ۱۲۶ پ

مواضع خورشید یا ماه برای رفتن از زمان میانگین به زمان حقیقی و به عکس است. جدول اصلی تعدیل زمان، Et ، تصحیحات را بر حسب واحد زمان، مثلاً ساعت به دست می‌دهد. برای تبدیل این مقادیر به مقدار تقریبی حرکت خورشید باید آن‌ها را در ضریب حرکت میانگین خورشید بر حسب درجه در ساعت ضرب کنیم.

$$Et_s = (0; 59, 8, 20/24) Et = 0,411 Et$$

به طور مشابه داده‌های جدول دوم، تصحیحات موقعیت ماه را با محاسبه ذیل عرضه می‌کند:

$$Et_m = (13; 10, 35/24) Et = 0,549 Et$$

کتابشناسی

۱. جمشید کاشانی، زیج خاقانی، نسخه دیوان هند (لندن) به شماره ۴۳۰ (شماره ۲۲۳۲ در فهرست اته).
2. E. S. Kennedy, "An Early Method of Successive Approximations", *Centaurus*, vol. 13 (1968), pp. 248-250.
۳. کوشیار گیلانی، زیج جامع، نسخه فاتح (استانبول) به شماره ۳۴۱۸.
4. *Studies in the Islamic Exact Sciences*, The American University of Beirut, 1983.
۵. یحیی بن ابی منصور، زیج مأمونی ممتحن، نسخه اسکوریال (مادرید) به شماره ۹۲۷ عربی، چاپ عکسی، مؤسسه تاریخ علوم عربی-اسلامی (فرانکفورت)، ۱۹۸۶.



تعریف نسبت بر پایه تفریق دو سویه^۱ در ریاضیات دوره اسلامی^۲

یان پ. هوندایک^۳

ترجمه محمد مهدی کاوه یزدی^۴

ماهانی (۲۱۰-۲۷۵ ق) و عمر خیام (۴۳۹-۵۲۶ ق) تعریف نسبت‌های مساوی و بزرگتر بر اساس تفریق دو سویه را بر تعریفی که اقلیدس در مقاله پنجم اصول عرضه کرده است ترجیح داده‌اند. نیزیزی حدود (۲۶۵ ق) هم به این تعریف توجه داشته است. در این مقاله کارهای این سه ریاضیدان دوره اسلامی را در مورد تعریف نسبت بر پایه تفریق دو سویه به اختصار بیان و مقایسه می‌کنم.

مقدمه

یکی از بخش‌های دشوار اصول اقلیدس نظریه نسبت و تناسب کمیت‌های عام در مقاله پنجم است. این نظریه را ائودوکسوس که در حدود ۳۵۰ ق م، نیم قرن قبل از اقلیدس، می‌زیست، ابداع کرد. در ۱۹۳۳ م اسکار بکر ادعا کرد که ریاضیدانان یونانی پیش از ائودوکسوس از نظریه‌ای در مورد نسبت بر مبنای روش تفریق دو سویه که در زیر توصیف خواهد شد، و از لحاظ ریاضی با نظریه نوین کسره‌های مسلسل ارتباط دارد، استفاده می‌کرده‌اند. این نظریه تفریق دو سویه در کتاب ریاضیات آکادمی افلاطون تألیف فولر بازسازی شده است. در یک تحلیل نو، ویتراک نشان داد که شواهد خیلی محدود یونانی نمی‌توانند اثبات کنند که نظریه تفریق دو سویه برای کمیت‌های عام در ریاضیات یونانی وجود داشته است.

۱. anthyphairetic که رشدی راشد آن را «الطرح بالتناوب» یا «الفصل بالتناوب» به معنی «تفریق پیاپی» معنی کرده است (رشدی راشد، ۲۰۰۵، ص ۲۵۵).

۲. این مقاله ترجمه‌ای است از:

Anthyphairetic Ratio Theory in Medieval Islamic Mathematics, in: Yvonne Dold-Samplonius et al., ed., *From China to Paris: 2000 Years Transmission of Mathematical Ideas*, Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2002, Boethius Band 46, pp. 187-202.

۳. استاد تاریخ علم دانشگاه اوترخت هلند، hogendijk@uu.nl

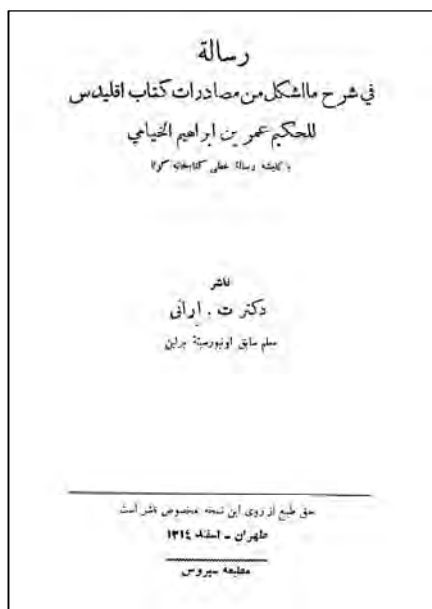
۴. کارشناس ارشد تاریخ علم و دبیر ریاضیات، mahkavyzd@yahoo.com

اصول اقلیدس چندین بار به عربی ترجمه، و به زودی یکی از متون اصلی ریاضی در سنت دوره اسلامی شد. شرح‌های زیادی بر مقاله پنجم اصول نوشته شده و اگرچه بیشتر شارحان دوره اسلامی از نظریه اثودوکسوس، که اقلیدس عرضه کرده است پیروی کرده‌اند، دست کم سه ریاضیدان تعریف بر پایه تفریق دو سویه برای نسبت مساوی و بزرگتر را، از تعریف اقلیدس صحیح‌تر دانسته‌اند. من در مورد سه متن راجع به نظریه تفریق دو سویه برای تعریف نسبت بحث خواهم کرد:

۱. رسالة في المشكل من النسبة تأليف ابو عبد الله ماهانی. او در حدود ۲۴۵ ق رصدهای نجومی‌ای در بغداد انجام داده و اهل ماهان کرمان بوده است. این اثر ماهانی را قبلاً ای. ب. پلویی، مورخ علم اهل آلمان، در ۱۹۵۰ م از روی نسخه خطی تقریباً ناخوانای رساله ماهانی در پاریس مطالعه کرده است. پلویی چند تعریف را خلاصه کرده ولی به مطالب دیگر موجود در متن اشاره‌ای نکرده است. رساله ماهانی از نظر تاریخی جالب است، زیرا کهن‌ترین متن ریاضی موجود در نظریه تفریق دو سویه برای نسبت است. من تصحیح و ترجمه‌ای از این متن دشوار آماده کرده‌ام. در مقاله حاضر متن مقاله را به اختصار بیان خواهم کرد و در مورد برخی بخش‌های ریاضی جالب آن، یعنی تعریف ماهانی از نسبت بزرگتر بر پایه تفریق دو سویه و یکی از قضیه‌های مرتبط با این مفهوم، شرح بیشتری خواهم داد.

۲. شرح مقاله پنجم اصول اقلیدس تألیف ابوالعباس فضل بن حاتم نیریزی. او حدود ۲۶۵ ق در شرق جهان اسلام زندگی می‌کرد و اهل نیریز فارس بود. متن عربی این قسمت از شرح با ترجمه لاتینی آن طی مقاله‌ای از گوستاو یونگه و دیگران در ۱۹۳۲ منتشر شده است.

۳. رسالة في شرح ما اشكل من مصادرات اقلیدس تألیف عمر خیام (۴۲۰ - ۵۳۶ ق). این رساله در سه بخش است و بخش دوم آن در باره نظریه تفریق دو سویه برای نسبت است. متن عربی رساله را تقی ارانی (۱۳۱۴ ش)، عبدالحمید ابراهیم صبره (۱۳۴۰ ش / ۱۹۶۱ م)، جلال همایی (۱۳۴۶ ش)، رحیم رضازاده ملک (۱۳۷۷ ش) و بیژن وهاب‌زاده (۱۳۷۸ ش / ۱۹۹۹ م) منتشر کرده‌اند این رساله را علیرضا امیر معز (۱۹۵۹ م) به انگلیسی و احمد جبار (۱۹۹۷ و ۲۰۰۲ م) و بیژن وهاب‌زاده (۱۹۹۹ م) به فرانسوی ترجمه کرده‌اند.



ترجمه فارسی آن در خیامی نامه همایی و دانشنامه خیامی رضا زاده ملک آمده است. ترجمه روسی آن در مجموعه رسالات خیام توسط روزنفلد (مسکو، ۱۹۶۲، ص ۱۱۳-۱۴۵) به همراه عکس نسخه لیدن (ص ۵۳-۵۷) منتشر شده است.

اثر دیگری که باید در اینجا ذکر شود شرح مصادرات اقلیدس تألیف ابن هیثم (۳۵۴-۴۳۰ ق) است. چاپ عکسی نسخه خطی این اثر با مقدمه‌ای از ماتياس شرام عرضه شده است. ابن هیثم در این متن ادعا می‌کند که تعریف نسبت مساوی و بزرگتر در کتاب اصول «درست» نیست، اما در مورد نظریه تفریق دو سوپه بحثی نمی‌کند.

چنان که خواهیم دید، شیوه ماهانی پیچیده‌تر و به لحاظ ریاضی فراتر از بحث‌های نیریزی و خیام است. در بخش بعد فرضی را مطرح می‌کنم مبنی بر این که اثبات‌های ماهانی نهایتاً از یک نوشته یونانی، که به جا نمانده، گرفته شده است. اگر این فرض درست باشد، نتیجه خواهیم گرفت که نظریه تفریق دو سوپه کمیت‌های عام در ریاضیات یونانی وجود داشته است.

نظریه تفریق دو سوپه برای نسبت‌ها در ریاضیات یونانی

روش تفریق دو سوپه با نام یونانی آنتی فایرسیس^۱ روشی است که اقلیدس در یافتن بزرگترین مقسوم علیه مشترک (ب م م) دو عدد صحیح a_1 و a_2 به کار برد. این روش چنین است (نک: اصول، مقاله هفتم، قضیه‌های ۱ و ۲): فرض کنید $a_1 > a_2$. اگر a_2 عدد a_1 را بشمارد، ب م م آن‌ها a_2 است. اگر a_2 عدد a_1 را نشمارد، a_2 را از a_1 چندین بار کم می‌کنیم تا آن که باقی‌مانده a_3 کمتر از a_2 شود. اگر a_2 عدد a_3 را بشمارد، ب م م a_3 است. اگر a_2 عدد a_3 را نشمارد، a_3 را از عدد a_2 چندین بار کم می‌کنیم تا آنکه باقی‌مانده a_4 کمتر از a_3 شود و این روند را ادامه می‌دهیم. در نهایت عددی صحیح مانند a_n پیدا می‌کنیم که a_{n-1} را می‌شمارد. این عدد a_n ، ب م م دو عدد a_1 و a_2 است. در قضایای ۲ و ۳ مقاله دهم اصول، اقلیدس از همین فرآیند برای دو کمیت هم جنس a_1 و a_2 استفاده می‌کند. دو امکان وجود دارد: اگر a_1 و a_2 متوافق باشند، به ازای مقداری از n کمیتی مانند a_n که a_{n-1} را بشمارد پیدا خواهیم کرد، بدین معنی که a_{n-1} مضرب صحیح از a_n است. در این مرحله، کار به پایان می‌رسد و a_n بزرگترین عامل مشترک a_1 و a_2 است. اگر a_1 و a_2 عامل مشترکی نداشته باشند، فرایند هرگز پایان نمی‌پذیرد.

اسکار بکر در مقاله «تفسیری بر نظریه نسبت‌ها و دیگر جزئیات آن‌ها در آثار ارسطو و اقلیدس» بحث می‌کند که فرآیند تفریق دو سوپه اساس نظریه‌ای در مورد نسبت‌ها بوده که قبل از ائودوکسوس (حدود ۳۵۰ ق م) ابداع شده بود. مشابه نظریه ائودوکسوس، نظریه تفریق دو سوپه برای نسبت می‌تواند

1. anthyphairesis

برای نسبت‌های گویا و گنگ مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین مدرک بکر تعریفی عرضه شده به وسیلهٔ «هندسه‌دانان عهد باستان» است که الکساندر افرودیسی^۱ در شرحی بر کتاب الجدل^۲ ارسطو ذکر کرده است. این تعریف می‌گوید دو نسبت مساوی هستند اگر در تفریق دو سویه نتیجه‌های یکسان داشته باشند.^۳ بکر تعریف را به صورتی که با نمادهای امروزی به شرح زیر است، تفسیر کرده است:

فرض کنید دو نسبت $a_1 : a_2$ و $b_1 : b_2$ داریم که a_1 و b_1 و a_2 و b_2 دو جفت کمیت هم‌جنس هستند. تفریق‌های دو سویهٔ هر جفت را تشکیل می‌دهیم: فرض کنید $a_1 = k_1 a_2 + a_3$ که $a_2 < a_3 < 0$ و k_1 عددی صحیح است؛ $a_2 = k_2 a_3 + a_4$ که $a_3 < a_4 < 0$ و k_2 عددی صحیح است، الی آخر؛ این فرآیند اگر $a_n = k_n a_{n+1}$ برای عدد صحیحی مانند k_n ، متوقف می‌شود؛ و فرض کنید $b_1 = k'_1 b_2 + b_3$ که $b_2 < b_3 < 0$ و k'_1 عددی صحیح باشد؛ $b_2 = k'_2 b_3 + b_4$ که $b_3 < b_4 < 0$ و k'_2 عددی صحیح باشد، الی آخر؛ این فرآیند اگر $b_n = k'_n b_{n+1}$ برای عدد صحیحی مانند k'_n ، متوقف می‌شود. اکنون $a_1 : a_2 = b_1 : b_2$ اگر (۱) دو فرآیند برای همیشه ادامه یابند یا بعد از تعداد مراحل یکسانی ($n = n'$) متوقف شوند و (۲) برای هر i که k_i و k'_i تعریف شده باشند، داشته باشیم: $k_i = k'_i$.

ضرایب k_i و k'_i در بسط کسره‌های مسلسل اعداد حقیقی $\frac{a_1}{a_2}$ و $\frac{b_1}{b_2}$ به ترتیب به صورت:

$$\frac{b_1}{b_2} = k'_1 + \frac{1}{k'_2 + \dots} \quad \text{و} \quad \frac{a_1}{a_2} = k_1 + \frac{1}{k_2 + \dots}$$

ظاهر می‌شوند.

فولر نشان داده است تفسیر تفریق دو سویه بر اساس بسط کسره‌های مسلسل از لحاظ تاریخی گمراه‌کننده است، زیرا یونانیان باستان تفریق دو سویه را فرایندی از نوع تفریق می‌پنداشتند، در حالی که کسره‌های مسلسل نتیجهٔ فرایند تقسیم هستند.^۴ من هم می‌گویم مفهوم نوین عدد حقیقی (به صورت $\frac{a_1}{a_2}$) در ریاضیات یونان باستان و دورهٔ اسلامی به کار نمی‌رفت. به جای «عدد حقیقی» $\frac{a_1}{a_2}$ ، ریاضیدانان با نسبت $a_1 : a_2$ بین دو کمیت a_1 و a_2 سروکار داشتند. من گاهی از علامتی همچون $\frac{a_1}{a_2} = [k_1, k_2, \dots, k_n]$ برای مسلسل مختوم به k_n و از علامت $\frac{a_1}{a_2} = [k_1, k_2, \dots]$ برای کسر مسلسل دارای بیش از دو ضریب k_1 و k_2 ، استفاده خواهم کرد.

1. Alexander of Aphrodisias.

2. *Topica*.

3. Becker, 1933a, p. 312.

4. Fowler, 1999, 30, 313 (n. 13), 366.

در این نمادگذاری، $[k_1, k_2, \dots]$ یا با k_n ی خاتمه می‌یابد (که در این صورت $\frac{a_1}{a_p}$ عددی گویاست و $k_n > 1$) یا تا بینهایت ادامه می‌یابد (در این صورت $\frac{a_1}{a_p}$ عددی گنگ است). اقلیدس در مقاله پنجم اصول، نظریه نسبت‌ها را، که به وسیله ائودوکسوس کشف و بر اساس تعریف زیر بنا شده است، عرضه می‌کند:

$a:b=c:d$ اگر برای همه جفت‌های اعداد صحیح ma, mc, nb و nd داشته باشیم:
 $ma < nb \Leftrightarrow mc < nd$ ، $ma = nb \Leftrightarrow mc = nd$ ، $ma > nb \Leftrightarrow mc > nd$

از این به بعد از علامت $a:b=c:d$ برای تعریف بر پایه تفريق دو سويه و $a:b=c:d$ برای تعریف ائودوکسوس که مقاله پنجم اصول آورده است، استفاده می‌کنم. مدارک یونانی برای نظریه قدیمی‌تر، چنانکه در فهرست زیر نیز دیده می‌شود، بسیار محدود است:

- بکر^۱ می‌گوید که اثبات‌هایی بر پایه تفريق دو سويه از قضیه‌هایی به صورت

$$\overset{A}{a:b=c:d} \Rightarrow \overset{A}{a:c=b:d}$$

برای انواع مختلف کمیت‌های a, b, c و d وجود داشته است، اما اطلاعی از نحوه اثبات این موارد و قضیه‌های دیگر در نظریه تفريق دو سويه نداریم؛

- ائودوکسوس تعریفی برای نسبت بزرگتر^۲ دارد، یعنی $a:b > c:d$ اگر برای مضرب‌های ma, mc, nb و nd داشته باشیم: $ma > nb$ و $mc \leq nd$. از این پس علامت

$\overset{E}{a:b > c:d}$ را برای این تعریف به کار می‌برم. در متون قدیم هیچ اثری از تعریف

$\overset{A}{a:b > c:d}$ برای نظریه تفريق دو سويه نیست. با تلاش برای نگارش تعریف بازسازی شده بکر متوجه می‌شویم که این تعریف بدیهی نیست: ^۳ بسط‌های کسر مسلسل

$\overset{A}{a:b > c:d}$ را در نظر بگیرید. در این صورت $\frac{a}{b} = [k_1, k_2, \dots]$ و $\frac{c}{d} = [k'_1, k'_2, \dots]$ اگر $k_1 > k'_1$ یا $k_1 = k'_1$ و $k_2 < k'_2$ یا به طور کلی $k_1 = k'_1$ ، $k_2 = k'_2$ ، $\dots$ ، $k_i > k'_i$ و $k_{i-1} = k'_{i-1}$ اگر $k_i > k'_i$ فرد باشد و $k_i < k'_i$ اگر i زوج باشد. بررسی بیشتر حالتی را که در آن یکی از کسرهای مسلسل در مقداری چون k_n پایان یابد به خواننده واگذار می‌کنم. ریاضیدانان دوره اسلامی نمادگذاری امروزی را نداشتند و این که k_i و

1. Becker, 1933a, pp. 329- 330.

۲. تعریف شماره ۷ در مقاله پنجم اصول اقلیدس

3. Becker, 1933a, p. 317.

k_i' با انجام تفریق‌های دو سویه به ترتیب در زوج‌های (a, b) و (c, d) پیدا می‌شوند کار تعریف را برای آن‌ها پیچیده می‌کرد. تعریف ماهانی در مقایسه با تعریف پخته‌تر (و نه کاملاً جامع) خیام کوتاه‌تر است.

- معادل بودن تعریف‌ها با روش‌های باستانی قابل اثبات بود و اگر نظریه تفریق دو سویه برای کمیت‌های عام در یونان وجود داشت، طبیعی بود که هندسه‌دانان (یا مفسران اصول) علاقمند باشند که ثابت کنند:

$$a:b > c:d \Rightarrow a:b > c:d \text{ و } a:b = c:d \Leftrightarrow a:b = c:d$$

اثری از چنین اثبات‌هایی در متون یونانی پیدا نشده است.

چکیده رساله ماهانی

ماهانی با مقدمه‌ای که در زیر می‌آید شروع می‌کند. او سپس دو تعریف متفاوت (اما معادل) از

$$a:b = c:d$$

ماهانی چیزی نگفته است. ماهانی سپس $a:b > c:d$ را تعریف می‌کند (بخش بعد را ببینید) و به خواننده می‌گوید که از قضیه‌های ۱، ۲، ۳، ۵ و ۶ مقاله پنجم اصول اقلیدس استفاده خواهد کرد.

این قضیه‌ها در باره مضرب‌های کمیت‌ها هستند و متکی بر تعاریف $a:b > c:d$ و $a:b = c:d$ نیستند.

ماهانی سپس چهار قضیه زیر را اثبات می‌کند:

$$a:b = c:d \Rightarrow a:b = c:d$$

$$a:b > c:d \Rightarrow a:b > c:d$$

$$a:b > c:d \Rightarrow a:b > c:d \text{ و } a:b = c:d \Rightarrow a:b = c:d$$

بر برهان خلف هستند.

۴. اثبات دیگری برای $a:b > c:d \Rightarrow a:b > c:d$ ، با عرضه صریح اعداد m و n چنان که $ma > nb$ و $mc \leq nd$. رساله با عرضه این اعداد پایان می‌یابد.

ماهانی در مقدمه‌اش می‌گوید:

1. Plooi, 1950, pp. 50- 51.

«این است آنچه در آغاز، در باره نسبت کمیت‌ها و تناسبشان یافتیم و در اثبات مضرب‌هایی به کار بردم که اقلیدس آن‌ها را در کمیت‌هایی که دارای نسبت یکسانند یا نسبت بزرگ‌تر دارند، در آغاز مقاله پنجم به کار برده است. در آنجا (آغاز مقاله پنجم) ثابت بن قره نوشته است که علم نسبت به کمیت‌ها و تناسب آن‌ها بر اساس قواعد، چیزی است که انسان می‌تواند آن را از طریق شناخت نسبت به روش عددی و سپس از طریق قضایایی که در آغاز مقاله دهم آمده است، به دست آورد.»^۱

مقدمه نشان می‌دهد که ماهانی تعاریف نسبت مساوی یا بزرگتر بر پایه تفریق دو سویه را بر تعاریف اقلیدسی ترجیح می‌داد و معتقد بود که خاصیت‌های مذکور در تعاریف اقلیدسی باید اثبات شوند. ثابت بن قره (۲۲۱-۲۸۸ ق) مقالات پنجم تا هفتم مخروطات آپولونیوس را از یونانی به عربی ترجمه و ترجمه حنین بن اسحاق از اصول اقلیدس را هم اصلاح کرد.^۲ قضایای آغاز مقاله دهم اصول که در بالا ذکر شده‌اند قضیه‌های ۲ و ۳ هستند. ظاهراً ثابت نیز از نظریه تفریق دو سویه در نسبت‌ها آگاه بود.

ماهانی مشخص نمی‌کند که آیا مندرجات رساله ابداع خود اوست یا نه. واژه عربی «وَجَدْتُ» لزوماً به معنی ابداع نیست و به این معنی هم می‌تواند باشد که او اثبات‌ها را در منبعی یافته است. چنان که بعداً نشان خواهیم داد، معتقدم عبارات اثبات از ماهانی است، اما او مطالب را از منبع دیگری، شاید ترجمه عربی اثری یونانی گرفته است. تا آنجا که می‌دانم هیچ مدرکی دال بر اینکه ماهانی یونانی می‌دانست، وجود ندارد.

تعریف‌های ماهانی از نسبت مساوی و بزرگتر بر پایه تفریق دو سویه

دو تعریف ماهانی از $a:b=c:d$ با صورت بازسازی شده بکر از نظریه باستانی مرتبطند. من تعریف اخیر ماهانی را در اینجا نقل می‌کنم تا خواننده با اصطلاحات آشنا شود. ماهانی می‌گوید: «کمیت‌های با نسبت یکسان، کمیت‌هایی با خاصیت زیر هستند: اگر اولی و سومی به وسیله دومی یا چهارمی یا به عکس، شمرده شوند، به تعداد دفعات مساوی شمرده می‌شوند، و اگر دو باقی‌مانده کوچکتر از دو کمیت کوچکتر بمانند، و دو کمیت

۱. متن عربی:

«هذا ما كنت وجدته أولاً في نسبة المقادير وتناسبها وعملت عليه في برهان الأضعاف التي عمل عليها أقليدس في المقادير التي نسبتها واحدة وفي الأعظم نسبة في صدر المقالة الخامسة عند ما كان ثابت بن قرّة كتب به من أن العلم بنسبة المقادير وتناسبها على الأحكام شيء يمكن للإنسان أن يقف عليه من قبل المعرفة بالنسبة على السبيل العددية ثم من الأشكال التي في أول المقالة العاشرة».

۲. نک: مقاله ثابت بن قره در کتاب تاریخ نگارش‌های عربی (Sezgin, 1974, pp. 264- 272).

کوچکتر به وسیله آن‌ها شمرده شوند، به تعداد دفعات یکسانی شمرده می‌شوند و این کار تا بینهایت ادامه می‌یابد»^۱.

این مطلب با نمادگذاری بخش قبلی این مقاله به این معنی است که: $a_1 : a_2 = b_1 : b_2$ و $a_1 : a_2 = b_1 : b_2$ اگر $k_1 = k_2$ و $k_1 = k_2$ الی آخر (هر بار به تعداد دفعات یکسان شمرده شوند).

در همه نسخه‌های خطی رساله ماهانی که دیده‌ام یک یا چند اشتباه جدی کاتب در تعریف $a : b > c : d$ وجود دارد. آنچه در اینجا به عنوان «تعریف ماهانی» عرضه می‌کنم، بازسازی آزمایشی من از متن بر اساس این فرض است که تعریف $a_1 : a_2 > b_1 : b_2$ در رساله ماهانی در شکل اصلی آن با روشی که در قضیه‌های ۲، ۳ و ۴ در متن خود به کار برده سازگار است. بر همین اساس اصلاحاتی را در بخش‌های دیگر ویراستی که از متن تهیه کرده‌ام انجام داده‌ام. این تعریف بازسازی شده من است. ماهانی می‌گوید:

«اندر نسبت بزرگ‌تر بودن: گفته می‌شود نسبت (کمیت) اولی به دومی بزرگتر از نسبت سومی به چهارمی است، اگر اولی، یا یک باقی‌مانده آن، که کمتر از دومی نیست، یا یک باقی‌مانده دومی، متناظر با باقی‌مانده اولی، بیشتر باشد از دومی یا یک باقی‌مانده آن، متناظر با باقی‌مانده (کمیت) اولی؛ هرکدامشان از (کمیت) متناظر با آن (بیشتر باشد)؛ اما کمیت سوم، یا یک باقی‌مانده‌اش، از همان مرتبه باقی‌مانده اولی، و از همان مرتبه باقی‌مانده دومی، بیشتر از (کمیت) چهارم یا یک باقی‌مانده کمیت چهارم از مرتبه باقی‌مانده دوم نباشد»^۲.

توضیح زیر را در مورد تعریف به چند مرحله تقسیم کرده‌ام تا مطابق بحثم در قضیه ۲ بخش بعدی باشد. به همین علت از نمادگذاری $a_1 : a_2$ و $b_1 : b_2$ برای دو نسبت استفاده کرده‌ام،

۱. متن عربی:

«المقادير التي نسبتها واحدة، هي التي إذا قدر الأول وثالث والثاني والرابع أو بالعكس كانت مرات تقديرهما متساوية وإن فضل منهما مقداران أقل من الأصغرين وقدر الأصغران بهما كانت أيضاً مرات هذا التقدير متساوية وهكذا إلى ما لا نهاية له».

۲. متن عربی:

«في الأعظم نسبة: يقال أن نسبة الأول إلى الثاني أعظم من نسبة الثالث إلى الرابع متى كان الأول أو فضل باق منه ليس بأصغر من الثاني أو فضل يبقى من الثاني نظير للفضل الباقي من الأول يزيد على الثاني أو على فضل باق منه نظير للفضل الباقي من الأول أيهما كان على نظيره، و كان الثالث أو فضل يبقى منه في مرتبة الفضل الذي يبقى من الأول في مثل مرتبة الفضل الباقي من الثاني (لا) يزيد على الرابع أو على فضل يبقى من الرابع في مرتبة الفضل الباقي من الثاني».

گرچه نامیدن کمیت‌های اول، دوم، سوم و چهارم ماهانی به ترتیب با a_1, a_2, b_1 و b_2 سردرگم کننده است.

مرحله صفر: در دو حالت زیر (که همپوشانی هم دارند) داریم $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ ^A:

$$\bullet \quad a_2 \geq a_1 \text{ و } b_2 < b_1$$

$$\bullet \quad a_2 > a_1 \text{ و } b_2 \leq b_1$$

ماهانی در تعریف، فقط به دومین حالت اشاره می‌کند. با اصلاحات بیشتر در متن تعریف، می‌توان آن را شامل اولین حالت نیز کرد. این اصلاحات لازم نیست، اگر ماهانی تلویحاً فرض کرده باشد که:

$$a_2 : a_1 > b_2 : b_1 \Leftrightarrow b_1 : b_2 > a_1 : a_2 \quad A$$

مرحله یک: اگر $a_2 < a_1$ و $b_2 < b_1$ ، عددی صحیح مانند $k_1 \geq 1$ وجود دارد چنان که $a_1 = k_1 a_2 + a_3$ و $b_1 = k_1 b_2 + b_3$ ، و ضمناً یا $a_3 \leq a_2$ یا $a_3 < a_2$ یا $b_3 \leq b_2$ یا $b_3 < b_2$ یا هر دو. ماهانی a_3 و b_3 را «باقی مانده»های a_1 و b_1 می‌نامد.

در دو حالت (که همپوشانی هم دارند) داریم $a_3 : a_1 > b_3 : b_1$ ^A:

$$\bullet \quad a_3 \geq a_1 \text{ و } b_3 < b_1$$

$$\bullet \quad a_3 > a_1 \text{ و } b_3 \leq b_1$$

مرحله دو: اگر $a_3 < a_1$ و $b_3 < b_1$ ، به همان روش ادامه می‌دهیم: عددی صحیح مانند $k_2 \geq 1$ وجود دارد چنان که $a_1 = k_2 a_3 + a_4$ و $b_1 = k_2 b_3 + b_4$ و ضمناً یا $a_4 \leq a_3$ یا $a_4 < a_3$ یا $b_4 \leq b_3$ یا $b_4 < b_3$ یا هر دو. ماهانی a_4 و b_4 را باقی مانده‌های a_3 و b_3 می‌نامد.

در دو حالت (که همپوشانی هم دارند) داریم $a_4 : a_1 > b_4 : b_1$ ^A:

$$\bullet \quad a_4 \geq a_1 \text{ و } b_4 < b_1$$

$$\bullet \quad a_4 > a_1 \text{ و } b_4 \leq b_1$$

اگر $a_4 < a_1$ و $b_4 < b_1$ ، مرحله سه را مشابه با مرحله یک، پیش می‌بریم، الی آخر. به طور کلی، ماهانی a_{2n+1} و b_{2n+1} را باقی مانده‌های a_1 و b_1 و a_{2n} و b_{2n} را باقی مانده‌های a_2 و b_2 می‌نامد.

توجه کنید که:

$$a_2 : a_1 > b_2 : b_1 \Leftrightarrow a_2 : a_3 > b_2 : b_3 \Leftrightarrow a_4 : a_3 > b_4 : b_3 \quad A$$

الی آخر.

تعریف ماهانی بر پایه تفریق دو سویه است، اما در تعریفش تفریق‌ها در دو جفت کمیت همزمان انجام می‌شود. بنابراین اگر $a_2 < a_1$ و $b_2 < b_1$ ، ماهانی چندین بار a_2 را از a_1 و b_2 را از b_1 کم می‌کند و به محض اینکه یکی از باقی مانده‌های a_3 یا b_3 در نامساوی $a_2 \leq a_1$ یا $b_2 \leq b_1$ صدق کند، توقف می‌کند. در تعریف وی از $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ ، باقی مانده‌ها همیشه مثبت هستند، اگر چه او در تعریفش از $a_2 : a_1 = b_2 : b_1$ این امکان را که باقی مانده‌ای وجود نداشته باشد (با نماد امروزی $a_2 = 0$) نیز در نظر می‌گیرد. تحقیق این که تعریف ماهانی از $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ از لحاظ ریاضی معادل با تعریف بازسازی شده بکر است، را به خواننده واگذار می‌کنم.

ماهانی تعریف صریحی از $a_2 : a_1 < b_2 : b_1$ عرضه نمی‌کند. اما جای دیگری در متنش تلویحاً فرض می‌کند که: $a_2 : a_1 < b_2 : b_1 \Leftrightarrow b_2 : b_1 > a_2 : a_1$. حال می‌توانیم تعریفش را از $a_2 : a_1 < b_2 : b_1$ با جابجایی a_i و b_i در بحث بالا نتیجه بگیریم. پس می‌توان اثبات کرد که برای دو جفت دلخواه کمیت‌های هم جنس a_2, a_1 و b_2, b_1 ، خواهیم داشت: $a_2 : a_1 = b_2 : b_1$ یا $a_2 : a_1 < b_2 : b_1$ یا $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$. ماهانی این خاصیت را در متنش فرض می‌کند، اما برهانی برای آن عرضه نمی‌کند. شاید او آن را بدیهی یا به عنوان یک اصل موضوع فرض کرده باشد. طبق نظر خیام در رساله‌اش، که در مورد آن بعداً بحث خواهیم کرد، این خاصیت یک اصل موضوع است.

در قضیه ۲ ماهانی فرض می‌کند که $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$. پس اعداد صحیح m و n وجود دارند چنان که:

$$nb_2 \leq mb_1 \text{ و } na_2 > ma_1$$

او می‌خواهد ثابت کند: $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$.

با نمادهای امروزی، اثبات ماهانی، با تصحیح همه خطاها و افتادگی‌ها، به صورت فشرده زیر در می‌آید:

مرحله صفر: ماهانی فرض می‌کند $n > m$. بنابراین $b_2 < b_1$. اگر $a_2 \geq a_1$ ، بنا بر مرحله

صفر تعریف ماهانی داریم: $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$.

مرحله یک: اگر $n > m$ ، $a_2 < a_1$ و $b_2 < b_1$ ، اولین خارج قسمت k_1 را در بسط کسر

مسلسل $\frac{a_1}{a_2} = [k_1, \dots]$ ، در نظر می‌گیریم. اگر k_1 برابر با اولین خارج قسمت در بسط دو کسر مسلسل $\frac{n}{m}$ و $\frac{b_1}{b_2}$ نباشد، یا اگر $a_1 = k_1 a_2$ ، به‌سادگی می‌توانیم به کمک مرحله یک تعریف

نشان دهیم که $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ ^A.

در تمام حالات دیگر داریم:

$$n'b_2 \leq mb_2 \text{ و } n'a_2 > ma_2$$

زیرا $n' = n - mk_1$ ، $a_2 = a_1 - k_1 a_2$ ، $b_2 = b_1 - k_1 b_2$ که در آن‌ها $0 < n' < m$ ،

$$0 < a_2 < a_1 \text{ و } 0 < b_2 < b_1$$

مرحله دو: اکنون اولین خارج قسمت k_2 را در بسط کسر مسلسل $\frac{b_2}{b_1}$ ، در نظر می‌گیریم. اگر

k_2 برابر با اولین خارج قسمت در بسط دو کسر مسلسل $\frac{m}{n}$ و $\frac{a_2}{a_1}$ نباشد، یا اگر $b_2 = k_2 b_1$ ،

به‌سادگی می‌توانیم به کمک مرحله دوم تعریف نشان دهیم که $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ ^A. در تمام حالات دیگر داریم:

$$n'b_1 \leq m'b_1 \text{ و } n'a_1 > m'a_1$$

زیرا $m' = m - n'k_2$ ، $a_1 = a_2 - k_2 a_1$ ، $b_1 = b_2 - k_2 b_1$ که در آن‌ها $0 < m' < n'$ ،

$$0 < a_1 < a_2 \text{ و } 0 < b_1 < b_2$$

اگر این فرآیند را ادامه دهیم، سرانجام متوقف خواهد شد، زیرا اعداد صحیح n ، m ، n' ، m' و... نزولی‌اند.

ماهانی به خواننده نمی‌گوید که اگر فرآیند در مرحله دوم متوقف نشد دقیقاً، چه کار باید کرد. در این حالت باید مرحله یک را با a_4 ، a_3 ، b_4 ، b_3 ، n' ، m' به جای a_2 ، a_1 ، b_2 ، b_1 ، n ، m تکرار کرد. ماهانی روش کار را برای حالتی که در ابتدا $m > n$ ، ذکر نکرده است. در این حالت، می‌توان مستقیماً مطابق مرحله دو با $n' = n$ و $a_2 = a_1$ عمل کرد. این جاگذاری‌ها با نمادهای امروزی آسان هستند، اما برای هندسه‌دانی از یونان باستان یا دوره اسلامی به هیچ وجه واضح نبوده‌اند.

البته خطاهای ریاضی در همه نسخه‌های موجود رساله ماهانی را می‌توان تصحیح کرد، اما آن خطاها را نمی‌توان خطاهای عادی کاتبان دانست. پس به احتمال زیاد، خطاها در متن اصلی نوشته ماهانی بوده است.

در قضیه ۴، ماهانی فرض می‌کند که $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$ ^A. سپس فرایند قضیه ۲ را به ترتیب عکس

در ساخت اعداد m و n به طوری که $na_1 > ma_1$ و $nb_2 \leq mb_2$ به کار می‌برد. او نتیجه می‌گیرد که: $a_2 : a_1 > b_2 : b_1$. این اثبات نیز شامل خطاهای ریاضی قابل تصحیح است، که آن‌ها را نمی‌توان خطای کاتبان دانست.

نظر نیریزی در مورد تعریف نسبت‌ها به روش تفریق دو سوویه

نیریزی در شرح تعریف‌های مقاله پنجم اصول، از بعضی نسبت‌های مبتنی بر تفریق‌های دو سوویه استفاده کرده است. اولین عبارت از این دست، در تعریف ۳ اقلیدس آمده است: «نسبت نوعی ارتباط از لحاظ اندازه بین دو کمیت هم جنس است». نیریزی در شرح این تعریف، روش تفریق دو سوویه را در مورد دو کمیت متوافق و دو کمیت نامتوافق به کار می‌برد.^۱ نیریزی سپس تعریف تعمیم یافته زیر را که به اقلیدس نسبت داده، و من آن را تعریف $3\frac{1}{4}$ می‌نامم، بیان می‌کند: «تناسب تساوی نسبت‌هاست و (فقط) برای حداقل سه کمیت وجود دارد». تعریف $3\frac{1}{4}$ ترکیبی از تعریف‌های ۶ و ۸ اقلیدس است. نیریزی در شرحش بر تعریف $3\frac{1}{4}$ ، توضیح می‌دهد که «تساوی نسبت‌ها» چیست. او یک تعریف کلی مبتنی بر تفریق دو سوویه از $a : b = b : c$ همراه با مثال عرضه می‌کند و سپس با یک مثال معنی $a : b = c : d$ را بدون عرضه تعریفی کلی توضیح می‌دهد.^۲ در ادامه می‌بینیم که این برداشت او از $a : b = c : d$ کامل نبود. سپس می‌گوید که: «اگر موقعیت کمیت‌ها، در تساوی بین آن‌ها، این موقعیت نباشد، آن‌ها متناسب نیستند»^۳ و تعریف نادرست زیر را برای $a : b > c : d$ عرضه می‌کند:

«اگر (کمیت) اول، دومی را به تعداد دفعات کمتری از تعداد دفعاتی که سومی، چهارمی را می‌شمارد، بشمارد، «و» اگر از دومی باقی‌مانده‌ای بماند که کمیت اول را به تعداد دفعاتی بشمارد که آن نیز «کمتر» از تعداد دفعاتی است که باقی‌مانده کمیت چهارم کمیت سوم را می‌شمارد، و اگر همچنین دو باقی‌مانده از اولی و سومی بماند که به نسبت باقی‌مانده‌های اول از دومی و چهارمی وضعیت یکسانی داشته باشند، و این موقعیت بین باقی‌مانده‌های جا به جا شونده به طور بینهایت ادامه یابد، آنگاه این موقعیت منجر به تناسب نمی‌شود، اما در این موقعیت نسبت اولی به دومی بزرگتر از

1. Junge et al, 1932, pp. 4- 6.
2. Junge, et al, 1932, pp. 8- 12.
3. Junge, et al, 1932, pp. 12- 13.

نسبت سومی به چهارمی است»^۱.

با نمادگذاری بخش قبلی، ظاهراً نیریزی می‌گوید که اگر $\frac{d}{c} = [k'_1, \dots]^A$ و $\frac{b}{a} = [k_1, \dots]^A$ داریم $a:b > c:d$ اگر $k_1 < k'_1$ و اگر $k_1 = k'_1$ ، $k_p < k'_p$ ، در حقیقت $a:b > c:d$ اگر $k_1 < k'_1$ یا $k_1 = k'_1$ ، $k_p > k'_p$ ، الی آخر. برای ایجاد مفهوم ریاضی درست در اینجا، کلمات «و» و «کمتر» که در نقل قول آمده، باید به «یا» و «بزرگتر» تغییر یابند. نیریزی سپس تعریفی از نسبت کوچکتر از نسبت دیگر عرضه می‌کند، که از نقل قول بیان شده- البته با تبدیل همه کلمات «کمتر» به «بیشتر»- به دست می‌آید. که این تعریف نیز نادرست است. پس به نظر می‌رسد که احتمالاً نیریزی مضمون ریاضی آن را درک نکرده باشد.^۲

اگر خطاهای ریاضی تصحیح شوند، تعریف‌ها یادآور بازسازی تعریف $a:b > c:d$ و $a:b < c:d$ در مقاله بکر^۳ و تعریف صحیح خیام هستند، اما تعریف‌های نیریزی شبیه تعریف ماهانی از $a:b > c:d$ نیستند.

نیریزی سپس در مورد تعریف ۴ اقلیدس بحث می‌کند،^۴ و بعد به سراغ تعریف پیچیده ۵ می‌رود: $a:b=c:d$ اگر برای هر جفت مضرب‌های صحیح ma, nb, mc, nd داشته باشیم: $ma > nb \Leftrightarrow mc > nd$ و $ma = nb \Leftrightarrow mc = nd$ و $ma < nb \Leftrightarrow mc < nd$. نیریزی ابتدا توضیح می‌دهد که منظور اقلیدس نه مقایسه مضرب‌های m, n ، بلکه مقایسه مقادیر ma, nb, mc, nd بوده است. او با جملات زیر، که گاهی مبهمند و من در آن جاها اعداد (۱) و (۲) را وارد کرده‌ام، متن را ادامه می‌دهد. کلماتی که من در متن جایگزین کرده‌ام درون پرانتز گوشه‌دار > آمده است و همه کلمات برجسته شده از من است.

«منظور او (اقلیدس) این است که مقدار فزونی شبیه به مضرب‌های عدد مشترکی است، که (کمیت) اول، (کمیت) دوم را و (کمیت) سوم (کمیت) چهارم را می‌شمارد، و این وقتی است که اولی با دومی متوافق و سومی با چهارمی متوافق باشند. اگر متوافق نباشند، ولی نامتوافق باشند، آنگاه (۱) تعداد دفعاتی که کمیت مضرب‌های اولی مضرب‌های دومی را می‌شمارد شبیه به تعداد دفعاتی است که

1. Junge, et al, 1932, pp. 12- 13.
2. Junge, et al, 1932, pp. 12, n. 1
3. Becker, 1933a, p. 312.

۴. «کمیت‌ها وقتی می‌توانند نسبتی با یکدیگر داشته باشند که مضربی از هر کدام بتواند از دیگری بیشتر شود.»

مضرب‌های سومی مضرب‌های چهارمی را می‌شمارد؛ و (۲) تعداد دفعاتی که باقی‌مانده دومی اولی را می‌شمارد مساوی با تعداد دفعاتی است که >باقی‌مانده چهارمی سومی را می‌شمارد، و تعداد دفعاتی که باقی‌مانده اولی باقی‌مانده دومی را می‌شمارد مساوی با تعداد دفعاتی است که <باقی‌مانده سومی باقی‌مانده چهارمی را می‌شمارد و این تا بینهایت ادامه می‌یابد.^۱

این عبارت با حذف چهار مورد برجسته شده واژه «مضرب‌های»، مفهوم ریاضی پیدا می‌کند. آنچه می‌ماند، تعریف کلی $a_2 : a_1 = b_2 : b_1$ است. من نتیجه می‌گیرم که نیریزی به این تعریف دسترسی داشته، ولی در واقع تمایز آن را با تعریف اقلیدس خوب درک نکرده است. نیریزی ادامه می‌دهد:

«اقلیدس منظور دیگری غیر از این نداشت. هر کسی که می‌خواست اثبات‌هایی برای این و دیگر چیزهای (مرتبط) عرضه کند، دچار انحراف شده بود، زیرا به قضیه‌هایی کشانده می‌شد که موضوعشان پیشرفته‌تر بود، و اگر منظورش صرفاً حقیقت بود، باید پی می‌برد که این چیز نیاز به اثبات ندارد، زیرا برای کسانی که به این جایگاه رسیده‌اند جزو اصول اولیه است، چون هر رساله اصولی دارد که مطابق با سطح آن رساله است».^۲

شاید منظور نیریزی این است که تعریف اقلیدس معادل با تعریف مبتنی بر تفریق دو سوویه است، اما ظاهراً در شرح خود بر این کار مقدماتی نیازی به اثبات گزاره

$$a : b = c : d \Rightarrow a : b = c : d$$

نمی‌دید.

نتیجه می‌گیرم که اگر نیریزی رساله ماهانی را دیده باشد، احتمالاً از آن تأثیر نگرفته است. چون تعریف‌های مبتنی بر تفریق دو سوویه نیریزی از نسبت‌های بزرگتر یا کوچکتر از دیگر نسبت‌ها، نمی‌تواند از مقاله ماهانی گرفته شده باشد، در حدود ۲۸۶ ق که نیریزی شرحش را نوشت، نوشتارهای دیگری در این موضوع باید در دسترس بوده باشند.

۱. متن عربی: «فيكون عدد المقادير التي تعدّ أضعاف الأول لأضعاف الثاني مساوياً لعدد المقادير التي تقدر أضعاف الثالث لأضعاف الرابع ويكون عدد المقادير التي تقدر فضلة الثاني للأول مساوياً لعدد المقادير التي تقدر (فضلة الرابع للثالث ويكون عدد المقادير التي تقدر فضلة الأول لفضلة الثاني مساوياً لعدد المقادير التي تقدر فضلة الثالث لفضلة الرابع ثم لا يزال كذلك إلى غير نهاية».

2. Junge, 1932, pp. 16- 17.

نظر خیام در مورد نظریه تفریق دو سویه برای نسبت‌ها

اکنون تحلیل کوتاهی از دومین بخش رساله فی شرح ما اشکل من مصادرات اقلیدس تألیف خیام (۴۲۰ - ۵۳۶ ق) را عرضه می‌کنم (نیز بنگرید به مقاله «عمر خیام و تفریق دو سویه» تألیف ویتراک). این بخش دوم به رابطه بین نظریه‌های نسبت اقلیدسی و مبتنی بر تفریق دو سویه اختصاص دارد. بر اساس نظر خیام، تعریف‌های مبتنی بر تفریق دو سویه تعریف‌های «حقیقی» هستند، در حالی که تعریف‌های اقلیدسی فقط «معروف» اند. هدف بخش دوم عرضه اثبات‌های معادلی از دو تعریف نسبت‌های مساوی و نسبت‌های بزرگتر است. بنابراین خیام همان قضیه‌های ماهانی را ثابت می‌کند، اما اثبات‌هایش خیلی متفاوتند.

خیام بحث جداگانه‌ای دارد در مورد حالتی که نسبت‌های مورد نظر، نسبت‌های بین اعداد گویا هستند. در اینجا با این حالت کاری نداریم.

خیام در بحثش از نسبت‌های گنگ به عنوان یک اصل موضوع می‌پذیرد که برای دو جفت از کمیت‌های هم جنس a, b و c, d ، یا $a:b > c:d$ یا $a:b = c:d$ یا $a:b < c:d$. برای دو نسبت $a:b$ و $c:d$ که در تعریف اقلیدسی $a:b = c:d$ صدق می‌کند، خیام فرض می‌کند که $a:b$ و $c:d$ نیز همه خاصیت‌های نسبت‌ها را که به وسیله اقلیدس در مقاله پنجم اصول ثابت کرده است، دارند.

خیام به عنوان اصل موضوع وجود یک جز چهارم تناسب را به روشی که با نمادهای امروزی به صورت زیر است، فرض می‌کند:^۱

اگر a, b دو کمیت هم جنس باشند و c کمیت دیگری باشد، آنگاه:

۱. کمیتی مانند f از همان جنس c وجود دارد چنان که $a:b = c:f$ ؛

۲. کمیتی مانند f' از همان جنس c وجود دارد چنان که $a:b = c:f'$.

خیام تمایز آشکاری بین f و f' قائل نمی‌شود، اما در اثبات‌هایش این فرض ضمنی را که f و f' ضرورتاً برابرند در نظر نمی‌گیرد.

وجود جزء چهارم تناسب f یا f' یک فرض مشکل برانگیز است، زیرا متضمن حل مسائل عددی بسیاری، مثلاً تربیع دایره، می‌شود.^۲

1. Djebbar, 1977, p. 48; Vahabzadeh, 1999, pp. 292-293, 350-351; Djebbar, 2002, p. 113.

۲. اگر فرض کنیم که در هر تناسب جزء چهارمی وجود داشته باشد، می‌توانیم تربیع یک دایره را با شعاع f به صورت زیر بیابیم: a را مربعی به ضلع f ، b را دایره‌ای به شعاع f ، c را یک پاره خط دلخواه گرفته و فرض می‌کنیم f پاره‌خطی باشد که $a:b = c:f$. اگر g واسطه

خیام ابتدا به روشی متفاوت با روش ماهانی ثابت می‌کند که $a:b=c:d \Rightarrow a:b=c:d$ ^E ^A
سه اثبات باقی‌مانده در متن خیام بر اساس دو لم زیر است:

$$1. \text{ لم } 1: c:d=c:f \Rightarrow d=f \quad \text{لم } 1, c:d=c:f \Rightarrow d=f \quad \text{لم } 1, c:d=c:f \Rightarrow d=f$$

$$2. \text{ لم } 2: c:d > c:f \Rightarrow f > d \quad \text{لم } 2, c:d > c:f \Rightarrow f > d \quad \text{لم } 2, c:d > c:f \Rightarrow f > d$$

این لم‌ها نتیجه منطقی مستقیم تعریف‌های مبتنی بر تفریق دو سویه هستند. آن‌ها به اثباتی پیچیده نظیر قضیه ۲ ماهانی نیاز ندارند.
اکنون سه اثبات دیگر ساده‌اند:

• فرض کنید $a:b=c:d$ ^A، پس کمیتی مانند f وجود دارد که $a:b=c:f$ ^E. پس بنا بر

قضیه اول $a:b=c:f$ و نیز بنابر لم ۱، $d=f$ که از آنجا $a:b=c:d$ ^E ^A

• فرض کنید $a:b > c:d$ ^E. اگر $a:b=c:d$ ^A، بنابر قضیه قبلی داریم: $a:b=c:d$ ^E که

متناقض با فرض است. اگر $a:b < c:d$ ^A، کمیتی مانند f وجود دارد چنان که

$a:b=c:f$ ^A، همچنین $c:f < c:d$ ^A، پس بنابر لم ۲، $f > d$. بنابر قضیه قبلی

$a:b=c:f$ ^E، بنابراین $c:f > c:d$ ^E، همچنین بنابر قضیه ۱۰ مقاله پنجم اصول اقلیدس

$f < d$ که (با $f > d$) تناقض دارد. پس $a:b > c:d$ ^A

• فرض کنید $a:b > c:d$ ^A. در اثبات قبلی، E را با A و قضیه ۱۰ مقاله پنجم اصول را با

لم ۲ عوض می‌کنیم. در نتیجه داریم: $a:b > c:d$ ^E

تجزیه و تحلیل مختصرم را از نوشته خیام با بحثی از تعریف او برای نسبت بزرگتر که شامل فهرست ناقصی از حالات عرضه شده در ترتیبی به هم ریخته است، به پایان می‌برم. در اینجا تعریف خیام را با جزئیاتی بیشتر از اطلاعات مقاله و هابزاده^۳ مورد بحث قرار می‌دهم، نه تنها

هندسی بین c و f باشد، مربع به ضلع g مساوی با دایره به شعاع c است. [در مورد تاریخ جزء چهارم تناسب در هندسه یونانی: نک: [Becker 1933b].

1. Vahabzadeh, 1999, p. 295. Lemma 2.3.
2. Vahabzadeh, 1999, p. 296. Lemma 2.4.
3. Vahabzadeh, 1999, pp. 291- 292.

بدین علت که ممکن است وی از ماهانی تأثیر پذیرفته باشد، بلکه همچنین برای آنکه دشواری موضوع برای ریاضیدانان دوره اسلامی را نشان دهم. به منظور وضوح مطلب، اعداد (۱) تا (۸) را در تعریف وارد می‌کنم. خیام می‌گوید:^۱

A

«در مورد (تعریف) هندسی (از $>$): اگر همه مضارب اولی از دومی کم شوند و باقی مانده‌ای بماند، و همه مضارب سومی از چهارمی کم شوند و باقی مانده‌ای بماند، و (۱) تعداد مضارب اولی کمتر از تعداد مضارب سومی باشد، یا (۲) این تعداد مساوی با آن تعداد باشد، اما همه مضارب باقی مانده دومی از اولی کم شوند تا باقی مانده‌ای بماند، و همه مضارب باقی مانده چهارمی از سومی کم شوند تا باقی مانده‌ای بماند، تعداد مضارب باقی مانده دومی بیشتر از تعداد مضارب باقی مانده چهارمی شود، یا (۳) این تعداد نیز مساوی با آن تعداد شود، ولی اگر همه مضرب‌های باقی مانده اولی از باقی مانده دومی کم شوند، و همه مضرب‌های باقی مانده سومی از باقی مانده چهارمی کم شوند، و تعداد مضرب‌های باقی مانده اولی کمتر «از تعداد مضرب‌های باقی مانده سومی شود»،^۲ (۴) یا هیچ باقی مانده‌ای از باقی مانده دومی یا دومی نماند، و باقی مانده‌ای از باقی مانده چهارمی یا از چهارمی بماند، آنگاه به‌واقع (یعنی طبق نظریه تفریق دو سویه) نسبت اولی به دومی ضرورتاً بزرگتر از نسبت سومی به چهارمی است.

به‌طور کلی در این نوع (از نسبت): اگر (۵) از دومی یا از باقی مانده‌هایش چیزی باقی نماند، یا «از چهارمی یا باقی مانده‌هایش چیزی باقی نماند»،^۳ (۶) یا

۱. متن عربی: «وأما هندسي، فإذا فصل جميع أضعاف الأول من الثاني وبقيت فضلة، وجميع أضعاف الثالث من الرابع وبقيت فضلة، وكان عدد أضعاف الأول أقل من عدد أضعاف الثالث، أو كان هذا العدد مساوياً لذلك «العدد»، لكن إذا فصل جميع أضعاف فضلة الثاني من الأول حتى بقيت فضلة، وفصل جميع أضعاف فضلة الرابع من الثالث حتى بقيت فضلة، فكان عدد أضعاف فضلة الثاني أكثر من عدد أضعاف فضلة الرابع، أو هذا العدد أيضاً مساوياً لذلك العدد، لكن إذا فصل جميع أضعاف فضلة الأول من فضلة الثاني، وجميع أضعاف فضلة الثالث من فضلة الرابع، فكان عدد أضعاف فضلة الأول أقل من عدد أضعاف فضلة الثالث؛ أو لم يبق من فضلة الثاني أو من الثاني فضلة، وبقيت من فضلة الرابع أو الرابع فضلة؛ فإن نسبة الأول إلى الثاني أعظم من نسبة الثالث إلى الرابع لا محالة في الحقيقة» وبالجملة في هذا الضرب يكون إما أن لا يبقى من الثاني ومن فضلاته فضلة، «وبقي من الرابع ومن فضلاته فضلة؛ وإما أن يكون فضلاته أقل من فضلات الرابع؛ وإما أن يبقى من الأول وفضلاته فضلة، ولا يبقى من الثالث وفضلاته فضلة؛ وإما أن تكون فضلات الأول أكثر من فضلات الثالث؛ يلزم أن يكون نسبة الأول إلى الثاني أعظم من نسبة الثالث إلى الرابع. ولهذا المعنى تفصيل أطول من هذا يمكن أن تعرفه بهذا القانون الذي تعلمته؛ فافهم.» (راشد و وهاب زاده، ۲۰۰۵م، ص ۳۲۰). «این قسمت در متن اصلی مقاله نیامده است».

۲. احتمالاً این قسمت در متن نسخه‌ای که نویسنده مقاله در دسترس داشته‌اند، افتاده بوده ولی رشدی راشد و بیژن وهاب زاده آن را در متن کتاب ریاضیات عمر خیام اضافه کرده و مترجم این مطلب را به متن ترجمه اضافه نموده است.

۳. این قسمت در متن اصلی مقاله نیامده و مترجم این مطلب را به ترجمه افزوده است.

باقی مانده‌های آن کمتر «از باقی مانده‌های چهارمی» باشد، (۷) یا از اولی یا باقی مانده‌هایش چیزی باقی بماند، و از سومی یا باقی مانده‌هایش چیزی باقی نماند، (۸) یا باقی مانده‌های اولی (از نظر تعداد) بیشتر از باقی مانده‌های سومی باشد، آنگاه نسبت اولی به دومی بزرگتر از نسبت سومی به چهارمی است. برای این مفهوم طبقه‌بندی حالت‌ها بیشتر از این است، و شما می‌توانید با این قاعده که به شما یاد داده‌ام آن را بدانید، و در نتیجه آن را بفهمید».

در اینجا تفسیری از تعریف خیام با نمادهایی که من به کار می‌برم عرضه می‌شود:

کمیت‌های اولی، دومی، سومی و چهارمی او را به ترتیب a_1, a_2, a_3 و b_1, b_2, b_3 می‌نامم. خیام، درست مانند ماهانی، فرض می‌کند که $a_2 < a_1$ و $b_2 < b_1$. سپس «باقی مانده دومی» (که من a_4 می‌نامم) و «باقی مانده چهارمی» (که من b_4 می‌نامم) را به صورت $a_4 = k_1 a_2 + a_3$ و $b_4 = k'_1 b_2 + b_3$ برای اعداد صحیح k_1 و k'_1 چنان که $0 \leq a_4 < a_2$ و $0 \leq b_4 < b_2$ تعریف می‌کند. پس $b_1 : b_2 : b_3 : b_4 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4$ اگر $k_1 < k'_1$ (حالت ۱).

اگر $k_1 = k'_1$ ، او ضمناً فرض می‌کند $a_3 \neq 0$ و $b_3 \neq 0$ و «باقی مانده اولی» (که من a_5 می‌نامم) و «باقی مانده سومی» (که من b_5 می‌نامم) را به صورت $a_5 = k_2 a_3 + a_4$ و $b_5 = k'_2 b_3 + b_4$ برای اعداد صحیح k_2 و k'_2 چنان که $0 \leq a_5 < a_3$ و $0 \leq b_5 < b_3$ تعریف می‌کند. پس $b_1 : b_2 : b_3 : b_4 : b_5 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4 : a_5$ اگر $k_2 < k'_2$ (حالت ۲).

اگر $k_2 = k'_2$ ، او ضمناً فرض می‌کند $a_4 \neq 0$ و $b_4 \neq 0$ و سپس k_3 و k'_3 را با همان روش به صورت $a_6 = k_3 a_4 + a_5$ و $b_6 = k'_3 b_4 + b_5$ که در آن‌ها $0 \leq a_6 < a_4$ و $0 \leq b_6 < b_4$ تعریف می‌کند. پس $b_1 : b_2 : b_3 : b_4 : b_5 : b_6 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4 : a_5 : a_6$ اگر $k_3 < k'_3$ (حالت ۳).

با رسیدن به این مرحله، او به بعضی از فرض‌های ضمنی خود پی می‌برد و می‌گوید که $b_1 : b_2 : b_3 : b_4 : b_5 : b_6 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4 : a_5 : a_6$ نیز اگر $k_3 = k'_3$ (حالت ۴).

او سپس چهار حالت کلی‌تر را که در آن‌ها $b_1 : b_2 : b_3 : b_4 : b_5 : b_6 : a_1 : a_2 : a_3 : a_4 : a_5 : a_6$ بر می‌شمرد (من این فرض‌های ضمنی را در پراتز آورده‌ام و n را عدد صحیح نامنفی دلخواهی فرض کرده‌ام).

• $(k_1 = k'_1), a_3 = 0, b_3 > 0$ و به طور کلی:

$(k_1 = k'_1, k_2 = k'_2, \dots, k_{n-1} = k'_{n-1}), a_{2n+1} = 0, b_{2n+1} > 0$ (حالت ۵).

• $(k_1 = k'_1, k_2 = k'_2, \dots, k_{r_{n-1}} = k'_{r_{n-1}})$ يا $k_2 < k'_2, (k_1 = k'_1)$ يا $k_{r_n} < k'_{r_n}$ (حالت ۶).

• $(k_2 = k'_2, k_1 = k'_1)$ ، $a_2 > 0$ ، $b_2 = 0$ و به طور کلی:

$(k_1 = k'_1, k_2 = k'_2, \dots, k_{r_n} = k'_{r_n})$ ، $a_{r_n+2} > 0$ ، $b_{r_n+2} = 0$ (حالت ۷).

• $(k_2 = k'_2, k_1 = k'_1)$ ، $k_3 > k'_3$ (حالت ۸).

حالت ۸ ناقص است و حالت های ۶ و ۸ نادرست و مخالف حالت های صحیح ۱ و ۲ هستند. فرض های ضمنی در آغاز تعریف خیام مشابه فرض های تعریف ماهانی است که هرگز با باقی مانده های مساوی با صفر کار نکرده است.

نتیجه

شاید ریاضیدانان دیگری از دوره اسلامی، بیش از آنچه در این مقاله ذکر شده، نظریه تفريق دو

سويه برای نسبت ها را بررسی کرده باشند. به عقیده من، ماهانی و خیام تعریف $a:b=c:d$

را به درستی درک کردند. نیریزی تعریف $a:b>c:d$ را درک نکرد؛ خیام تعریف $a:b>c:d$ را به صورتی طولانی و نادرست توضیح داد، اما می توانست در حالت های ساده آن را به کار

ببرد؛ تنها در رساله ماهانی کاربردهای ژرف تر $a:b>c:d$ را، نظیر آنچه در قضیه دومش آمده است، می یابیم. نتیجه گیری فعلی من این است که یک سنت واقعی از کار با روش تفريق دو سويه برای نسبت ها در ریاضیات دوره اسلامی چنان که از مطالعه تعریف ها فراتر برود، وجود نداشته است.

از نظر ریاضی، اثبات های رساله ماهانی جالب تر از اثبات های خیام هستند، زیرا ماهانی وجود جزء چهارم تناسب را بدیهی فرض نمی کند و به اثبات از طریق برهان خلف علاقه ندارد. رساله ماهانی پر مشکل است، زیرا در آن خطاهای بسیاری وجود دارد که نمی توان آن ها را خطاهای کاتب دانست، و بنابراین باید در متن اصلی نوشته ماهانی بوده باشند، چون اثبات ها خیلی پیچیده اند و به آسانی می توانند تصحیح شوند. فکر می کنم که آن ها نهایتاً از اثبات های صحیحی که به ماهانی رسیده اند، البته با روش هایی ناکامل یا ناقص، گرفته شده اند. اگر نویسنده اثبات های صحیح یک ریاضیدان مسلمان باشد، باید یکی از معاصران ماهانی باشد، بنابراین انتقال ناقص بسیار نامحتمل است. بیشتر احتمال دارد که اثبات ها در یک نوشته یونانی بوده اند که به صورتی نادرست به عربی ترجمه شده اند. این نوشته شاید شرح گمشده ای از اصول اقلیدس بوده یا متنی نظیر اثر گمشده منلائوس به نام اصول هندسی باشد که به وسیله ثابت بن قره به عربی

ترجمه شد.^۱ متن یونانی شاید شامل اثباتی با بیان نارسا اما صحیح بوده یا شاید شامل اثبات ناصحیح بوده اما از یک منبع یونانی کهن تر شامل اثبات های صحیح اقتباس شده باشد. ماهانی متن را بازنویسی کرده و کوشیده است خطاها و اشتباهات ریاضی را تصحیح کند، اما در این کار توفیق کامل نیافته است.^۲ بنابراین متن ماهانی شاید به ما همان قدر در باره ریاضیات یونانی بگوید که در باره ریاضیات تمدن اسلامی می گوید. فرض من در مورد منشأ یونانی متن ماهانی مقدماتی است و در باره آن باید بیشتر پژوهش شود.

منابع

ارانی، تقی ۱۳۱۴، رساله فی شرح ما اشکل من مصادرات کتاب اقلیدس لحکیم عمر بن ابراهیم الخیامی، تهران.

راشد، رشدی و وهاب زاده، بیژن ۲۰۰۵م، ریاضیات عمر الخیام، ترجمه دکتر نقولا فارس، بیروت، مرکز دراسات الوحدة العربیة.

رضازاده ملک، رحیم ۱۳۷۷، دانشنامه خیامی، تهران.

صبره، عبدالحمید ۱۹۶۱م، رساله فی شرح ما اشکل من مصادرات اقلیدس، اسکندریه.

همایی، جلال الدین ۱۳۴۶، خیامی نامه، تهران، انجمن آثار ملی.

Amir-Móez, Ali R. 1959. Discussion of Difficulties in Euclid by Omar ibn Abraham al-Khayyami (Omar Khayyam). *Scripta Mathematica* 24: 275-303; reprinted in Fuat Sezgin, Ed., *Islamic Mathematics and Astronomy*, Vol. 46. Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 1998: 293-321.

Becker, Oskar 1933a. Eudoxos-Studien I: Eine voreudoxische Proportionenlehre und ihre Spuren bei Aristoteles und Euklid. *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung B: Studien* 2: 311-333.

— 1933b. Eudoxos-Studien II: Warum haben die Griechen die Existenz der vierten Proportionale angenommen? *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abteilung B: Studien* 2: 369-387.

Djebbar, Ahmed 1997. *L'émergence du concept de nombre réel positif dans l'épître d'al-Khayyām (1048-1131) sur l'explication des prémisses problématiques du Livre d'Euclide* (introduction et traduction française). Prépublications mathématiques d'Orsay, no. 97-39 (73 pp.). Paris: Université Paris-Sud.

— 2002. *Épître d'Omar-Khayyām Sur l'explication des prémisses problématiques du livre d'Euclide* (traduction française). *Farhang* 14: 79-136.

۱. درباره این اثر بنگرید به [Hogendijk 2000].

۲. ماهانی به روش مشابه، سعی کرده است نسخه ناصحیح اگر منلائوس را، که در دسترس او بود، به صورتی معنادار تبدیل کند (نک: کراوزه، ۱۹۳۶، ص ۲۶).

- Fowler, David 1999. *The Mathematics of Plato's Academy. A New Reconstruction*, 2nd edition. Oxford: Clarendon Press.
- Hardy, Godfrey H. & Wright, Edward M. 1979. *An Introduction to the Theory of Numbers*, 5th edition. Oxford: Clarendon Press / New York: Oxford University Press.
- Heath, Thomas L. 1956. *The Thirteen Books of Euclid's Elements* (English translation), 2nd edition, 3 vols. New York: Dover. Unaltered reprint of the edition Cambridge: University Press, 1926.
- Hogendijk, Jan P. 2000. Traces of the Lost *Geometrical Elements* of Menelaus in Two Texts of al-Sijzī. *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften* 13: 129–164.
- Ibn al-Haytham, al-Hasan 2000. *Commentary on the Premises of Euclid's Elements: Sharh Muṣādarāt Uqlidis by Ibn al-Haytham, reproduced from the Bursa and Istanbul manuscripts*. Fuat Sezgin, Ed., with an introduction by Matthias Schramm. Publications Series C, Vol. 63. Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science.
- Junge, Gustav, Raeder, Johannes, & Thomson, William 1932. *Codex Leidensis 399, I. Euclides Elementa ex interpretatione al-Hadschdschadschii cum commentariis al-Narizii, Partis III Fasciculus II*. Copenhagen: Gyldendal; reprinted in Fuat Sezgin, Ed., *Islamic Mathematics and Astronomy*, Vol. 15. Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 1997.
- Juschkevitch, Adolf P. 1964. *Geschichte der Mathematik im Mittelalter*. Leipzig: Teubner. German translation from the Russian original *Istoriya matematiki v srednie veka*, Moscow 1961.
- Krause, Max 1936. *Die Sphärik von Menelaus aus Alexandrien in der Verbesserung von Abū Naṣr Maṣṣūr b. 'Alī b. 'Irāq*. Berlin: Weidmann.
- Matyevskaya, Galina P., & Rozenfeld, Boris A. 1983. *Matematiki i astronomiy musulmansko srednevekovya i ikh trudy (VIII–XVII vv.)* (in Russian), Moscow: Nauka.
- Plooi, Edward B. 1950. *Euclid's Conception of Ratio and his Definition of Proportional Magnitudes as Criticized by Arabian Commentators*. Rotterdam: van Hengel; reprinted in Fuat Sezgin, Ed., *Islamic Mathematics and Astronomy*, Vol. 19. Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 1997: 167–243.
- Sezgin, Fuat 1974. *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Band V: *Mathematik bis ca. 430 H*. Leiden: Brill.
- Vahabzadeh, Bijan 1997. Al-Khayyām's Conception of Ratio and Proportionality. *Arabic Sciences and Philosophy* 7: 247–263.
- Vahabzadeh 1999 = Rashed, Roshdi, & Vahabzadeh, Bijan. *Al-Khayyām mathématicien*. Paris: Blanchard, 1999.
- Vitrac, Bernard 2002. 'Umar al-Khayyām et l'anthyphérèse: Étude du deuxième Livre de son commentaire "Sur certains prémisses problématiques du livre d'Euclide". *Farhang* 14: 137–192.
- Youschkevitch, Adolf P. 1976. *Les mathématiques arabes: VIIIe–XVe siècles*, Paris: Vrin. French translation from the Russian original *Istoriya matematiki v srednie veka*, Moscow 1961.
- Youschkevitch, Adolf P. & Rosenfeld, Boris A. 1973. Al-Khayyāmī. In *Dictionary of Scientific Biography*, Charles C. Gillispie, Ed., Vol. 7, pp. 323–334. New York: Charles Scribner's Sons.
- Yushkevitch. Adolf P. — see Juschkevitch, Youschkevitch.

بررسی محتوای رساله قانون سنجری

حسین بن ابراهیم سمرقندی

محمد مهدی کاوه یزدی^۱

محمد رضا عرشی^۲

حسین بن ابراهیم سمرقندی، ریاضیدان ایرانی است که در نیمه اول سده ششم هجری فعالیت علمی داشته است. دو اثر ریاضی از وی برجای مانده است. یکی رساله قانون سنجری که به سلطان سنجر سلجوقی (حک: ۵۱۱-۵۵۲ق) تقدیم کرده است و دیگری رساله فی استخراج المسائل العددیه. این رساله در بیش تر نسخه های خطی موجود، رساله فی طریق المسائل العددیه نامیده شده و به شیخ الرئيس شرف الدین تاج الزمان حسین بن حسن سمرقندی منسوب شده است. مشخص نیست که آیا این شخص همان حسین بن ابراهیم سمرقندی است که به اشتباه، حسین بن حسن سمرقندی نامیده شده یا دانشمند دیگری است که این رساله به اشتباه به وی منسوب شده است.

بررسی مطالب این دو رساله نشان می دهد که سمرقندی ریاضیدان بسیار توانمندی بوده است. وی در مقدمه رساله قانون سنجری ادعا کرده که بخشی از مطالب کتاب، از «اختراعات عجیب و استنباطات غریب» خود او است که در این کتاب جمع آوری کرده است.

رساله فی استخراج المسائل العددیه^۳

رساله ای ریاضی به زبان فارسی است که به حل مسائل به روش های مختلف می پردازد. سمرقندی در مقدمه رساله، توضیح مختصری درباره این روش ها بیان کرده و سپس روش «اربعه اعداد متناسبه» را بیان کرده و بعد روش «جبر و مقابله» و معادلات ششگانه را در سه فصل و با

۱. کارشناس ارشد تاریخ علم و دبیر ریاضیات. mahkavyzd@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد تاریخ علم و دبیر ریاضیات. arshy1001@yahoo.com

۳. نخستین بار مرحوم غلامحسین مصاحب عباراتی از این رساله را که درباره تحلیل و ترکیب است در کتاب حکیم عمر خیام به عنوان عالم جبر (ص ۳۰۱-۳۰۲) نقل کرده است. دکتر ژان کسینه (J. Cassinet) استاد دانشگاه تولوز فرانسه و دکتر فرهاد رحمتی، استاد دانشکده ریاضی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، در سال ۱۹۹۳م متن این رساله را به زبان فرانسه ترجمه و شرح کرده اند که با آمدن آقای دکتر رحمتی به ایران و مرگ زود هنگام دکتر کسینه این کار ناتمام ماند. نگارنده ها نیز این رساله را به کمک چهار نسخه، تصحیح و شرح کرده اند که انشاء الله در آینده به چاپ خواهد شد.

ذکر چندین مثال توضیح داده است. در ادامه، روش «خطّاین» و روش «تحلیل و ترکیب» را بیان و با ذکر یک مسئله، آن را به روش «تحلیل» و روش «ترکیب» و روش «جبر و مقابله» حل کرده است. در آخر، سمرقندی سیزده مسئله بیان و آن‌ها را به روش‌های فوق و همچنین به روش خطی و سطحی ابوعلی حُبویی خوارزمی (نیمه دوم سده ۴ق) حل کرده است. بیش‌تر مسائل به روش «تحلیل و ترکیب» حل شده‌اند. چندین نسخه خطی این رساله، در کتابخانه‌های ایران، ترکیه و ایتالیا موجود است.^۱

این رساله نخستین بار توسط کراوزه (s، ص ۵۱۶) از روی نسخه شماره ۳۴۵۵/۱۲ مجموعه احمد سوم توقیاتی سرای استانبول^۲ معرفی شده است. این نسخه در دهه دوم محرم سال ۶۶۳ قمری به خط قطب‌الدین شیرازی (۶۳۴-۷۱۰ق) و از روی نسخه‌ای به خط خواجه نصیرالدین طوسی (۵۹۷-۶۷۲ق) کتابت شده است.^۳ در انجامة نسخه چنین آمده:

«اختصار کردیم تا دراز نگردد والسلام والحمد لله رب العالمین والصلوة علی نبیه محمد وآله أجمعین وکتب فی أوائل شوال سنة إثنين وثلاثین وستمائة حامداً ومصلیاً فرغ من کتابته أصغر عباد الله محمود بن مسعود بن المصلح المتطبب الشیرازی أصلح الله أعماله فی العشر الأوسط من المحرم سنة ثلاث وستین وستمائة وقد نقل من خط المولى المعظم سلطان الحکماء نصیر الملة والدين محمد بن محمد بن محمد الحسن الطوسي».^۴

عبارت «وکتب فی أوائل شوال سنة إثنين وثلاثین وستمائة». نشان می‌دهد که این رساله در شوال ۶۳۲ق کتابت شده است نه تألیف و احتمالاً این تاریخی بوده که طوسی رساله را کتابت کرده و شیرازی عین نوشته طوسی را نقل کرده است.

کراوزه به اشتباه، تاریخ شوال ۶۳۲ق مندرج در انجامة نسخه را سال تألیف رساله دانسته و این سهو به تمام منابع راه یافته است. استوری (ج ۲، ص ۵) این تاریخ را از کراوزه نقل کرده است و مرحوم ابوالقاسم قربانی در کتاب زندگینامه ریاضیدانان دوره اسلامی (ص ۲۷۶) و مرحوم احمد منزوی در فهرستواره کتاب‌های فارسی (ج ۴، ص ۲۷۴۰) و مرحوم غلامحسین مصاحب

۱. نک: منزوی، فهرستواره کتاب‌های فارسی، ج ۴، ص ۲۷۴۰؛ منزوی، فهرست دانشگاه تهران، ج ۸، ص ۳۵۴، دانش پژوه و افشار، فهرست ملک، ج ۵، ص ۱۲۶؛ قربانی، زندگینامه ریاضیدانان دوره اسلامی، ص ۲۷۶؛ دانش پژوه و افشار، نشریه نسخه‌های خطی کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران، ج ۴، ص ۱۹؛ طهرانی، الذریعة إلی تصانیف الشیعة، ج ۲۰، ص ۳۵۷ و ۳۷۴؛
۲. میکروفیلم این مجموعه در کتابخانه مرحوم مجتبی مینوی (تهران) موجود است که متأسفانه با گذشت زمان ناخوانا شده است اما میکروفیلم برخی از نسخه‌های آن در کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران موجود است. مرحوم قربانی (ص ۹۴-۹۶) چهار صفحه اول و دو صفحه آخر رساله تلخیص المخروطات ابوالفتح اصفهانی را که در این مجموعه است چاپ کرده است.

3. Seray 3455, 12^o, 4 BL (582, 663 H Von aš-Širāzī [387] geschrieben, vorlage war Von Tusi (368) geschrieben!).

۴. از آقای سجاد نیک فهم خوب روان که این انجامة را تهیه و برای ما ارسال کردند سپاسگزاریم.

در کتاب حکیم عمر خیام به عنوان عالم جبر (ص ۳۰۱) به نقل از کراوزه و استوری تاریخ تألیف رساله را به اشتباه، شوال ۶۳۲ ق نوشته و سمرقندی را از ریاضیدانان سده هفتم دانسته‌اند. کهن‌ترین نسخه شناخته شده این رساله در مجموعه ۳۱۸۳ (گ ۳۴ پ) کتابخانه ملک تهران است که فقط شامل صفحه اول این رساله است (نک: دانش‌پژوه و افشار، ج ۶، ص ۲۶۶). در عنوان آن آمده: رسالة الحسين بن ابراهيم السمرقندي في استخراج المسائل العددية. دو رساله دیگر مجموعه (رساله‌ای ناقص از شرح اثری از ابن سینا و رساله شبکه از ابو حاتم آسفزاری) به تاریخ ۵۴۸ و ۵۴۹ ق به خط ابوالفتح بن حسین منجم است و این یک صفحه نیز دقیقاً به همان خط است. پس این نسخه هم در حدود سال ۵۴۹ یا ۵۵۰ ق (در زمان حیات یا کمی بعد از وفات سمرقندی) کتابت شده است. نسخه‌های شناخته شده دیگر رساله عبارتند از:

نسخه شماره ۶۴۰/۹ کتابخانه ملک که در اواخر محرم ۶۶۶ قمری در شهر مراغه به دست محمد بن ابی طیب خادم جوردی کتابت شده است (همو، ج ۵، ص ۱۲۳).
نسخه شماره ۱۷۹۰/۳ کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران که در سده هشتم یا نهم هجری کتابت شده است. در عنوان رساله آمده است: «تألیف السمرقندي فی المسائل العددية». با این حال در فهرست دانشگاه تهران (دانش پژوه، ج ۸، ص ۳۵۴) نام این اثر، تحلیل و ترکیب آمده که نادرست است.

نسخه شماره ۱۱۸ Or. کتابخانه مدیچنا لاورنتسیانا^۱ فلورانس ایتالیا (مصاحب، ص ۳۰۱).
نسخه شماره ۱۳ III II کتابخانه ملی فلورانس که به دست شخصی ایتالیایی به نام ژان باتیست ریموندی^۲ (۱۵۴۵-۱۶۱۴ م) کتابت شده است. ریموندی با پشتیبانی فردیناندو مدیچی^۳ در سال ۱۵۸۵ میلادی در رُم یک مؤسسه به نام «تیپوگرافیک مدیچی»^۴ برای زبان‌های شرقی بنا نهاد (خاندان معروف مدیچی نقش به سزایی در پیدایش رنسانس در اروپا داشتند). هدف آنان به دست آوردن دانش دوره اسلامی بود. بدین منظور، کتاب‌های ارزشمند علمی زیادی را ترجمه کردند. ریموندی که به زبان‌های عربی، فارسی، ارمنی و ... تسلط داشت، مدت زیادی در سرزمین‌های اسلامی بود. او در ایران با این رساله آشنا و به آن علاقمند شد و از روی آن، این نسخه را کتابت کرد. ریموندی در سال ۱۵۷۵ میلادی به شهر ونیز ایتالیا بازگشت.^۵

1. Biblioteca Medicea Laurenziana

2. J. B. Raimondi

3. F. de Medicis

4. Typographie Mediceis

۵. این نسخه انجامه ندارد. از دکتر فرهاد رحمتی که این اطلاعات و همچنین تصویر این نسخه را در اختیار ما قرار داد، سپاسگزاریم.

بسم الله الرحمن الرحيم
رسالة الجليلي في استخراج المسائل
اهل الصناعة را در بر و آوردن مسائل طریقی
بسیار است و قانونهای رست که مفید ما در است
آورده اند چون ربه اعداد متناسبه و طریقی
و مقایسه و طریقی خطی و مائید اینها و اینها
سخت مشهورند میان این جماعت و علت درستی
هر یک از اینها اجماع هندسه معلوم گردد و اصل
دیگر هست عام که این همه اصلها را بقوت او
استنباط توانستند کرد و مراد از اصل اینها
و تجلی خوانند و لیکن این اصلها انکس و انکسار
بستن که از خواص قضایا در بسیار دارد و نیز
باشد که کسی را خاطر می آید افتاده باشد هر چند
که از خواص قضایا در چیزی که بگوید باشد که
چون این اصلها بداند بسیار مایل می تواند کرد
که کسی که این اصل بداند و مقدمات بسیار
از خواص قضایا بداند از بیرون کردن اینها شایسته
و این اصل نافع است و فایده بسیار است که از

صفحه اول رساله فی استخراج المسائل
العددیه در نسخه ۳۱۸۳/۴ ملک

بسم الله الرحمن الرحيم
رسالة الجليلي في استخراج المسائل
ما هو الحق في كسر البرقي في طرقات الهندسة
اهل الصناعة را در بر و آوردن مسائل طریقی
بسیار است و قانونهای رست که مفید ما در است
آورده اند چون ربه اعداد متناسبه و طریقی
و مقایسه و طریقی خطی و مائید اینها و اینها
سخت مشهورند میان این جماعت و علت درستی
هر یک از اینها اجماع هندسه معلوم گردد و اصل
دیگر هست عام که این همه اصلها را بقوت او
استنباط توانستند کرد و مراد از اصل اینها
و تجلی خوانند و لیکن این اصلها انکس و انکسار
بستن که از خواص قضایا در بسیار دارد و نیز
باشد که کسی را خاطر می آید افتاده باشد هر چند
که از خواص قضایا در چیزی که بگوید باشد که
چون این اصلها بداند بسیار مایل می تواند کرد
که کسی که این اصل بداند و مقدمات بسیار
از خواص قضایا بداند از بیرون کردن اینها شایسته
و این اصل نافع است و فایده بسیار است که از

صفحه اول رساله فی استخراج المسائل
العددیه در نسخه ۶۴۰/۹ ملک

با بررسی متن این رساله و رساله قانون سنجرى مشخص شد که چهار مسئله آن‌ها، تقریباً یکسان و دلیلی بر یکی بودن مؤلف دو رساله است. این چهار مسئله شامل مسئله‌ای در متن رساله و سؤالات هفتم، نهم و دهم رساله است که به ترتیب با مسئله‌های ۳۰، ۲۴، ۳۳ و ۲۵ رساله قانون سنجرى (نک: ادامه مقاله) مشابه است. صورت این چهار مسئله به شرح ذیل است.

مسئله: مالی است مشترک میان پنج کس. یکی را نصیب نصف است و دیگری را ثلث و سیم را ربع و چهارم را خمس و پنجم را سدس. پیش از آن که مال میان ایشان به عدل قسمت کنند هر کسی از مال چیزی بر ربودند، چنان که مال میان ایشان مستغرق گشت و هر کسی آنچه دارد نصیب او نیست. با یکدیگر خصومت کردند و به قاضی رفتند. قاضی از ایشان معلوم کرد که هر کسی را نصیب چیست و چند ربوده‌اند. بفرمود تا هر کسی از آنچه ربوده است، جزوی هم نام نصیب خود بیاورد، چنان که مثلاً آن کس که نصیب او نصف است، از آنچه ربوده است نصف بیارد و آن که نصیب او ثلث است، ثلث آنچه ربوده است بیارد و هم بر این قیاس. این پنج کس آنچه قاضی

فرمود آوردند. پس قاضی آن همه را جمع کرد و به پنج قسم متساوی کرد و هر یکی را یک قسم بداد. اکنون هر یکی نصیب خویش دارد، مال چند باشد؟^۱

سؤال [هفتم]: مردی ده من بار خرید از دو جنس، یک جنس به حساب یک من به هفت درم و یک جنس به حساب یک من به پنج درم و هر دو جنس را به قیمت یکدیگر بفروخت و ده درم سود کرد. هر جنس چند باشد؟^۲

سؤال [نهم]: مردی پنج پسر بگذاشت و یک کس را وصیت کرد. چند نصیب پسر سادس اگر بودی الا ثلث آنچه بماند از ثلث مال، چون وصیت از ثلث مال بشویند؟^۳



صفحه آخر قانون سنجرى در نسخه آستان قدس رضوى

صفحه اول قانون سنجرى در نسخه آستان قدس رضوى

۱. مسئله ۳۰: مال مشترك بين خمسة نفر؛ الاول تصرف بالنصف والثانى بالثلث والثالث بالربع والرابع بالخمس والخامس بالسدس. فأخذ كل واحد منهم قطعة من المال حتى استغرق بهم المال وليس مع أحدهم من المال استحققه ثم جميع نصف الاول وثلث الثانى وربع الثالث وخمس الرابع وسدس الخامس وقسم بينهم بخمسة اقسام مساوية فصار مع كل واحد منهم استحققه.
۲. مسئله ۲۴: رجل اشترى عشرة امناء من جنسين قيمة أحد الجنسين منا بخمسة دراهم وقيمة الجنس الآخر منا بسبعة دراهم باع كل واحد منهما بقيمة الآخر فربح ثمانية دراهم كم مقدار كل واحد من الجنسين؟
۳. مسئله ۳۳: ترك رجل خمسة بنين وأوصى لرجل بمثل نصيب ابن سادس لو كان إلا ما يبقى من الثلث بعد الوصية فليكن المال؟

سؤال [دهم]: درستی زر است با قراضه هر دو به وزن یک مثقال و از این زر مثقالی به نوزده درم است. قراضه را بدین مصارفه بفروختند. و بهای قراضه را با آن درست زر جمع کردند، وزن جمله هفت درم سنگ آمد. قراضه به وزن چند بوده باشد؟^۱

قانون سنجر

رساله‌ای ریاضی به زبان عربی است که به سلطان سنجر سلجوقی (حک: ۵۱۱-۵۵۲ق) تقدیم شده است. در هیچ منبعی، به این رساله و مؤلف آن اشاره نشده است. تنها نسخه موجود آن در اختیار سید جلال‌الدین طهرانی بوده که در مرداد ماه سال ۱۳۶۱ هجری شمسی وقف آستان قدس رضوی کرده است (در این نسخه، قسمتی از انتهای مسئله ۳۴ تا قسمتی از مسئله ۳۷ مقاله دوم رساله کتابت نشده و یک برگ هم جابه‌جا شده است). این رساله جزو مجموعه‌ای نفیس به شماره ۱۲۲۳۷ است و در ۳۴ برگ به خط نسخ تحریری قطب‌الدین بن شمس‌الدین ابو نصری در سده نهم یا دهم هجری قمری کتابت شده است.^۲ پشت برگ اول مجموعه، ممهور به مهر اورنگ زیب پادشاه گورکانی هندوستان (حک: ۱۰۶۸-۱۱۱۸ق) و پشت برگ آخر آن، ممهور به مهر نادر شاه افشار (حک: ۱۱۴۸-۱۱۶۰ق) است (عرفانیان، ص ۱۱۲). در بررسی حاضر تنها محتوای رساله تشریح شده است.

رساله قانون سنجر جزو معدود رساله‌های مستقل در زمینه «نسبت و تناسب» و کامل‌ترین اثر ریاضی موجود در این زمینه است. این رساله مشتمل بر یک مقدمه و دو مقاله است. مقاله اول «در مبادی و اصول» و مقاله دوم «در مسائل و فروع». مقاله دوم، شامل ۴۳ مسئله است که عمدتاً در سه موضوع اصول علم حساب، ارث و معاملات هستند و بر اساس نسبت و تناسب و مطالب مربوط به آن حل شده‌اند. در اینجا تنها صورت مسئله‌ها را آورده‌ایم.

مقاله اول: در مبادی و اصول

سمرقندی در مقاله اول ابتدا مفاهیم علم حساب را به شرح زیر تعریف کرده و سپس به بیان ۵۴ قضیه پرداخته و برای آن‌ها برهانی نیز عرضه کرده است. این قضایا در زمینه قواعد حساب، انواع

۱. مسئله ۲۵: اب مثقال واحد قسم بقسمین علی ج وقيمة اب تسعة عشر درهماً وقيمة ب ج بهذه المصارفة مع ا ج سبعة دراهم نريد أن نعلم مقدار ب ج.

۲. این نسخه تاریخ کتابت ندارد؛ ولی همین کاتب نسخه‌ای از رساله الحصن الحصین من کلام سید المرسلین این جزری را در رمضان ۹۰۳ ق کتابت کرده است. این نسخه به شماره ۶۳۴۶ در کتابخانه آیت الله مرعشی قرار دارد (درایتی، ج ۴، ص ۶۶۲). پس تاریخ کتابت قانون سنجر هم اواخر سده نهم یا اوایل سده دهم هجری است. در ضمن رساله دوم این مجموعه، مفتاح الحساب کاشانی است که با آب طلا و لاجورد نوشته شده و تاریخ کتابت ۸۸۱ ق دارد و رساله سوم، کتاب العمل بالکرة النجومیة تألیف قسطنطین لوقا بعلبکی است که تاریخ کتابت ۱۱۵۱ ق دارد.

تناسب، سه معادلهٔ مقتزن (درجهٔ دوم)، تحویل کسرها، ضرب، جذر، جمع و تفریق کسرها، ضرب، جمع، تفریق، تقسیم، تضعیف و تنصیف، جذرها، تجذیر و تکعیب در منازل اعداد و حساب درجه‌ها و دقایق است.

عدد: یا زوج است که به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود، یا فرد است که به دو قسمت مساوی تقسیم نمی‌شود.

عدد زوج الزوج: اعداد زوجی که اگر بتوان آن‌را آن قدر نصف کرد که منتهی به عدد دو شود. یعنی: اعداد زوج به صورت 2^n .

و اگر منتهی به عدد دو نشود، **زوج الفرد** است. یعنی: اعداد زوج به صورت $2^n(2m-1)$.
عدد فرد الفرد: عدد فردی است که توسط عدد فرد دیگری به جز یک عاد می‌شود. یعنی: اعداد فرد به صورت $2^n(2m-1)$.

[کسر یا نسبت]: هرگاه عددی یا عدد یک^۱ به عدد دیگری نسبت داده شود، آنگاه عدد منسوب را **مقدم** (صورت کسر) و عدد منسوب الیه را **تالی** (مخرج کسر) می‌نامند.

اربعه اعداد متناسبه: هرگاه نسبت مقدم به تالی برابر با نسبت مقدم دیگری به تالی دیگری

شود، آنگاه آن چهار تا، **اربعه اعداد متناسبه** نامیده می‌شوند. یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.

عکس نسبت: نسبت تالی به مقدم آن است. یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c}$.

ابدال نسبت: نسبت مقدم به مقدم و تالی به تالی است (در تناسب جای طرفین یا جای

وسطین را می‌توان عوض کرد). یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a}{c} = \frac{b}{d}$.

ترکیب نسبت: نسبت مجموع مقدم و تالی به تالی است. یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$.

تفصیل نسبت: نسبت تفاضل مقدم و تالی به تالی است. یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$.

قلب نسبت: نسبت مقدم به تفاضل مقدم و تالی است (همان تفصیل نسبت در مخرج است).

یعنی: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a}{a-b} = \frac{c}{c-d}$.

جمع نسبت: نسبت مجموع مقدم‌ها به مجموع تالی‌ها است. یعنی:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a+c}{b+d} = \frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

۱. در قدیم، عدد یک، جزو اعداد محسوب نمی‌شد.

نقصان نسبت: نسبت جزو کم شده از مقدّم به جزو کم شده از تالی برابر با نسبت مقدّم به تالی

$$\text{است. یعنی: } \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a-c}{b-d} = \frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

نسبت مساوات منتظمه: اگر نسبت اوّلی به دومی برابر با نسبت سومی به چهارمی باشد و نسبت دومی به پنجمی برابر با نسبت چهارمی به ششمی باشد، آنگاه نسبت اوّلی به پنجمی برابر

$$\text{نسبت سومی به ششمی است. یعنی: } \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \text{ و } \frac{b}{e} = \frac{d}{f} \rightarrow \frac{a}{e} = \frac{c}{f}$$

نسبت مساوات مضطرّه: اگر نسبت اوّلی به دومی برابر با نسبت چهارمی به ششمی باشد و نسبت دومی به پنجمی برابر با نسبت سومی به چهارمی باشد، آنگاه نسبت اوّلی به پنجمی برابر

$$\text{نسبت سومی به ششمی است. یعنی: } \frac{a}{b} = \frac{d}{f} \text{ و } \frac{b}{e} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a}{e} = \frac{c}{f}$$

تناسب: مشابهت و برابری نسبت‌ها است.

تألیف نسبت: اگر چند عدد باشند، آنگاه نسبت اوّلی به آخری از نسبت اوّلی به دومی و از نسبت دومی به سومی و از نسبت سومی به چهارمی و الی آخر تألیف می‌شود.

یعنی: اگر $a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_{n-1}, a_n$ چند عدد باشند، آنگاه $\frac{a_1}{a_n} = \frac{a_1}{a_2} \times \frac{a_2}{a_3} \times \frac{a_3}{a_4} \times \dots \times \frac{a_{n-1}}{a_n}$ می‌گوییم نسبت $\frac{a_1}{a_n}$ از نسبت‌های $\frac{a_1}{a_2}, \frac{a_2}{a_3}, \frac{a_3}{a_4}, \dots$ و $\frac{a_{n-1}}{a_n}$ تألیف شده است.

نسبت متكافی: و آن هنگامی است که نسبت مقدّم [اول] به مقدّم [دوم] برابر با نسبت تالی مقدّم دوم به تالی مقدّم اوّل باشد. در این تناسب با افزایش یک کمیت، کمیت دیگر کاهش می‌یابد.

یعنی اگر دو مقدار a و b از کمیتی با دو مقدار c و d از کمیت دیگر متناظر باشند و نسبت $\frac{a}{b} \neq \frac{c}{d}$

باشد اما $\frac{a}{b} = \frac{d}{c}$ باشد؛ در این صورت می‌گوییم مقادیر a و b با مقادیر c و d نسبت متكافی دارند

یا a و b معکوساً با c و d متناسبند. بهترین مثال برای این نسبت را ابوریحان بیرونی در کتاب التفهیم (ص ۲۵) برای قپان آورده است. اگر وزنه m_1 به فاصله x_1 از علاقه و وزنه m_2 به فاصله

$$x_2 \text{ از علاقه باشد؛ طبق قانون قپان } \frac{m_1}{m_2} = \frac{x_2}{x_1} \text{ است. در این تناسب نسبت}$$

مقدّم اول به مقدّم دوم برابر با نسبت تالی مقدّم دوم به تالی مقدّم اوّل است. همچنین بیرونی در کتاب راشیقات الهند (ص ۶۵) مثالی آورده است. اگر بهای کنیز ۲۰ ساله‌ای ۸ درهم باشد، بهای

کنیز ۴۰ ساله چند درهم است؟ این مثال با تناسب مستقیم $\frac{20}{40} = \frac{8}{x}$ حل نمی‌شود زیرا جواب

اشتباه $x = 16$ به دست می آید بلکه با استفاده از تناسب متکافی $\frac{20}{40} = \frac{x}{8}$ ، جواب صحیح $x = 4$ می شود).

ضرب عدد در عدد: [جمع] امثال یک عدد به اندازه واحاد عدد دیگر است. یعنی:

$$na = \underbrace{a + a + \dots + a}_n$$

عدد مسطح: آنچه از ضرب یک عدد در عدد دیگر به دست می آید، و آن دو عدد اضلاع این حاصل ضرب گفته می شوند. یعنی: اگر $ab = c$ باشد؛ آنگاه عدد c عدد مسطح است.

عدد مربع: آنچه از ضرب عدد در خودش حاصل می شود؛ یعنی: $a \times a = a^2$

عدد مجسم: آنچه از ضرب یک عدد، در یک عدد مسطح حاصل می شود؛ یعنی: اگر $abc = d$ باشد، آنگاه عدد d عدد مجسم است.

عدد مکعب: آنچه از ضرب مربع عدد در خودش حاصل می شود؛ یعنی: $a^2 \times a = a^3$

اعداد مسطح و مجسم متشابه: عددهایی هستند که اضلاعشان متناسب هستند.

اعداد متشاک (متوافق): اعدادی هستند که یک عدد، همگی آن ها را می شمارد. (مانند:

اعداد ۱۵ و ۲۵ و ۳۰ که عدد ۵ آن ها را می شمارد).^۱

اعداد متباین (نسبت به هم اول): اعدادی هستند که عدد واحدی، هیچ یک از آن ها را نمی شمارد (مانند دو عدد ۹ و ۵ که مقسوم علیه مشترک ندارند).

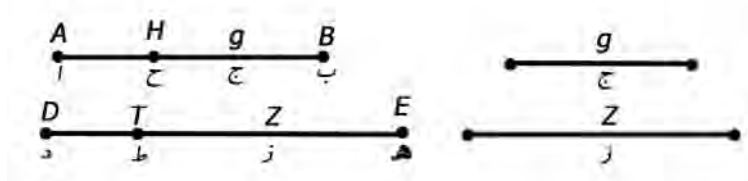
عدد اول: عددی که جز یک، هیچ عدد دیگری، آن ها را نمی شمارد.

عدد مرکب: عددی که عدد دیگری (به غیر از یک و خودش)، آن را می شمارد.

قضیه ها

قضیه اول: اگر چهار مقدار طوری باشند که تفاضل اولی و دومی مساوی با تفاضل سومی و

چهارمی باشد، آنگاه مجموع اولی و چهارمی مساوی با مجموع دومی و سومی است.



۱. از اعداد دیگر، دو عدد «متداخل» است که عبارتند از دو عدد که یکی بر دیگری بخش پذیر باشد مانند ۶ و ۱۲.

$$\text{فرض: } AB - g = DE - z \quad \text{حکم: } AB + z = DE + g$$

برهان: $BH = g$ و $ET = z$ ، پس بنا بر فرض: (۱) $AH = DT$

بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} BH + ET &= ET + BH \rightarrow BH + z = ET + g \xrightarrow{(1)} AH + (BH + z) = DT + (ET + g) \\ &\rightarrow (AH + BH) + z = (DT + ET) + g \rightarrow AB + z = DE + g \end{aligned}$$

[عکس قضیه اول]: و نیز می‌گوییم که: اگر مجموع اب و ز مساوی مجموع ده و ج باشد و اب بزرگ‌تر از ج باشد، آنگاه تفاضل بین اب و ج مساوی تفاضل بین ده و ز است.

$$\text{فرض: } AB + z = DE + g, \quad AB > g \quad \text{حکم: } AB - g = DE - z$$

برهان: با توجه به شکل قبل، فرض می‌کنیم $BH = g$ و $ET = z$ ، پس بنا بر آن که

$$BH + z = ET + g \quad (۱) \quad \text{داریم: } g + z = z + g$$

اما بنا بر فرض داریم: $AB + z = DE + g$. پس:

$$AB + z = DE + g \rightarrow (AH + HB) + z = (DT + TE) + z \rightarrow$$

$$AH + (HB + z) = DT + (TE + g) \xrightarrow{(1)} AH = DT$$

بنابراین $AB - g = DE - z$ و حکم ثابت است.

قضیه دوم: تفاضل ا و ب مساوی تفاضل ج و د است و ا بزرگ‌تر از ج است؛ پس می‌گوییم که تفاضل ا، ج مساوی با تفاضل ب، د است.

$$\text{فرض: } a > g, \quad a - b = g - d \quad \text{حکم: } a - g = b - d$$

برهان: فرض می‌کنیم: $a > g$ ، $a - b = g - d$ ، پس بنا بر قضیه اول داریم:

$$a + d = b + g$$

پس بنا بر عکس قضیه اول داریم: $a - g = b - d$

قضیه سوم: تفاضل ا و ب برابر با تفاضل ج و د و تفاضل ب و ه برابر با تفاضل د و ز است؛

پس می‌گوییم که تفاضل ا و ه برابر با تفاضل ج و ز است.

$$\text{فرض: } a - b = g - d, \quad b - e = d - z \quad \text{حکم: } a - e = g - z$$

برهان: فرض می‌کنیم: $a - b = g - d$. پس بنا بر قضیه اول داریم: (۱) $a + d = g + b$

از تساوی (۱)، تساوی $b - e = d - z$ را کم می‌کنیم. پس داریم:

$$a + d - (d - z) = g + b - (b - e) \rightarrow a + z = g + e$$

و از عکس قضیه اول داریم: $a - e = g - z$

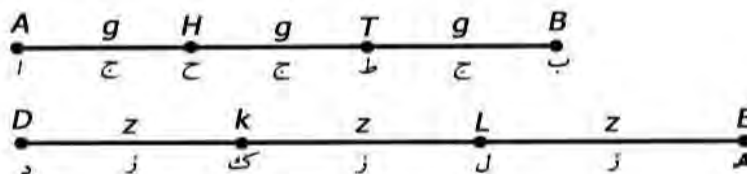
قضیه چهارم: تفاضل a و b مساوی با تفاضل d و z است و تفاضل b و e مساوی با تفاضل d و z است. پس می‌گوییم که تفاضل a و e مساوی با تفاضل d و z است.

فرض: $a - b = d - z$, $b - e = g - d$ حکم: $a - e = g - z$ برهان: بنا بر قضیه اول داریم:

$$\left. \begin{array}{l} a - b = d - z \rightarrow a + z = b + d \\ b - e = g - d \rightarrow b + d = g + e \end{array} \right\} \rightarrow a + z = g + e$$

و بنا بر عکس قضیه اول داریم: $a - e = g - z$

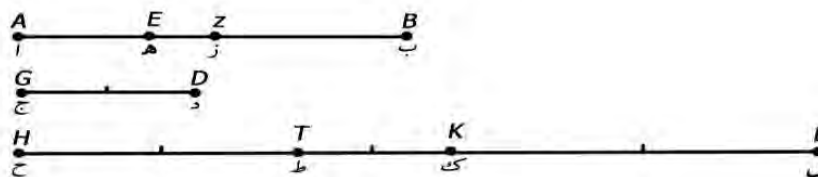
قضیه پنجم: اگر در ab همان تعداد از g باشد که در de امثال z باشد، پس می‌گوییم که مجموع ab و de به همان تعداد [مجموع] g و z است.^۱



برهان: بنا بر شکل، پاره‌خط AB را قسمت‌های مساوی g و پاره‌خط DE را به قسمت‌های مساوی z تقسیم می‌کنیم. داریم: $TB + LE = HT + KL = AH + DK = g + z$. طرفین تساوی‌ها را جمع می‌کنیم، داریم:

$$AH + DK + HT + KL + TB + LE = (g + z) + (g + z) + (g + z) \rightarrow AB + DE = 3(g + z)$$

قضیه ششم: دو عدد ab و cd مفروضند. و ab ، به‌طور دلخواه، به بخش‌های a ، h ، z و b تقسیم شده است، پس می‌گوییم که مجموع حاصل ضرب بخش‌های ab در cd مساوی با حاصل ضرب ab در cd است.^۲



۱. این قضیه مشابه با قضیه اول مقاله پنجم اصول اقلیدس و معادل است با اتحاد جبری $m.a + m.b + m.c + \dots + m.z = m.(a + b + c + \dots + z)$

۲. این قضیه تبیین تعریف ضرب دو عدد است.

فرض: $AE + EZ + ZB = AB$ حکم: $(AE + EZ + ZB).GD = AB.GD$

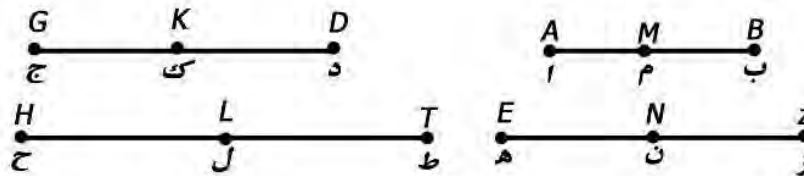
برهان: پاره خط HL را در نظر می‌گیریم به طوری که $KL = n.ZB$, $TK = n.EZ$, $HT = n.AE$ باشد و GD را برابر با n در نظر می‌گیریم. پس: $HL = n.(AE + EZ + ZB) = n.AB$ است. بنابراین: $(AE + EZ + ZB).GD = AB.GD$

قضیه هفتم: دو عدد اب و جد مفروضند، پس می‌گوییم که حاصل ضرب اب در جد مساوی با حاصل ضرب جد در اب است.^۱

برهان: پاره خط GD را به n واحد مانند GE و EZ و ZD و ... تقسیم می‌کنیم. ضرب هر عدد در یک برابر ضرب یک در همان عدد است بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} AB.GD &= AB(GE + EZ + ZD + \dots) = AB.GE + AB.EZ + AB.ZD + \dots = \\ &= AB \times 1 + AB \times 1 + AB \times 1 + \dots = 1 \times AB + 1 \times AB + 1 \times AB + \dots \\ &= (GE + EZ + ZD + \dots) = GD.AB \end{aligned}$$

قضیه هشتم: نسبت اب به جد برابر با نسبت هز به حط است؛ می‌گوییم که حاصل ضرب اب، که اولی است، در حط، که چهارمی است، مساوی با حاصل ضرب هز، که سومی است، در جد، که دومی است.^۲



فرض: $\frac{AB}{GD} = \frac{EZ}{HT}$ حکم: $AB.HT = EZ.GD$

برهان: اگر AB جزئی از GD باشد آنگاه EZ هم جزئی از HT است پس اگر $GD = n.AB$ آنگاه $HT = n.EZ$ پس GD را به تعداد AB تقسیم می‌کنیم و فرض می‌کنیم آن قسمت‌ها GK و KD باشند. همچنین HT را به تعداد EZ تقسیم می‌کنیم و فرض می‌کنیم آن قسمت‌ها HL و LT باشند و تعداد قسمت‌های GD و HT یکسان است. فرض کنیم AB یکی از قسمت‌های GD و EZ یکی از قسمت‌های HT است. داریم:

۱. قضیه شانزدهم مقاله هفتم اصول اقلیدس (هیث، ص ۱۷۲).

۲. قضیه نوزدهم مقاله هفتم اصول اقلیدس (هیث، ص ۱۷۳).

$$AB.EZ = EZ.AB \rightarrow \begin{cases} GK.EZ = HL.AB \\ KD.EZ = LT.AB \end{cases} \rightarrow GK.EZ + KD.EZ = HL.AB + LT.AB$$

$$(GK + KD).EZ = (HL + LT).AB \rightarrow GD.EZ = HT.AB$$

چون AB جزئی از GD و EZ جزئی از HT است. بنابراین AB را به قسمت‌های مساوی AM و MB و همچنین EZ را به قسمت‌های مساوی EN و NZ تقسیم می‌کنیم. داریم:

$$\frac{AM}{GD} = \frac{EN}{HT} \rightarrow \begin{cases} AM.HT = EN.GD \\ MB.HT = NZ.GD \end{cases} \rightarrow AM.HT + MB.HT = EN.GD + NZ.GD$$

$$(AM + MB).HT = (EN + NZ).GD \rightarrow AB.HT = EZ.GD$$

و حکم ثابت است.

قضیه نهم: (عکس قضیه هشتم) اگر ضرب اب در ح ط مساوی با ضرب هز در ج د باشد؛ پس می‌گوییم که نسبت اب به ج د برابر با نسبت هز به ح ط است.

$$\text{فرض: } AB.HT = EZ.GD \quad \text{حکم: } \frac{AB}{GD} = \frac{EZ}{HT}$$

برهان: AB را توسط واحدی به قسمت‌های AK و KB تقسیم می‌کنیم. پس $AK = KB$ است. همچنین EZ را به قسمت‌های مساوی تقسیم می‌کنیم به طوری که تعداد آن‌ها مساوی با تعداد واحدهای موجود در AB است؛ و فرض می‌کنیم این قسمت‌ها EL و LZ باشند. پس $EL = LZ$. همچنین GD را توسط واحدی به اندازه واحد AK و KB تقسیم می‌کنیم. و عدد m را به قسمت‌های مساوی و به اندازه EL تقسیم می‌کنیم به طوری که تعداد آن‌ها مساوی با تعداد واحدهای موجود در GD است. پس اجزای AB در GD است؛ یعنی: $GD = n.AB$ ، و به همان تعداد، اجزای EZ در m است؛ یعنی: $m = n.EZ$ (عدد گویا است)، پس داریم:

$$\frac{AB}{GD} = \frac{EZ}{m} \rightarrow AB.m = GD.EZ$$

مقدار HT را در نظر می‌گیریم به طوری که تعداد EL‌ها - که همان EL‌ها در m است - در ضرب $AB.HT$ به اندازه واحدهای AB باشد. بدین ترتیب تعداد EL‌ها در HT نیز به اندازه واحدهای AB است. پس مقدار EL در HT مساوی مقدار EL در m است؛ پس $HT = m$ است. پس: $\frac{AB}{GD} = \frac{EZ}{HT}$ و حکم ثابت است.

قضیه دهم، ابدال نسبت: نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است؛ پس می‌گوییم بنا بر ابدال نسبت، نسبت ا به ج برابر با نسبت ب به د است.^۱

۱. قضیه سیزدهم مقاله هفتم اصول اقلیدس (هیث، ص ۱۷۰).

$$\text{فرض: } \frac{a}{b} = \frac{g}{d} \quad \text{حکم: } \frac{a}{g} = \frac{b}{d}$$

برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$. پس بنا بر قضیه هشتم داریم: $a.d = g.b$. اما بنا بر قضیه هفتم داریم: $a.d = b.g$. پس $a.d = b.g$ و در نتیجه بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{a}{g} = \frac{b}{d}$. و حکم ثابت است.

قضیه یازدهم، ترکیب نسبت: نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است؛ پس می‌گوییم که بنا بر ترکیب نسبت، نسبت مجموع ا و ب به ب برابر با نسبت مجموع ج و د به د است.

$$\text{فرض: } \frac{a}{b} = \frac{g}{d} \quad \text{حکم: } \frac{a+b}{b} = \frac{g+d}{d}$$

برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$. بنا بر قضیه هشتم داریم: $a.d = g.b$. اما بنا بر قضیه هفتم: $b.d = d.b$

$$\left. \begin{array}{l} a.d = g.b \\ b.d = d.b \end{array} \right\} \rightarrow a.d + b.d = g.b + d.b \rightarrow (a+b).d = (g+d).b \quad \text{پس:}$$

و در نتیجه بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{a+b}{b} = \frac{g+d}{d}$ و حکم ثابت است.

قضیه دوازدهم، تفصیل نسبت: نسبت مجموع ا، ب به ب برابر با نسبت مجموع ج، د به د است؛ پس می‌گوییم که بنا بر تفصیل نسبت، نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است.

$$\text{فرض: } \frac{a+b}{b} = \frac{g+d}{d} \quad \text{حکم: } \frac{a}{b} = \frac{g}{d}$$

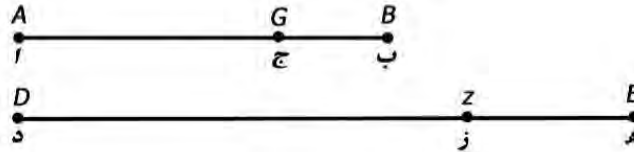
برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{a+b}{b} = \frac{g+d}{d}$. بنا بر قضیه هشتم داریم: $(a+b).d = (g+d).b$. اما بنا بر قضیه هفتم داریم: $b.d = d.b$. پس

$$(a+b).d = (g+d).b \rightarrow a.d + b.d = g.b + d.b \xrightarrow{b.d=d.b} a.d = g.b$$

و بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ و حکم ثابت است.

قضیه سیزدهم: قلب نسبت: نسبت اب به ج برابر با نسبت ده به ه ز است؛ پس می‌گوییم که اگر قلب نسبت کنیم، آنگاه نسبت اب به ج برابر با نسبت ده به دز است.

$$\text{فرض: } \frac{AB}{BG} = \frac{DE}{EZ} \quad \text{حکم: } \frac{AB}{AG} = \frac{DE}{DZ}$$



برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{AB}{BG} = \frac{DE}{EZ}$. پس بنا بر تفصیل نسبت (قضیه دوازدهم) داریم:

$$\frac{AB - BG}{BG} = \frac{DE - EZ}{EZ} \rightarrow \frac{AG}{BG} = \frac{DZ}{EZ}$$

و بنا بر ابدال نسبت (قضیه دهم) داریم: $\frac{AG}{DZ} = \frac{BG}{EZ} \rightarrow \frac{BG}{EZ} = \frac{AG}{DZ}$. و نیز بنا بر ابدال نسبت

داریم: $\frac{BG}{AG} = \frac{EZ}{DZ}$. با ترکیب نسبت [در صورت] بنا بر قضیه یازدهم داریم:

$$\frac{BG + AG}{AG} = \frac{EZ + DZ}{DZ} \rightarrow \frac{AB}{AG} = \frac{DE}{DZ}$$

و حکم ثابت است.

قضیه چهاردهم، جمع نسبت: نسبت a به b برابر با نسبت c به d است؛ پس می‌گوییم که نسبت مجموع a ، c به مجموع b ، d برابر با نسبت c به d است.

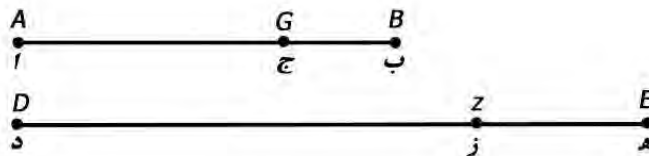
$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad \text{فرض:} \quad \frac{a+g}{b+d} = \frac{g}{d} \quad \text{حکم:}$$

برهان: فرض می‌کنیم $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$. پس بنا بر ابدال نسبت داریم: $\frac{a}{g} = \frac{b}{d}$. پس بنا بر ترکیب نسبت

داریم: $\frac{a+g}{g} = \frac{b+d}{d}$ و بنا بر ابدال نسبت داریم: $\frac{a+g}{b+d} = \frac{g}{d}$ و حکم ثابت است.

قضیه پانزدهم، تفریق نسبت: نسبت همه a به همه b برابر با نسبت c به d است؛ پس می‌گوییم که نسبت a به d ، که باقیمانده‌اند، برابر با نسبت c به d است.

$$\frac{AG}{DZ} = \frac{BG}{EZ} \quad \text{حکم:} \quad \frac{AB}{DE} = \frac{BG}{EZ} \quad \text{فرض:}$$



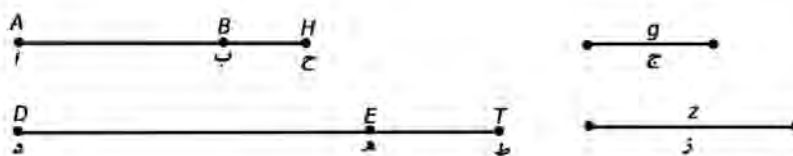
برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{AB}{DE} = \frac{BG}{EZ}$. بنا بر ابدال نسبت داریم: $\frac{AB}{BG} = \frac{DE}{EZ}$. پس بنا بر تفصیل

نسبت داریم:

$$\frac{AB - BG}{BG} = \frac{DE - EZ}{EZ} \rightarrow \frac{AG}{BG} = \frac{DZ}{EZ}$$

و بنا بر ابدال نسبت داریم: $\frac{AG}{DZ} = \frac{BG}{EZ}$ و حکم ثابت است.

قضیه شانزدهم، جمع نسبت: نسبت اب به ج برابر با نسبت ده به ز و نسبت ب ح به ج برابر با نسبت ه ط به ز است؛ می‌گوییم که نسبت اح به ج برابر با نسبت د ط به ز است.



فرض: $\frac{AB}{g} = \frac{DE}{z}$ و $\frac{BH}{g} = \frac{ET}{z}$ حکم: $\frac{AH}{g} = \frac{DT}{z}$

برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{AB}{g} = \frac{DE}{z}$ و $\frac{BH}{g} = \frac{ET}{z}$. پس بنا بر قضیه هشتم داریم:

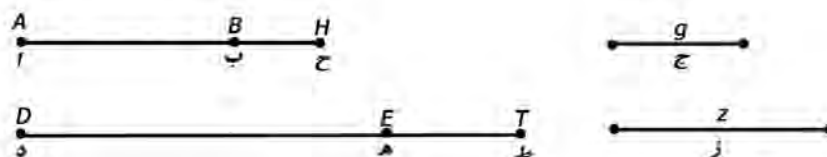
$$\frac{AB}{g} = \frac{DE}{z} \rightarrow AB.z = DE.g \quad \text{و} \quad \frac{BH}{g} = \frac{ET}{z} \rightarrow BH.z = ET.g$$

با جمع طرفین دو تساوی و سپس ساده کردن عبارت حاصل (بر مبنای قضیه ششم) داریم:

$$AB.z + BH.z = DE.g + ET.g \rightarrow (AB + BH).z = (DE + ET).g \xrightarrow{f} AH.z = DT.g$$

و بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{AH}{g} = \frac{DT}{z}$ و حکم ثابت است.

قضیه هفدهم، نقصان نسبت: نسبت اح به ج برابر با نسبت د ط به ز است و نسبت اب به ج برابر با نسبت ده به ز است؛ می‌گوییم که نسبت ب ح به ج برابر با نسبت ه ط به ز است.



فرض: $\frac{AB}{g} = \frac{DE}{z}$ و $\frac{AH}{g} = \frac{DT}{z}$ حکم: $\frac{BH}{g} = \frac{ET}{z}$

برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{AB}{g} = \frac{DE}{z}$ و $\frac{AH}{g} = \frac{DT}{z}$. پس بنا بر قضیه هشتم داریم:

$$\frac{AH}{g} = \frac{DT}{z} \rightarrow AH.z = DT.g \text{ و } \frac{AB}{g} = \frac{DE}{z} \rightarrow AB.z = DE.g$$

با تفریق طرفین دو تساوی و ساده کردن عبارت حاصل، داریم:

$$AH.z - AB.z = DT.g - DE.g \rightarrow (AH - AB).z = (DT - DE).g \rightarrow BH.z = ET.g$$

و بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{BH}{g} = \frac{ET}{z}$ و حکم ثابت است.

قضیه هجدهم، نسبت مساوات منتظمه: نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است و نسبت

ب به ه برابر با نسبت د به ز است؛ پس می‌گوییم که نسبت ا به ه برابر با نسبت ج به ز است.

فرض: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ و $\frac{b}{e} = \frac{d}{z}$ حکم: $\frac{a}{e} = \frac{g}{z}$

برهان: فرض می‌کنیم: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$, $\frac{b}{e} = \frac{d}{z}$. پس بنا بر ابدال نسبت روی دو تناسب داریم:

$$\frac{a}{b} = \frac{g}{d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{b}{d} \text{ و } \frac{b}{e} = \frac{d}{z} \rightarrow \frac{b}{d} = \frac{e}{z}$$

طرف دیگر تناسب‌ها برابر خواهند شد، پس داریم: $\frac{a}{g} = \frac{e}{z}$ و بنا بر ابدال نسبت داریم: $\frac{a}{e} = \frac{g}{z}$ و

حکم ثابت است.

قضیه نوزدهم، نسبت مساوات مضطربه: نسبت ا به ب برابر با نسبت د به ز است و نسبت

ب به ه برابر با نسبت ج به د است؛ پس می‌گوییم که نسبت ا به ه برابر با نسبت ج به د است.

فرض: $\frac{a}{b} = \frac{d}{z}$ و $\frac{b}{e} = \frac{g}{d}$ حکم: $\frac{a}{e} = \frac{g}{z}$

برهان: فرض می‌کنیم $\frac{a}{b} = \frac{d}{z}$ و $\frac{b}{e} = \frac{g}{d}$. پس بنا بر قضیه هشتم داریم:

$$\frac{a}{b} = \frac{d}{z} \rightarrow a.z = b.d \text{ و } \frac{b}{e} = \frac{g}{d} \rightarrow b.d = g.e$$

طرف‌های دیگر آن‌ها برابر خواهند شد، پس داریم: $a.z = g.e$ و بنا بر قضیه نهم داریم: $\frac{a}{e} = \frac{g}{z}$ و

حکم ثابت است.

قضیه بیستم: فرض می‌کنیم حاصل ضرب ا در ج برابر با د و حاصل ضرب ب در ج برابر با ه

باشد؛ پس می‌گوییم که نسبت ا به ب برابر با نسبت د به ه است.

$$\frac{a}{b} = \frac{d}{e} \text{ حکم:}$$

فرض: $a.g = d$ و $b.g = e$

برهان: فرض می‌کنیم: $a.g = d$ و $b.g = e$. از آنجا که حاصل ضرب یک در هر عددی برابر با همان عدد است، داریم: $۱.e = e$ و $۱.d = d$. پس بنا بر فرض داریم:

$$\left. \begin{array}{l} ۱.d = d \\ a.g = d \end{array} \right\} \rightarrow ۱.d = a.g \xrightarrow{۹} \frac{۱}{g} = \frac{a}{d}$$

$$\left. \begin{array}{l} ۱.e = e \\ b.g = e \end{array} \right\} \rightarrow ۱.e = b.g \xrightarrow{۹} \frac{۱}{g} = \frac{b}{e}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{۱}{g} = \frac{a}{d} \\ \frac{۱}{g} = \frac{b}{e} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{a}{d} = \frac{b}{e} \xrightarrow{۱۰} \frac{a}{b} = \frac{d}{e}$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و یکم: تقسیم یک عدد بر عدد، منسوب کردن مقسوم علیه به مقسوم است به طوری که برابر با نسبت یک به شیء دیگری شود؛ و آن شیء خارج قسمت نامیده می‌شود. اگر چنین رابطه‌ای برقرار باشد، آنگاه ضرب خارج قسمت در مقسوم علیه مساوی با ضرب یک در مقسوم است که برابر با خود مقسوم می‌شود.

$$d.e = ۱^۲ \text{ حکم:}$$

فرض: $AB \div BG = d$ و $BG \div AB = e$

برهان: فرض می‌کنیم: $AB \div BG = d$ و $BG \div AB = e$. پس بنا بر تعریف تقسیم داریم:

$$AB \div BG = d \rightarrow \frac{AB}{BG} = \frac{d}{۱} \text{ و } BG \div AB = e \rightarrow \frac{BG}{AB} = \frac{e}{۱} \rightarrow \frac{AB}{BG} = \frac{۱}{e}$$

بنابراین چون یک طرف دو تناسب برابر است، طرف دیگر آن‌ها نیز برابر خواهد شد، پس داریم:

$$\frac{d}{۱} = \frac{۱}{e} \xrightarrow{۸} d.e = ۱ \times ۱ = ۱^۲ \text{ و حکم ثابت است.}$$

قضیه بیست و دوم: جذ حاصل ضرب ا و ب و ز حاصل ضرب د و ه است؛ پس می‌گوییم که نسبت جذ به ز از نسبت ا به د و از نسبت ب به ه تألیف می‌شود.

$$\frac{g}{z} = \frac{a}{d} \times \frac{b}{e} \text{ حکم:}$$

فرض: $g = a.b$ و $z = d.e$

برهان: فرض می‌کنیم $h = d.b$. پس از $g = a.b$ داریم:

$$\left. \begin{array}{l} g = a.b \\ h = d.b \end{array} \right\} \rightarrow \frac{g}{h} = \frac{a.b}{d.b} = \frac{a}{d} \rightarrow \frac{g}{h} = \frac{a}{d} \quad (۱)$$

به همین صورت فرض می‌کنیم $h = d.b$. پس از $z = d.e$ داریم:

$$\left. \begin{array}{l} h = d.b \\ z = d.e \end{array} \right\} \rightarrow \frac{h}{z} = \frac{d.b}{d.e} = \frac{b}{e} \rightarrow \frac{h}{z} = \frac{b}{e} \quad (۲)$$

بنابراین با ضرب طرفین تساوی‌های (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{g}{h} = \frac{a}{d}, \frac{h}{z} = \frac{b}{e} \xrightarrow{\times} \frac{g}{z} = \frac{g}{h} \times \frac{h}{z} = \frac{a}{d} \times \frac{b}{e} \rightarrow \frac{g}{z} = \frac{a}{d} \times \frac{b}{e}$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و سوم: اب در ج به دو قسمت تقسیم شده؛ پس می‌گوییم که حاصل ضرب ب ج در ج به علاوه مربع اب مساوی با ضرب اب در ج است.

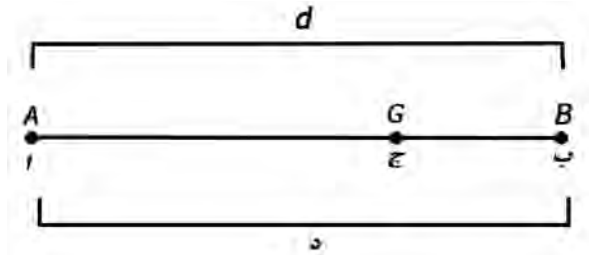


فرض: نقطه G روی پاره خط AB قرار دارد. حکم: $BG \cdot AG + AG^2 = AB \cdot AG$
 برهان: فرض می‌کنیم نقطه G روی پاره خط AB قرار داشته باشد و $AG = d$. پس $BG \cdot AG = BG \cdot d$ و $AG^2 = AG \cdot AG = AG \cdot d$. بنابراین داریم:

$$BG \cdot AG + AG^2 = BG \cdot d + AG \cdot d = (BG + AG) \cdot d = AB \cdot d = AB \cdot AG$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و چهارم: اب در ج به دو قسمت تقسیم شده؛ پس می‌گوییم که دو برابر حاصل ضرب ب ج در ج به علاوه مربع های ب ج و ج ا مساوی با مربع اب است.



فرض: نقطه G روی پاره خط AB قرار دارد. حکم: $2BG \cdot GA + BG^2 + GA^2 = AB^2$
 برهان: فرض می‌کنیم نقطه G روی پاره خط AB قرار داشته باشد و $AB = d$. پس بنا بر قضیه بیست و سوم داریم:

$$GA \cdot BG + BG^2 = AB \cdot BG = d \cdot BG \quad \text{و} \quad BG \cdot GA + GA^2 = AB \cdot GA = d \cdot GA$$

بنابراین با جمع طرفین دو تساوی فوق و این که $AG \cdot BG = BG \cdot AG$ داریم:

$$2BG \cdot GA + BG^2 + GA^2 = d \cdot BG + d \cdot GA = d \cdot (BG + GA) = d \cdot AB = AB \cdot AB = AB^2$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و پنجم: اب در نقطه ج به دو قسمت مساوی و در نقطه د به دو قسمت نامساوی تقسیم شده است؛ پس می‌گوییم که ضرب ب د در دا به علاوه مربع ج د مساوی با مربع ا ج است.



فرض: نقطه G وسط پاره خط AB و D نقطه دلخواهی از آن است. حکم:

$$BD \cdot DA + GD^2 = AG^2$$

برهان: فرض می‌کنیم نقطه G وسط پاره خط AB و D نقطه دلخواهی از آن باشد، پس $BG = GA$. از طرف دیگر $BD = GD + BG$. بنابراین

$$BD \cdot DA = (GD + BG) \cdot DA = GD \cdot DA + BG \cdot DA = GD \cdot DA + GA \cdot DA \quad (1)$$

با استفاده از قضیه بیست و سوم روی پاره خط AG داریم:

$$GA \cdot DA = GD \cdot DA + DA^2 \quad (2)$$

پس از رابطه‌های (۱) و (۲) داریم:

$$BD \cdot DA = GD \cdot DA + GA \cdot DA = GD \cdot DA + GD \cdot DA + DA^2 = 2GD \cdot DA + DA^2 \quad (3)$$

با اضافه نمودن GD^2 به طرفین رابطه (۳) داریم:

$$BD \cdot DA + GD^2 = 2GD \cdot DA + DA^2 + GD^2 = (GD + DA)^2 = GA^2$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و ششم: اب در نقطه ج به دو قسمت مساوی تقسیم شده و پاره خط دلخواه اد را به آن اضافه می‌کنم، پس می‌گوییم که مربع ج د مساوی با ضرب ب د در اد به علاوه مربع ج ا است.



فرض: نقطه G وسط پاره خط AB و نقطه دلخواه D بر امتداد AB قرار دارد.

$$GD^2 = BD \cdot AD + GA^2 \quad \text{حکم:}$$

برهان: با به کار بردن قضیه بیست و سوم روی پاره خط BD داریم:

$$BD \cdot AD = AB \cdot AD + AD^2 \quad (1)$$

$$BA \cdot AD = 2GA \cdot AD \quad (2) \quad \text{از طرفی چون G وسط AB است، داریم:}$$

$$BD \cdot AD = 2GA \cdot AD + AD^2 \quad (3) \quad \text{پس از دو رابطه (۱) و (۲) داریم:}$$

با اضافه کردن GA^2 به طرفین تساوی (۳) و ساده کردن آن داریم:

$$BD \cdot AD + GA^2 = 2GA \cdot AD + AD^2 + GA^2 = (GA + AD)^2 = GD^2$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و هفتم: اب در ج به دو قسمت تقسیم شده؛ می‌گوییم که دو برابر ضرب با در ج به علاوه مربع ج مساوی با مربع‌های اب و ب ج است.



فرض: نقطه G روی پاره خط AB قرار دارد. حکم: $2BA \cdot BG + GA^2 = BA^2 + BG^2$

برهان: بنا بر قضیه بیست و سوم داریم: $BA \cdot BG = GA \cdot BG + BG^2$ با ضرب طرفین

تساوی در عدد ۲ و اضافه کردن GA^2 به آن داریم: BG^2

$$2BA \cdot BG + GA^2 = 2GA \cdot BG + GA^2 + 2BG^2 = (2GA \cdot BG + GA^2 + BG^2) + BG^2 = (GA + BG)^2 + BG^2 = BA^2 + BG^2$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و هشتم: با در ج به دو قسمت شده و ب د برابر با ج را به آن اضافه می‌کنیم؛ پس می‌گوییم که چهار برابر ضرب با در ب د به علاوه مربع ج مساوی با مربع د است.

فرض: نقطه G روی پاره خط AB و نقطه D بر امتداد آن قرار دارد به طوری که: $BG = BD$.

$$\text{حکم: } 4BA \cdot BD + GA^2 = DA^2$$

برهان: چون $BG = BD$ ، پس $BA \cdot BD = BA \cdot BG$. بنابراین

$$4BA \cdot BD = 4BA \cdot BG = 2BA \cdot BD + 2BA \cdot BG$$

$$2BA \cdot BD + GA^2 = 2BA \cdot BD + 2BA \cdot BG + GA^2 \quad (۱)$$

اما:

$$2BA \cdot BG + GA^2 = 2(BG + GA) \cdot BG + GA^2 = 2BG^2 + 2GA \cdot BG + GA^2 = \quad (۲)$$

$$BG^2 + 2GA \cdot BG + GA^2 + BG^2 = (BG + GA)^2 + BG^2 = BA^2 + BG^2$$

بنابراین چون $BG = BD$ ، از رابطه (۲) داریم:

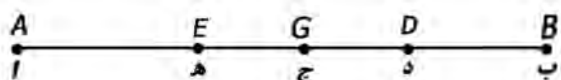
$$2BA \cdot BG + GA^2 = BA^2 + GA^2 = BA^2 + BD^2 \quad (۳)$$

از رابطه‌های (۱) و (۳) داریم:

$$4BA \cdot BD + GA^2 = BA^2 + BD^2 + 2BA \cdot BD = (BA + BD)^2 = DA^2$$

و حکم ثابت است.

قضیه بیست و نهم: با در نقطه ج به دو قسمت مساوی و در نقطه د به دو قسمت نامساوی تقسیم شده؛ می‌گوییم که مجموع مربع‌های ا د و ب د مساوی با دو برابر مربع‌های ب ج و د است.



فرض: نقطه G وسط پاره خط AB و نقطه دلخواهی بر آن است.

$$\text{حکم: } AD^2 + BD^2 = BG^2 + GD^2$$

برهان: نقطه E را به قرینه نقطه G روی AB در نظر می‌گیریم. پس $GE = GD$ و در نتیجه

$$EA = BD \quad \text{پس بنا بر قضیه بیست و هفتم داریم:}$$

$$AD^2 + EA^2 = 2AD \cdot EA + ED^2 \quad (1)$$

$$AD^2 + BD^2 = AD^2 + EA^2 \quad \text{اما: (2)}$$

$$AD^2 + BD^2 = 2AD \cdot EA + ED^2 \quad \text{پس: (3)}$$

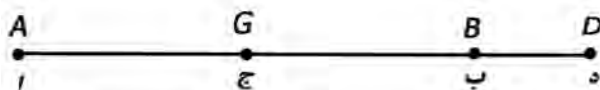
از طرف دیگر چون G وسط Ed است پس: $ED^2 = 4GD^2$. بنابراین از (3) داریم:

$$AD^2 + BD^2 = 2AD \cdot EA + 4GD^2 \quad (4)$$

$$2AD \cdot EA + 2GD^2 = 2BG^2 \quad \text{بنا بر قضیه بیست و هفتم داریم: (5)}$$

پس از (4) و (5) نتیجه می‌شود که: $AD^2 + BD^2 = 2BG^2 + 2GD^2 = 2(BG^2 + GD^2)$ و حکم ثابت است.

قضیه سی‌ام: با در نقطه ج به دو قسمت مساوی تقسیم شده و ب د را به آن می‌افزاییم؛ پس می‌گوییم که مجموع مربع‌های د ا و ب د مساوی با دو برابر مجموع مربع‌های ج د و ب ج است.



فرض: نقطه G وسط پاره خط AB است و نقطه دلخواه D بر امتداد آن قرار دارد.

$$\text{حکم: } AD^2 + BD^2 = 2(GD^2 + BG^2)$$

برهان: بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم:

$$2AD \cdot BD + BA^2 = AD^2 + BD^2 \quad (1)$$

چون G وسط AB است پس $AB = 2BG$. بنابراین از (1) داریم:

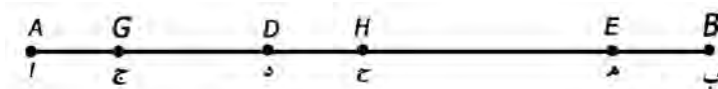
$$AD^2 + BD^2 = 2AD \cdot BD + 2BG^2 \quad (2)$$

از طرفی بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم: $(3) \quad 2AD.BD + 2BG^2 = 2GD^2$
 پس از (2) و (3) نتیجه می شود که:

$$AD^2 + BD^2 = 2GD^2 + 2BG^2 = 2(GD^2 + BG^2)$$

و حکم ثابت است.

قضیه سی و یکم: جده در نقطه ح به دو قسمت مساوی و در نقطه ز به دو قسمت نامساوی تقسیم شده و بر دو طرف آن دو پاره خط متساوی جا و ب ه را اضافه می کنیم؛ پس می گوئیم که حاصل ضرب اد در بد مساوی حاصل ضرب ها در ب ه و جد در ه د است.



فرض: نقطه H وسط پاره خط GE و نقطه D نقطه دلخواهی روی آن باشد. GE را از دو طرف تا دو نقطه دلخواه A و B امتداد می دهیم به طوری که: $AG = BE$.

حکم: $AD.BD = AE.BE + DG.DE$

برهان: چون H وسط پاره خط AB است و D نقطه دلخواهی بر آن است، پس بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم:

$$AD.BD + DH^2 = AG^2 \quad (1)$$

از طرفی چون H وسط پاره خط AB است و E نقطه دلخواهی بر آن است، پس بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم:

$$AE.BE + EH^2 = BE^2 \quad (2)$$

چون بنا بر فرض $AG = BE$ ، پس طرف های دوم دو رابطه (1) و (2) برابرند، در نتیجه طرف های اول آنها نیز برابر خواهند شد، پس:

$$AD.BD + DH^2 = AE.BE + EH^2 \quad (3)$$

از طرف دیگر چون H وسط پاره خط GE است و D نقطه دلخواهی بر آن است، پس بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم:

$$EH^2 = DG.DE + DH^2 \quad (4)$$

پس از (3) و (4) داریم:

$$\left. \begin{array}{l} AD.BD + DH^2 = AE.BE + EH^2 \\ EH^2 = DG.DE + DH^2 \end{array} \right\} \rightarrow AD.BD + DH^2 = AE.BE + DG.DE + DH^2 \rightarrow$$

$$AD.BD = AE.BE + DG.DE$$

پس حکم ثابت است.

قضیه سی و دوم: نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است و خارج قسمت تقسیم ا بر ب برابر

با ه شده و خارج قسمت تقسیم ج بر د برابر با ز شده، پس می‌گوییم که ه برابر با ز است.

فرض: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ و خارج قسمت تقسیم a بر b برابر e و خارج قسمت تقسیم g بر d برابر با z باشد. حکم: $e = z$

برهان: چون خارج قسمت a بر b برابر e است ($a = b.e$)، پس بنا بر تعریف تقسیم، $\frac{a}{b} = \frac{e}{1}$ و چون خارج قسمت تقسیم g بر d برابر z است، ($g = z.d$)، پس بنا بر تعریف تقسیم، $\frac{g}{d} = \frac{z}{1}$ از آنجا که $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ ، نتیجه می‌شود که $\frac{e}{1} = \frac{z}{1}$ و بنا بر ابدال نسبت $\frac{e}{z} = \frac{1}{1}$ می‌شود. پس بنا بر قضیه هشتم، $e = z$ و حکم ثابت است.

قضیه سی و سوم: ج حاصل ضرب ا، ب است؛ پس می‌گوییم که اگر ج بر ا تقسیم شود، خارج قسمت ب می‌شود.

برهان: چون در g همان تعداد از a است که در b از یک، پس نسبت g به a برابر با نسبت b به یک است، پس خارج قسمت تقسیم g بر a، برابر با خارج قسمت تقسیم b بر یک است. ولی خارج قسمت b بر یک برابر با خودش می‌شود، پس خارج قسمت g بر a نیز برابر با b است و حکم ثابت است.

قضایایی در حساب جبر و مقابله

قضیه سی و چهارم، حل معادله مقترنه اول که در آن مال و جذرها معادل عدد است. روش جبری: پس راه حل آن چنین است که: بر عدد مفروض، مربع نصف عدد جذرها را اضافه می‌کنیم و از جذر حاصل نصف عدد جذرها را کم می‌کنیم، ضلع مال باقی می‌ماند.

$$x^2 + bx = c \rightarrow \left(x + \frac{b}{2}\right)^2 = c + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{b^2 + 4c}{4} \quad \frac{b^2 + 4c}{4} \geq 0$$

$$x + \frac{b}{2} = \frac{\sqrt{b^2 + 4c}}{2} \rightarrow x = \frac{\sqrt{b^2 + 4c}}{2} - \frac{b}{2}$$

روش هندسی:



برهان: فرض می‌کنیم $AB = x$ (مجهول معادله است) و $BG = b$ و D وسط BG باشد.

پس بنا بر آن که $x^2 + bx = c$ ، داریم: $AB^2 + BG \cdot AB = c$ (۱)

اما بنا بر قضیه بیست و سوم داریم: (۲) $AB^2 + BG \cdot AB = AG \cdot AB$

پس از (۱) و (۲) نتیجه می شود که: (۳) $AG \cdot AB = c$

پس مقدار $AG \cdot AB$ معلوم می شود.

اما بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم: (۴) $BD^2 + AG \cdot AB = AD^2$

چون BD نصف AG است و BG معلوم است، پس BD نیز معلوم است. از طرف دیگر مقدار

$AG \cdot AB$ نیز معلوم است، پس مقدار AD^2 و از آنجا مقدار AD معلوم می شود و چون مقدار BD معلوم است، پس مقدار AB معلوم می شود.

قضیه سی و پنجم، حل معادله مقترنه دوم که در آن مال و عدد معادل جذرها است. روش جبری: راه حل آن چنین است که عدد مفروض را از مربع نصف جذرها کم می کنیم و باید این حاصل، جذر داشته باشد. سپس آن را بر نصف عدد جذرها اضافه یا از آن کم می کنیم. آنچه به دست می آید (از جمع یا تفریق)، ضلع مال است.

$$x^2 + c = bx \rightarrow \left(x - \frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{b}{2}\right)^2 - c = \frac{b^2 - 4c}{4} \quad \frac{b^2 - 4c \geq 0}{4} \rightarrow x = \frac{b}{2} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4c}}{2}$$

روش هندسی:



فرض می کنیم $AB = x$ و $AG = b$ و نقطه D وسط پاره خط AG باشد. پس بنا بر فرض $AG \cdot AB = b \cdot x$ یا $AB < AD$ یا $AB > AD$ یا $AB = AD$.

اما بنا بر قضیه بیست و سوم داریم: (۱) $AG \cdot AB = BG \cdot AB + AB^2$

پس بنا بر آن که $x^2 + c = bx$ ، داریم: $BG \cdot AB = c$

اما چون D وسط AG و نقطه دلخواهی بر آن است، پس طبق قضیه بیست و پنجم داریم:

$$AD^2 - BG \cdot AB = BD^2 \quad (۲)$$

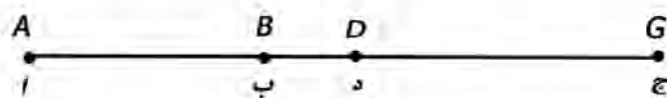
چون AD نصف AG است و AG معلوم است ($AG = b$) پس AD نیز معلوم است، و چون $BG \cdot AB = c$ ، پس طرف چپ رابطه (۲) مقدارش معلوم است. پس مقدار BD^2 و از آنجا مقدار BD معلوم می‌شود. پس در حالت اول که $AB < AD$ ، داریم: $x = AB = AD - BD$ ؛ و در حالت دوم که $AB > AD$ است داریم: $x = AB = AD + BD$. در صورتی که $AB = AD$ باشد مسئله حل شده است.

قضیه سی و ششم، حل معادله مقترنه سوم که در آن جذرها و عدد معادل مال است. روش جبری: راه حل آن چنین است که مربع نصف عدد جذرها را بر عدد مفروض اضافه می‌کنیم و از آنچه حاصل می‌شود جذر می‌گیریم و بر نصف عدد جذرها اضافه می‌کنیم تا ضلع مال به دست آید.

$$bx + c = x^2 \rightarrow \left(x - \frac{b}{2}\right)^2 = c + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{b^2 + 4c}{4}$$

$$\frac{b^2 + 4c}{4} \geq 0 \rightarrow x - \frac{b}{2} = \frac{\sqrt{b^2 + 4c}}{2} \rightarrow x = \frac{b}{2} + \frac{\sqrt{b^2 + 4c}}{2}$$

روش هندسی:



فرض می‌کنیم $AB = x$ و $AG = b$ ، پس $AG \cdot AB = b \cdot x$.

فرض می‌کنیم نقطه D وسط پاره خط AG باشد، پس بنا بر قضیه بیست و سوم داریم:

$$BG \cdot AB + AB^2 = AG \cdot AB \quad (1)$$

بنا بر آن که $bx + c = x^2$ ، پس $BG \cdot AB = c$ و لذا مقدار $BG \cdot AB$ معلوم است.

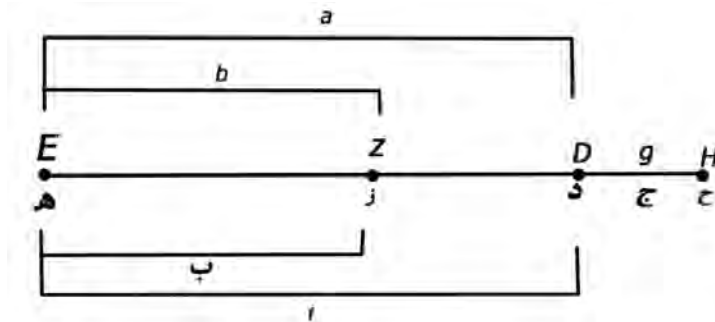
چون D وسط AG و B نقطه دلخواهی بر امتداد آن است، پس بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم:

$$BG \cdot AB + BD^2 = AD^2 \quad (2)$$

چون مقدار $BG \cdot AB$ معلوم است و مقدار AD هم معلوم است، پس مقدار BD^2 و از آنجا مقدار BD معلوم می‌شود. پس $x = AB = AD - BD$ و معادله حل می‌شود.

قضیه سی و هفتم: تفاضل a و b مساوی تفاضل b و c است، پس می‌گوییم که تفاضل

مربع ب و حاصل ضرب ج و ا برابر با مربع تفاضل ها است.



روش هندسی: طبق شکل فرض می‌کنیم که $ED = a$ و $EZ = b$. پس $a - b = DZ$. طبق فرض باید $b - g = DZ$ باشد، پس ED را تا نقطه H امتداد می‌دهیم به طوری که $HD + DZ = EZ$. بنابراین $DH = g$ و Z وسط EH قرار می‌گیرد. چون Z وسط EH و D نقطه‌ای بر آن است، پس بنا بر قضیه بیست و پنجم داریم: $ED \cdot HD + ZD^2 = EZ^2$ پس $a \cdot g + (b - g)^2 = b^2$ و حکم ثابت است.

قضیه سی و هشتم: تفاضل a و b برابر با تفاضل b و g است، پس می‌گوییم که مجموع a ، g مساوی دو برابر b است.

$$\text{فرض: } a - b = b - g \quad \text{حکم: } a + g = 2b$$

برهان: فرض می‌کنیم $d = b$. پس بنا بر فرض داریم: $a - b = d - g$. پس بنا بر قضیه اول، داریم: $a + g = b + d$. چون $d = b$ ، پس حکم ثابت است.

قضیه سی و نهم: تفاضل (دو به دوی) اعداد a و b و g و d و h و z و e مساوی (مقدار ثابتی) است، و تعداد آن‌ها معلوم است، پس می‌گوییم که ضرب مجموع طرفین، یعنی a و h ، در نصف تعداد آن‌ها مساوی با مجموع همه آن اعداد است.

فرض: تفاضل دو به دوی اعداد a, b, g, d, e, z و h برابر با مقدار ثابتی است و تعداد آن‌ها (n) معلوم است.

$$\text{حکم: } \text{مجموع اعداد دنباله} = \frac{n \cdot (a + h)}{2}$$

$$\text{برهان: چون } a - b = z - h \text{، پس بنا بر قضیه اول داریم: (۱) } a + h = b + z$$

$$\text{همچنین، چون } b - g = e - z \text{، پس بنا بر قضیه اول داریم: (۲) } b + z = g + e$$

$$\text{بنابراین از (۱) و (۲) نتیجه می‌شود که: (۳) } a + h = b + z = g + e$$

اما $g-d=d-e$ ، پس بنا بر قضیه سی و هشتم داریم: $g+e=2d$ و در نتیجه: (۴)

$$d = \frac{g+e}{2}$$

$$d = \frac{a+h}{2} = \frac{b+z}{2} = \frac{g+e}{2} \quad \text{پس از (۳) و (۴) نتیجه می شود که: (۵)}$$

بنابراین:

$$a+b+g+d+e+z+h = (a+h) + (b+z) + (g+e) + d$$

$$= 2d + 2d + 2d + d = 7d = 7 \times \frac{a+h}{2}$$

بنابراین مجموع جملات یک دنباله با جملات با تفاضل برابر، مساوی با حاصل ضرب تعداد آن‌ها در نصف مجموع جملات اول و آخر آن است.

قضیه چهارم: در تحویل کسرهای به یک مخرج: a و b دو کسرند که مخرج‌های آن‌ها $ج$ و $د$ است و $ه$ حاصل ضرب $ا$ و $ز$ حاصل ضرب $ب$ و $و$ حاصل ضرب $ج$ و $د$ است؛ پس می‌گوییم که نسبت $ا$ به $ج$ برابر با نسبت $ه$ به $ح$ و همچنین نسبت $ب$ به $د$ برابر با نسبت $ز$ به $ح$ است.

$$\text{فرض: } \frac{b}{d} \text{ و } \frac{a}{g} \text{ دو کسر هستند و } e=a.d \text{ و } z=g.b \text{ و } h=g.d.$$

حکم: می‌خواهیم دو کسر $\frac{a}{g}$ و $\frac{b}{d}$ را به دو کسر با یک مخرج مشترک تحویل کنیم.

برهان: چون $e=a.d$ و $h=g.d$ پس $\frac{a}{g} = \frac{e}{h} \rightarrow \frac{a}{g} = \frac{e}{h}$ و چون $z=g.b$ و $d = \frac{e}{a} = \frac{h}{g}$ و $h=g.d$

پس $h=g.d$ پس $\frac{h}{d} = \frac{g}{1} \rightarrow \frac{h}{d} = \frac{z}{b} = \frac{b}{d}$ پس $g = \frac{z}{b} = \frac{h}{d} \rightarrow \frac{b}{d} = \frac{z}{h}$ و $\frac{e}{h}$ و $\frac{z}{h}$ دو کسر مورد نظر هستند.

قضیه چهل و یکم در علم حساب، ضرب کسرها: $ا$ کسر و مخرجش $ب$ است و $ج$ کسر (دیگری) و مخرجش $د$ است، پس اگر مقدار حاصل ضرب یکی از دو کسر را در دیگری خواستیم؛ پس می‌گوییم که اگر حاصل ضرب $ا$ ، $ج$ را بر حاصل ضرب $ب$ ، $د$ تقسیم کنیم، حاصل ضرب دو کسر به دست می‌آید.

$$\text{فرض: } \frac{a}{b} \text{ و } \frac{g}{d} \text{ دو کسر هستند. حکم: } \frac{a}{b} \times \frac{g}{d} = \frac{a.g}{b.d}$$

برهان: با فرض این که e واحد باشد و $\frac{a}{b} = \frac{z}{e}$ و $\frac{g}{d} = \frac{h}{e}$ ، بنا بر قضیه بیست و دوم، نسبت

مؤلف از دو نسبت $\frac{a}{b}$ و $\frac{g}{d}$ نسبت $\frac{a.g}{b.d}$ است. و نیز نسبت مؤلف از دو نسبت $\frac{z}{e}$ و $\frac{h}{e}$ نسبت

$\frac{h.z}{e^2}$ است. پس بنا بر فرض نسبت $\frac{a.g}{b.d}$ برابر با نسبت $\frac{h.z}{e^2}$ است، یعنی $\frac{a.g}{b.d} = \frac{h.z}{e^2}$. اما e واحد بوده، پس $\frac{a.g}{b.d} = h.z$. پس $\frac{a.g}{b.d} \times \frac{d}{d} = \frac{a.g}{b.d}$ و حکم ثابت است.

قضیه چهل و دوم در علم حساب، تقسیم کسرها: اگر کسر و مخرجش ب و ج کسر دیگر و مخرجش د است و می‌خواهم ا را بر ج تقسیم کنم، پس می‌گوییم که: اگر حاصل ضرب ا، د را بر حاصل ضرب ب، ج تقسیم کنیم، نتیجه به دست می‌آید.

فرض: $\frac{a}{b}$ و $\frac{g}{d}$ دو کسر هستند. حکم: $\frac{a}{b} \div \frac{g}{d} = \frac{a.d}{b.g}$

برهان: فرض می‌کنیم e واحد باشد و $\frac{a}{b} = \frac{z}{e}$ و $\frac{g}{d} = \frac{h}{e}$. چون $\frac{a}{b} = \frac{a.d}{b.d}$ پس بنا بر فرض $\frac{z}{e} = \frac{a.d}{b.d}$ و چون $\frac{g}{d} = \frac{b.g}{b.d}$ پس بنا بر فرض $\frac{h}{e} = \frac{b.g}{b.d}$ و در نتیجه $\frac{b.d}{b.g} = \frac{e}{h}$. پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم: $\frac{a.d}{b.d} = \frac{z}{e}$ ، $\frac{b.d}{b.g} = \frac{e}{h} \rightarrow \frac{a.d}{b.g} = \frac{z}{h}$ و حکم ثابت است.

قضیه چهل و سوم در علم حساب، جذر کسرها: اگر کسر و مخرجش ب و ج مربع ا، و د مربع ب و ه حاصل ضرب ا در ب است. پس می‌گوییم که: اگر ه را بر د تقسیم کنیم، ضلع ج، یعنی جذر ج، به دست می‌آید.

فرض: $\frac{a}{b}$ و $\frac{g}{d}$ دو کسر هستند و a مربع g و d مربع b و $a.b = e$. حکم: $\frac{e}{d} = \sqrt{\frac{g}{d}}$

برهان: بنا بر فرض داریم: $\frac{a.a}{a.b} = \frac{g}{e} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{g}{e}$ ، $a \times a = g$ ، $a \times b = e \rightarrow \frac{a \times b}{b \times b} = \frac{e}{d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{e}{d}$

$a \times b = e$ ، $b \times b = d \rightarrow \frac{a \times b}{b \times b} = \frac{e}{d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{e}{d}$

بنابراین: $\frac{a}{b} = \frac{g}{e} = \frac{e}{d} \rightarrow \frac{g}{e} = \frac{e}{d} \rightarrow g.d = e^2 \rightarrow e = \sqrt{g.d}$

پس: $\sqrt{\frac{g}{d}} = \frac{e}{d} = \frac{\sqrt{g.d}}{d}$ و حکم ثابت است.

قضیه چهل و چهارم در علم حساب، جمع کسرها: اگر کسر و مخرجش ب و ج کسری دیگر و مخرجش د است و می‌خواهیم دو کسر را با هم جمع کنیم، پس می‌گوییم که: اگر مجموع حاصل ضرب‌های ا، د و ب، ج را بر حاصل ضرب ب، د تقسیم کنیم، مطلوب حاصل می‌شود.

$$\text{حکم: } \frac{a}{b} + \frac{g}{d} = \frac{a.d + b.g}{b.d}$$

برهان: فرض می‌کنیم e واحد باشد و $\frac{z}{e} = \frac{a}{b}$ و $\frac{h}{e} = \frac{g}{d}$. چون $\frac{a}{b} = \frac{a.d}{b.d}$ پس بنا بر فرض $\frac{z}{e} = \frac{a.d}{b.d}$ و چون $\frac{g}{d} = \frac{b.g}{b.d}$ پس بنا بر فرض داریم: $\frac{h}{e} = \frac{b.g}{b.d}$. پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{a.d}{b.d} = \frac{z}{e} \\ \frac{b.g}{b.d} = \frac{h}{e} \rightarrow \frac{b.d}{b.g} = \frac{e}{h} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{a.d}{b.g} = \frac{z}{h}$$

پس بنا بر ترکیب نسبت داریم: $\frac{a.d + b.g}{b.g} = \frac{z + h}{h}$. پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\frac{a.d + b.g}{b.g} = \frac{z + h}{h}, \quad \frac{b.g}{b.d} = \frac{h}{e} \rightarrow \frac{a.d + b.g}{b.d} = \frac{z + h}{e}$$

چون بنا بر فرض e واحد بوده است، پس $\frac{z + h}{e} = z + h$. بنابراین $\frac{a.d + b.g}{b.d} = z + h$ و حکم ثابت است.

قضیهٔ چهل و پنجم در علم حساب، تفریق کسرها: ا کسر و مخرجش ب و ج کسری دیگر و مخرجش د و می‌خواهیم دو کسر را از هم کم کنیم، پس می‌گوییم که: اگر تفاضل حاصل ضرب ا، د و ب، ج را بر حاصل ضرب ب، د تقسیم کنیم، مطلوب حاصل می‌شود.

$$\text{حکم: } \frac{a}{b} - \frac{g}{d} = \frac{a.d - b.g}{b.d}$$

برهان اول: فرض می‌کنیم e واحد باشد و $\frac{z}{e} = \frac{a}{b}$ و $\frac{h}{e} = \frac{g}{d}$ و $z > h$. چون $\frac{a}{b} = \frac{a.d}{b.d}$ ، پس بنا بر فرض: $\frac{z}{e} = \frac{a.d}{b.d}$ و چون $\frac{g}{d} = \frac{b.g}{b.d}$ ، پس بنا بر فرض:

$$\frac{h}{e} = \frac{g}{d} = \frac{b.g}{b.d} \quad (۲)$$

$$\frac{e}{h} = \frac{b.d}{b.g} \quad (۳) \text{ پس با عکس کردن تناسب (۲) داریم:}$$

پس از (۱) و (۳) بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\frac{z}{e} = \frac{a.d}{b.d}, \quad \frac{e}{h} = \frac{b.d}{b.g} \rightarrow \frac{z}{h} = \frac{a.d}{b.g} \quad (۴)$$

$$z > h, \frac{z-h}{h} = \frac{a.d-b.g}{b.g} \quad (5)$$

پس بنا بر تفصیل نسبت داریم:

$$\frac{z-h}{h} = \frac{a.d-b.g}{b.g}, \frac{h}{e} = \frac{b.g}{b.d} \rightarrow \frac{z-h}{e} = \frac{a.d-b.g}{b.d} \quad (6)$$

چون بنا بر فرض e واحد بوده، پس $\frac{z-h}{e} = z-h$. بنابراین $\frac{a.d-b.g}{b.d} = z-h$. و حکم ثابت است.

قضیه چهارم و ششم در علم حساب، ضرب جذرها: دو عدد a و b مفروضند و $ج$ مربع a و $د$ مربع b است، پس می‌گوییم که: حاصل ضرب a ، b مساوی با جذر حاصل ضرب $ج$ ، $د$ است.

$$\text{فرض: } a \text{ و } b \text{ دو عدد هستند و } g = a^2 \text{ و } d = b^2. \text{ حکم: } a.b = \sqrt{g.d}$$

برهان: فرض می‌کنیم $e = a.b$. پس بنا بر فرض داریم: (۱)

$$a.a = g, a.b = e \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{g}{e}$$

$$a.b = e, b.b = d \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{e}{d} \quad (2)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{g}{e} = \frac{e}{d} \rightarrow \frac{g}{e} = \frac{e}{d} \rightarrow g.d = e^2 \rightarrow e = \sqrt{g.d} \quad (3)$$

پس از این که $e = a.b$ و $e = \sqrt{g.d}$ داریم: $a.b = \sqrt{g.d}$. و حکم ثابت است.

قضیه پنجم و هفتم در علم حساب، جمع جذرها: فرض کنید a و b جذر عددی مفروض و $ج$ جذر عدد مفروض دیگری باشد، می‌خواهیم مقدار $ا$ را بیابیم؛ پس می‌گوییم که: اگر دو برابر حاصل ضرب a و b را بر دو عدد مفروض بیفزاییم و جذر عدد حاصل را بگیریم، $ا$ به دست می‌آید.

روش جبری: فرض می‌کنیم $a = \sqrt{d}$ و $b = \sqrt{e}$. حکم: مطلوب است مقدار $a+b$.

برهان: چون بنا بر فرض $\sqrt{d}$ و $\sqrt{e}$ معلوم هستند، پس طبق قضیه چهارم و ششم مقدار $\sqrt{d.e}$ معلوم می‌شود. با اضافه کردن دو برابر این مقدار، به دو عدد معلوم $\sqrt{d}$ و $\sqrt{e}$ و گرفتن جذر عدد حاصل، مقدار $a+b$ به دست می‌آید.

$$\sqrt{d+e+2\sqrt{d.e}} = \sqrt{d+e+2a.b} = \sqrt{a^2+b^2+2a.b} = \sqrt{(a+b)^2} = a+b$$

روش هندسی:



فرض می‌کنیم AB و BG دو جذر مفروض باشند. می‌خواهیم مقدار AG را مشخص کنیم. پس داریم:

$$AB + BG = AG \rightarrow AB^2 + 2AB.BG + BG^2 = AG^2$$

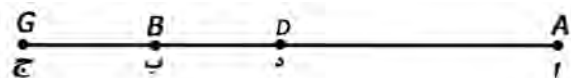
چون در تساوی فوق مقادیر AB، BG معلوم هستند، پس طبق قضیهٔ چهل و ششم مقدار AB.BG نیز معلوم می‌شود. پس مقدار AG^2 و از آنجا مقدار AG معلوم می‌شود.

قضیهٔ چهل و هشتم در علم حساب، تفاضل جذرها: با و ب جذر دو عدد معلوم هستند و اب بزرگ‌تر از ب ج است؛ پس می‌گوییم که: اگر یکی از دو عدد را از دیگری کم کنیم و دومی را بر مجموع جذرها تقسیم کنیم، تفاضل جذرها به دست می‌آید.

روش جبری:

$$\text{برهان: } \sqrt{a} - \sqrt{b} = \frac{(\sqrt{a} - \sqrt{b})(\sqrt{a} + \sqrt{b})}{\sqrt{a} + \sqrt{b}} = \frac{a - b}{\sqrt{a} + \sqrt{b}}$$

روش هندسی:



فرض می‌کنیم پاره‌های AB و BG جذر دو عدد مفروض باشند و $AB > BG$. حکم: مطلوب $AB - BG$ است.

برهان: بر راستای AB پاره خط BD را برابر با BG جدا می‌کنیم. پس $BD = BG$ و در نتیجه B وسط GD است. پس بنا بر قضیهٔ بیست و پنجم چون A نقطهٔ دلخواهی بر امتداد GD است، داریم: $AG.AD + BD^2 = AB^2$. بنابراین $AG.AD = AB^2 - BD^2$. چون AB و BG معلوم هستند، پس مقدار $AG.AD$ نیز معلوم می‌شود. از طرف دیگر $AG = AB + BG$ ، پس مقدار AG نیز معلوم است. پس اگر مقدار $AG.AD$ را بر مقدار AG تقسیم کنیم، مقدار AD، که تفاضل مورد نظر است، مشخص می‌شود.

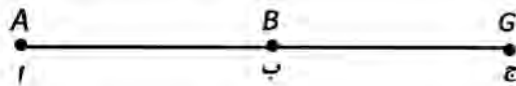
قضیهٔ چهل و نهم در علم حساب، تقسیم جذرها: فرض کنید اب جذر عدد مفروض و ب جذر عدد مفروض دیگری باشد؛ می‌خواهم اب را بر ب ج تقسیم کنم؛ پس می‌گوییم که: اگر حاصل ضرب با و ب ج را بر مربع ب ج تقسیم کنیم، مطلوب حاصل می‌شود.



فرض: AB و BG جذر دو عدد مفروض هستند. حکم: مطلوب است خارج قسمت AB بر BG.

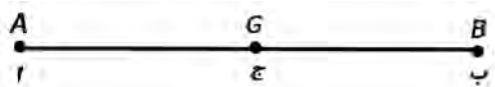
برهان: چون $\frac{AB}{BG} = \frac{AB.BG}{BG.BG} = \frac{AB.BG}{BG^2}$ پس برای پیدا کردن خارج قسمت تقسیم جذرها، کافی است که حاصل ضرب آن‌ها را بر مربع دومی تقسیم کنیم $(\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \frac{\sqrt{a.b}}{b})$.

قضیه پنجاهم در علم حساب، تضعیف جذرها: با جذر عدد مفروض است و می‌خواهیم آن را دو برابر کنیم؛ پس می‌گوییم که: جذر چهار برابر آن عدد، مطلوب است.



فرض: AB جذر عدد مفروضی است. حکم: مطلوب است دو برابر جذر عدد مفروض. برهان: فرض می‌کنیم $BG = BA$ ، پس $AG = 2BA$. بنابراین $AG^2 = 4AB^2$. بنابراین اگر از چهار برابر مربع عدد مفروض جذر بگیریم، دو برابر جذر آن به دست می‌آید.

قضیه پنجاه و یکم در علم حساب، تضعیف جذرها: فرض کنید با جذر عدد مفروض باشد، می‌خواهیم با آن تضعیف کنیم؛ پس می‌گوییم که: اگر جذر ربع عدد مفروض را بگیریم، مطلوب حاصل می‌شود.



فرض: AB جذر عدد مفروضی است. حکم: مطلوب است نصف جذر عدد مفروض. برهان: فرض می‌کنیم G وسط AB باشد. پس $AB = 2AG \rightarrow AB^2 = 4AG^2$. پس اگر جذر ربع عدد مفروض را بگیریم، نصف جذر آن عدد به دست می‌آید.

قضیه پنجاه و دوم در علم حساب، به دست آوردن جذر و مکعب در منازل: اعداد ا، ب، ج، د، ه، ز و ح به طور متوالی متناسب هستند و ا واحد است؛ پس می‌گوییم که: سومی با شروع از واحد، که ج است، مربع است؛ و همچنین سومی با شروع از ج، که ه است، نیز مربع است؛ و سومی با شروع از ه نیز مربع است و به همین ترتیب الی آخر. نیز می‌گوییم که: چهارمی با شروع از واحد، که عدد د است، مکعب است؛ و همچنین چهارمی با شروع از د، که ح است، نیز مکعب است و به همین ترتیب الی آخر.^۱

۱. قضیه هشتم مقاله دهم اصول اقلیدس (هیث، ص ۲۱۷).

فرض: اعداد a, b, c, d, e, z و h به طور متوالی با هم متناسب هستند و a واحد است.
حکم: a, e, g و h مربع و a, d, h مکعب هستند.

برهان: بنا بر فرض چون اعداد فوق به طور متوالی متناسب هستند، پس:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{g} = \frac{g}{d} = \frac{d}{e} = \frac{e}{z} = \frac{z}{h} = \dots \quad (۱)$$

بنابراین نسبت a به b برابر با نسبت b به g است: $\frac{a}{b} = \frac{b}{g}$. پس بنا بر قضیه هشتم، داریم:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{g} \rightarrow b^2 = a.g = ۱.g = g \rightarrow g = b^2$$

پس g مربع است.

به همین صورت بنا بر (۱) چون $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ و $\frac{b}{g} = \frac{d}{e}$ ، پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\frac{a}{g} = \frac{g}{e} \rightarrow g^2 = a.e = ۱.e = e \xrightarrow{g=b^2} e = b^4$$

پس e نیز مربع است.

به همین ترتیب بنا بر (۱) چون $\frac{a}{b} = \frac{e}{z}$ و $\frac{b}{g} = \frac{z}{h}$ ، پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\frac{a}{g} = \frac{e}{h} \rightarrow g.e = a.h = ۱.h = h \xrightarrow{g=b^2, e=g^2=b^4} h = b^2 \times b^4 = b^6$$

پس h نیز مربع است.

به همین ترتیب اعدادی که در مکان‌های اول، سوم، پنجم، هفتم و ... قرار دارند مربع هستند.

بنا بر (۱)، چون $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ ، پس داریم:

$$\frac{a}{b} = \frac{g}{d} \rightarrow b.g = a.d = ۱.d = d \xrightarrow{g=b^2} d = b \times b^2 = b^3 \rightarrow d = b^3$$

پس d مکعب است.

به همین ترتیب بنا بر (۱) چون $\frac{a}{b} = \frac{e}{z}$ و $\frac{b}{g} = \frac{z}{h}$ ، پس بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم:

$$\frac{a}{g} = \frac{e}{h} \rightarrow g.e = a.h = ۱.h = h \xrightarrow{e=g^2} h = g.g^2 = g^3$$

پس h نیز مکعب است.

به همین ترتیب اعدادی که در مکان‌های اول، چهارم، هفتم، دهم و ... قرار دارند مکعب

هستند.

قضیه پنجاه و سوم در علم حساب، درجه‌ها و دقیقه‌ها: فرض کنید ا، ب، ج، د، ه، ز، ح به ترتیب منازل حساب باشند و ا منزل درجه باشد. و اگر این منازل را بر نسبت ثابتی، یعنی شصت، توصیف کنیم و اگر اعداد منازل متوالی با شروع از واحد بر نسبت واحدی باشند، آنگاه منازل ج، ه، ح مواضع مربع‌ها هستند که عبارتند از دومی و چهارمی و ششمی و منازل د و ح مواضع مکعبات هستند که عبارتند از سومی و ششمی، همان‌گونه که قبل از این تبیین شد.

و بدان که برای هر منزلی از منازل کسرها، عددی است که به وسیله آن عدد منازل نام‌گذاری می‌شوند و واحد به نام دقیقه نام‌گذاری می‌شود، در غیر این صورت با ثانیه و در حالت سوم با ثالثه نام‌گذاری می‌شود و برین قیاس.

پس منازل کسرهای مبتنی بر کمیات متفاضل متناسب به‌طور غیر متناهی نام‌گذاری می‌شوند. پس اگر دو منزل از منازل کسور را طوری در نظر بگیریم که فاصله مابین دقیقه‌ها و یکی از دو منزل مفروض برابر با فاصله مابین منزل دیگر آن‌ها تا منزل آخر از منازل کسرها باشد؛ آنگاه چهار منزل متناسب متفاضل داریم. پس ضرب منزل دقیقه در منزل چهارم مساوی با ضرب یکی از دو منزل مفروض در دیگری است. ولی ضرب منزل دقیقه در منزل چهارم مساوی ضرب واحد در تالی منزل چهارم است، زیرا نسبت واحد به دقیقه برابر با نسبت چهارمی به تالی آن است. و حاصل ضرب واحد در هر چیزی درست برابر با آن چیز است. پس ضرب یکی از دو منزل مفروض در دیگری مساوی با آن چیزی است که در تالی چهارمی است.

و نیز برای نام‌گذاری منازل چهارگانه متفاضل، پس منزل دقیقه‌ها، که همان واحد است، با نام چهارمی، روی هم مساوی نام دو منزل مفروض است. و جمع نام دقیقه‌ها و رابعه‌ها مساوی نام تالی چهارمی است. پس نام منزل حاصل از ضرب یکی از دو منزل مفروض در دیگری برابر با مجموع نام دو منزل مفروض است. پس سبب همه نام دو منزل مفروض در ضرب همین است؛ و هر حاصل ضربی اگر بر یکی از اضلاعش تقسیم شود، ضلع دیگر به‌دست می‌آید. پس اگر تالی چهارمی را، که همان حاصل ضرب آن دو منزل است، بر یکی از دو منزل مفروض تقسیم کنیم، منزل دیگر به‌دست می‌آید. و همچنین اگر از نام حاصل ضرب، نام ضلع مقسوم علیه را کم کنیم، نام ضلع خارج قسمت به‌دست می‌آید. پس سبب در تفریق یکی از دو نام در تقسیم آن چیزی است که ذکر کردیم. پس علت حساب جذر و کعب و ضرب و تقسیم در منازل کسرهای درجه‌ها و دقیقه‌ها را تبیین کردیم. و این، آن چیزی بود که می‌خواستیم بیان کنیم.

قضیه پنجاه و چهارم: نسبت ا به ب برابر با نسبت ج به د است؛ پس می‌گوییم که نسبت مربع ا به مربع ب برابر با نسبت مربع ج به مربع د است.



فرض: $\frac{a}{b} = \frac{g}{d}$ حکم: $\frac{a^2}{b^2} = \frac{g^2}{d^2}$
 برهان: چون $\frac{a}{b} = \frac{a.a}{a.b} = \frac{a^2}{a.b}$ و $\frac{g}{d} = \frac{g.g}{g.d} = \frac{g^2}{g.d}$ پس بنا بر فرض داریم: (۱)
 $\frac{a^2}{a.b} = \frac{g^2}{g.d}$
 از طرف دیگر داریم:

$$\frac{a}{b} = \frac{a.b}{b.b} = \frac{a.b}{b^2}, \quad \frac{g}{d} = \frac{g.d}{d.d} = \frac{g.d}{d^2} \left\{ \frac{a}{b} = \frac{g}{d} \rightarrow \frac{a.b}{b^2} = \frac{g.d}{d^2} \right. \quad (2)$$

پس از (۱) و (۲) بنا بر نسبت مساوات منتظمه داریم: $\frac{a^2}{b^2} = \frac{g^2}{d^2}$ و حکم ثابت است.

مقاله دوم: در مسائل و فروع

مسئله اول: AB را در نقطه G به دو قسمت می‌کنیم ثابت کنید:

$$AG^2 - BG^2 = AB \times AG - AB \times BG$$

مسئله دوم: $AB = 10$ را در نقطه G به دو قسمت می‌کنیم به طوری که $AG > BG$ و

$$AG^2 - BG^2 = 20 \text{ شود. مقادیر } AG \text{ و } BG \text{ چقدر است؟}$$

مسئله سوم: یک چهارم لشکری از شهر خارج شد. به اولی یک درهم، به دومی دو درهم، به سومی سه درهم و الی آخر به بعدی یک درهم بیش تر دادند. با نظر یکی از ایشان و از روی دوستی، جمیع داده‌ها را برگرداندند و فرمانده، [درهم‌ها] را بین تمام لشکر تقسیم کرد و به هر نفر سه درهم رسید. تعداد لشکریان چند نفر است؟

مسئله چهارم: سه نفر برای خرید پارچه‌ای با قیمت معلوم جمع شدند. اولی به دومی گفت: موجودیت را بده تا با موجودی خودم، بهای این پارچه شود. دومی به سوم گفت: نصف موجودیت را بده تا با موجودی خودم نصف بهای این پارچه شود. سومی به اولی گفت: ثلث موجودیت را بده تا با موجودی خودم ثلث بهای این پارچه شود. هر کدام چقدر دارند و بهای پارچه چقدر است؟

مسئله پنجم: $AB = \sqrt{20}$ را در نقطه G به دو قسمت می‌کنیم به طوری که

$$AG^2 = 4AG.BG \text{ شود. مقدار } BG \text{ چقدر است؟}$$

مسئله ششم: $AB = \sqrt{20}$ را در نقطه G به دو قسمت می‌کنیم به طوری که

$$AG^2 - BG^2 = 12 \text{ شود. مقدار } AG \text{ چقدر است؟}$$



مسئله هفتم: AB و BG مربع است و $\sqrt{AB} = AG$ و $\sqrt{BG} = DG$ و $AB - BG = AG$ و $AG + DG = AD = 2$ مقدار AG چقدر است؟

مسئله هشتم: مالی است که مقداری از آن ۴ واحد است و چهار برابر جذر بقیه به اضافه چهار برابر جذر مال، برابر ۲۰ می شود. مقدار جذرها چقدر است؟

مسئله نهم: تفاضل دو مال، ۲ است و نسبت مال کوچکتر به بزرگتر $\frac{1}{p}$ است. هر مال چقدر است؟

مسئله دهم: مردی به علامه ای گفت: چقدر از شب باقی مانده است؟ علامه گفت اگر جذر آنچه [از شب] سپری شده و جذر یک چهارم آنچه باقی مانده است برود، در این صورت شب تمام می شود.

مسئله یازدهم: یک سوم عددی به اضافه یک را در یک چهارم آن به اضافه یک ضرب می کنیم حاصل ۲۰ می شود. آن عدد چیست؟

مسئله دوازدهم: مقدار $AB = 1$ را به BG تقسیم می کنیم حاصل DE می شود. دوباره AB را بر AG تقسیم می کنیم حاصل HZ می شود. اگر $DZ = DE - HZ = \frac{1}{6}$ باشد مقدار BG چقدر است؟

مسئله سیزدهم: $AB = 10$ را در نقطه G به دو قسمت می کنیم به طوری که $AG \times BG = 21$ شود. AG و BG چقدر است؟

مسئله چهاردهم: $AB = 10$ را در نقطه G به دو قسمت می کنیم به طوری که $AG^2 + BG^2 = 58$ شود. AG و BG چقدر است؟

مسئله پانزدهم: $AB = 10$ را در نقطه G به دو قسمت می کنیم چنان که $AG - BG + AD^2 + BD^2 = 54$ شود. مقادیر AG و BG چقدر است ($AG > BG$ است و روی AG مقدار $AD = BG$ را جدا می کنیم، پس $AD + BD = 10$ است).

مسئله شانزدهم: $AB = 10$ را به دو قسمت کنید؛ به طوری که حاصل ضرب AB در یکی از قسمت ها مساوی مربع قسمت دیگر شود.

مسئله هفدهم: $AB = 10$ را در نقطه G به دو قسمت می کنیم. اگر $\frac{5AG}{BG} = DE$ و $\frac{1}{2}DE + 5AG = 50$ باشد، مقدار AG چقدر است؟

مسئله هجدهم: $AB = 6$ و $BG = 10$ است. نقطه D را طوری قرار می دهیم که





$AB \times DG = BD^2$ باشد. مقدار BD چقدر است؟

مسئله نوزدهم: $AD = 10$ را به سه قسمت AB و BG و GD تقسیم می‌کنیم به طوری که $AB = 2BG = 3GB$ شود. هر یک از سه قسمت چقدر است؟

مسئله بیستم: حوضی دارای سه جوی آب است. جوی اولی در ۳ ساعت و دومی در ۴ ساعت و سومی در ۵ ساعت، حوض را پر می‌کنند. سه جوی با هم در چند ساعت حوض را پر می‌کنند؟

مسئله بیست و یکم: اگر a و b و g سه عدد باشند؛ در این صورت حاصل ضرب هر دو عدد، در عدد سومی با هم برابر است.

مسئله بیست و دوم: ۷ نفر در ۶ روز کار کردند و ۱۲۶ درهم مزد گرفتند. اگر ۱۳ نفر در ۹ روز کار کنند؛ چقدر مزد می‌گیرند؟

مسئله بیست و سوم: دو جنس است. یک من از جنس اولی ۳ درهم و ۵ من از جنس دومی به یک درهم است. چگونه با یک درهم، من‌های مساوی از این دو جنس بخریم؟

مسئله بیست و چهارم: مردی از دو جنس، ۱۰ من خرید. قیمت یکی از اجناس یک من به ۵ درهم و قیمت جنس دیگر یک من به ۷ درهم است. هر یک از آن دو را به قیمت دیگری فروخت و ۸ درهم سود کرد. مقدار هر دو جنس چقدر است؟

مسئله بیست و پنجم: AB یک مثقال است و آن را در G به دو قسمت می‌کنیم. قیمت AB برابر ۱۹ درهم و قیمت BG به این مبادله (مصارفه)، همراه با AG برابر ۷ درهم است. مقدار BG چقدر است؟

مسئله بیست و ششم: مردی چند من مُشک به یک درهم و چند من عنبر به یک درهم خرید. سپس مُشک را به قیمت عنبر و عنبر را به قیمت مُشک فروخت و ۲ درهم سود کرد. مقدار هر یک از آن دو چقدر است؟

مسئله بیست و هفتم: سه نفرند و همراه آنان درهم‌هایی است. اولی به دومی گفت: اگر یک درهم به من بدهی موجودی من دو برابر آنچه برای تو باقی می‌ماند، می‌شود. دومی به سومی گفت: اگر دو درهم به من بدهی موجودی من، سه برابر موجودی تو می‌شود و سومی به اولی گفت: اگر سه درهم به من بدهی موجودی من چهار برابر آنچه برای تو باقی می‌ماند، می‌شود. هر یک از آنان چقدر دارند؟

مسئله بیست و هشتم: $AB = 300$ را در نقطه G به دو قسمت می‌کنیم به طوری که $AG < \frac{1}{3} AB$ و BG را به سه قسمت مساوی GD و DE و EB تقسیم می‌کنیم. سپس GD را که یک سوم BG است [به دو قسمت GZ و ZD] تقسیم می‌کنیم که بین یک سوم AB و بین یک سوم

باقیمانده (GD) است؛ و قسمت یک سوم AB را به AG که کم دارد، اضافه می‌کنیم تا یک سوم AB یعنی ۱۰۰ به‌دست آید (یعنی GZ را به AG اضافه می‌کنیم تا $100 = \frac{1}{3}AB = AZ$ شود). مقدار AG چقدر است؟

مسئله بیست و نهم: مردی هزار درهم از زید طلب داشت و عمرو کفالت آن مرد را به عهده گرفت. پس کفیل (عمرو) و مکفول عنه (مرد) هر دو مردند و حال آن‌که هر کدام از آن‌ها هزار درهم بدهی داشتند و ما ترک هر یک از آن‌ها نیز هزار درهم بود. پس اگر بدهکار اول (که زید است) از ورثه اصلی (که آن مرد است) بخواهد که هزار درهم به ورثه عمرو برگرداند، چگونه این دو ترکه (دو هزار درهم باقیمانده) را بین آن‌ها تقسیم کنیم؟

مسئله سی‌ام: مالی مشترک بین ۵ نفر است. اولی حق تصرف $\frac{1}{4}$ و دومی $\frac{1}{3}$ و سومی $\frac{1}{4}$ و چهارمی $\frac{1}{5}$ و پنجمی $\frac{1}{6}$ آن را دارد. اما هر یک از آنان بخشی از مال را ربودند و هر کسی آنچه را مستحق آن نبود به دست آورد. سپس $\frac{1}{4}$ مال اولی و $\frac{1}{3}$ دومی و $\frac{1}{4}$ سومی و $\frac{1}{5}$ چهارمی و $\frac{1}{6}$ پنجمی را جمع‌آوری کردند و به ۵ قسمت مساوی تقسیم کردند و به هر یک از آنان دادند. در این صورت هر یک به آنچه استحقاق داشت رسید. [مقدار مال و سهم هر یک چقدر است؟].

مسئله سی و یکم: نصف عدد مجهولی را در خودش ضرب کردیم و نتیجه را به بخشی از مربع ۱۰ ضمیمه کردیم [تا حاصل، مربع ۱۰ شود] و جذر بقیه (همان بخش از مربع ۱۰) را در نصف عدد ضرب کردیم و ۴۸ شد. آن عدد چقدر است؟

مسئله سی و دوم: دو مرد هستند. اولی به دومی گفت، آنچه در این کیسه است را به من بده تا موجودی من سه برابر موجودی تو شود. دومی به اولی گفت، آنچه را در این کیسه است به من بده تا موجودی چهار برابر موجودی تو شود. هر کدام چقدر دارند و چقدر در کیسه است؟

مسئله سی و سوم: مردی پنج پسر بگذاشت و یک کس را وصیت کرد، معادل نصیب پسر ششم اگر بودی إلا ثلث آنچه بماند از ثلث مال، بعد از این‌که وصیت را از ثلث مال کنار بگذارند. مال چقدر بوده است؟

مسئله سی و چهارم: دو نفر شریکند؛ سرمایه یکی از آن دو ۲۰ درهم و سرمایه دیگری مجهول است. با هم ۷ درهم سود کردند و مال دومی با سودش ۱۵ درهم شد. سرمایه او چقدر بوده است؟

...

مسئله سی و هشتم: عدد ۱۰ را دو قسمت کردیم. به یکی از قسمت‌ها جذرش را اضافه و از قسمت دیگر جذرش را کم کردیم و حاصل هر کدام با هم مساوی شد. مقدار هر قسمت چقدر است؟

مسئله سی و نهم: مردی مقداری از دو جنس به ۱۰ درهم خرید. یک من از جنس اول به ۲ درهم و یک من از جنس دیگر نیم درهم است. سپس هر یک از دو مقدار را به قیمت دیگری فروخت و یک درهم سود کرد. مقدار هر یک از دو جنس چقدر است؟

مسئله چهلم: اگر اعداد a و b مجذور باشند حاصل ضرب آن‌ها نیز مجذور است.

مسئله چهل و یکم: اگر اعداد a و b مجذور باشند حاصل تقسیم آن‌ها نیز مجذور است.

مسئله چهل و دوم: دو عدد AB و BG مجذور است و مجموع آن‌ها، AG است. عدد مجذور DZ را به دو قسمت DE و EZ و به نسبت AB و BG تقسیم می‌کنیم. در این صورت DE و EZ هم مجذورند.

مسئله چهل و سوم: پاره خط $m.a + m.b + m.c + \dots + m.z = m.(a + b + c + \dots + z)$ را در نقطه G دو قسمت می‌کنیم. از طرف A و B دو عدد مساوی AD و BE را اضافه می‌کنیم به طوری که دو عدد DG و GE مجذور می‌شوند. مقدار AD و AG چقدر است؟

منابع

- بیرونی، ابوریحان، التفهیم، تصحیح جلال‌الدین همایی، تهران، نشر هما، ۱۳۶۷ ش.
- همو، راشیکات الهند، تصحیح و تحقیق محمد مهدی کاوه یزدی، تهران، میراث مکتوب، ۱۳۸۹ ش.
- دانش پژوه، محمد تقی، فهرست نسخه‌های خطی کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران، ج ۸، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۳۹ ش.
- همو، و ایرج افشار، با همکاری محمد باقر حجتی و احمد منزوی، فهرست کتاب‌های خطی کتابخانه ملی ملک، ج ۵ و ۶، مشهد، آستان قدس رضوی، ۱۳۶۳ و ۱۳۶۶ ش.
- همو، و ایرج افشار، نشریه کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران (درباره نسخه‌های خطی)، دفتر چهارم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۴۴ ش.
- همو و ایرج افشار، فهرستواره کتابخانه مینوی، تهران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۷۳ ش.
- درایتی، مصطفی، فهرستواره دست‌نوشته‌های ایران، ج ۴، تهران، کتابخانه مجلس، ۱۳۸۹ ش.
- سمرقندی، حسین بن ابراهیم، قانون سنجری، نسخه شماره ۱۲۲۳۷ آستان قدس رضوی.

همو، فی استخراج المسائل العددية، نسخه‌های شماره ۳۱۸۳/۴ و ۶۴۰/۹ کتابخانه ملک.
طهرانی، شیخ آقا بزرگ، الذریعة إلی تصانیف الشيعة، ج ۲۰، چاپ دوم، بیروت، دار الأضواء،
بی تا.

عرفانیان، غلامعلی، فهرست کتب خطی کتابخانه مرکزی آستان قدس رضوی، ج ۱۰، مشهد،
آستان قدس رضوی، ۱۳۶۲ ش.

قربانی، ابوالقاسم، زندگینامه ریاضیدانان دوره اسلامی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۵ ش.
مصاحب، غلامحسین، حکیم عمر خیام به عنوان عالم جبر، تهران، انجمن آثار ملی،
۱۳۳۹ ش.

منزوی، احمد، فهرستواره کتاب‌های فارسی، ج ۴، چاپ دوم، تهران، مرکز دائرة المعارف بزرگ
اسلامی، ۱۳۸۲ ش.

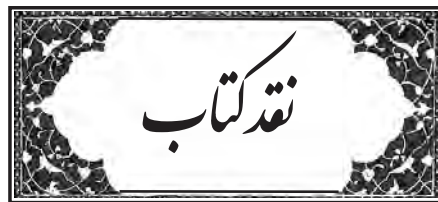
منزوی، احمد، فهرست نسخه‌های خطی فارسی، ج ۱، تهران، مؤسسه فرهنگی منطقه‌ای،
۱۳۴۸ ش.

هیث، تامس ال، اصول اقلیدس، ترجمه محمد هادی شفیعیها، تهران، مرکز نشر دانشگاهی،
۱۳۸۷ ش.

Brockelmann, Carl.: *Geschichte der arabischen Litteratur*, Suppl. I, Brill, 1937.
Krause, Max.: *Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker, Quellen
und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Abteilung B,
Studien, Berlin, 1936.

Storey, C. A.: *Persian Literature*, vol. II, part I, London, 1958.





زندگی نامه علمی دانشمندان اسلامی

جلد دوم، ویراستاران: غلامحسین صدری افشار و محمد باقری؛ ۲۹۴ صفحه،
انتشارات علمی و فرهنگی، تهران، ۱۳۹۵ ش

حنیف قلندری^۱



بیشتر پژوهشگران تاریخ علم با مجموعه دانشنامه‌ای *Dictionary of Scientific Biography* آشنا هستند و حتماً در پژوهش‌های خود به آن مراجعه کرده‌اند. این مجموعه نوعی نوشته تاریخ علمی است که به ترتیب الفبایی مرتب شده است و بر پایه نام مشهور دانشمندان می‌توان در آن جستجو کرد. مقالات این دانشنامه شامل اطلاعات ارزشمندی درباره زندگی دانشمندان و کارنامه علمی آن‌هاست. در این دانشنامه تنها به دانشمندان علوم مدرن (منظور، علوم پس از قرن هفدهم میلادی است) توجه نشده است و از دانشمندان اعصار باستان و سده‌های میانه، از جمله تعدادی از مشهورترین دانشمندان اسلامی، نیز یاد شده است. این

مجموعه در فاصله سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۶ در ۱۴ مجلد در آمریکا منتشر شد. جلد‌های ۱۵ و ۱۶ که مشتمل بر نمایه‌ها و ضمایم هستند در ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۰ منتشر شدند. در ۱۹۸۱ این ۱۶ جلد در قالب ۸ جلد و به صورت یک‌جا منتشر شدند. در ۱۹۹۰ دو جلد دیگر نیز به عنوان ضمیمه به این مجموعه افزوده شد تا تعداد مجلدات آن به ۱۸ برسد و در ۲۰۰۸ تکمیل‌ای با عنوان

۱. عضو هیئت علمی پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران، hanif.ghalandari@gmail.com

New Dictionary of Scientific Biography منتشر شد که در آن برخی اطلاعات موجود در ویرایش‌های نخست اصلاح شده است و شرح حال برخی دانشمندان دیگر بدان افزوده شده است. در میانه دهه ۶۰ هجری شمسی گروهی از مترجمان در ایران به سرپرستی مرحوم احمد بیرشک شروع به ترجمه مقالات این مجموعه و چاپ آن با عنوان زندگی‌نامه علمی دانشوران کردند.



نخستین مجلد از این ترجمه در ۱۳۶۶ شمسی منتشر شد و این تلاش همچنان ادامه دارد و تا کنون پنج مجلد از آن منتشر شده است.^۱ یک سال پیش از انتشار نخستین مجلد از زندگی‌نامه علمی دانشوران، تعدادی از مقالات مربوط به دانشمندان اسلامی در قالب مجموعه‌ای با عنوان زندگی‌نامه علمی دانشمندان اسلامی تحت سرپرستی حسین معصومی همدانی توسط شرکت انتشارات علمی و فرهنگی منتشر شدند. روی جلد کتاب نوشته شده است «بخش اول؛ ابراهیم بن سنان-حنین بن اسحاق» و نام مترجمان نیز در ادامه آمده است: احمد آرام، احمد بیرشک، بهاءالدین خرمشاهی، کامران فانی و فاضل لاریجانی. ویراستار در مقدمه خود بر این مجلد وعده جلد دوم آن را داده بود و اینکه



جلد دوم «دارای یک فهرست راهنمای تفصیلی و واژه‌نامه‌ای مشتمل بر معادل‌های برخی واژه‌ها و توضیح برخی از اصطلاحات علمی خواهد بود...» اما بخش دوم این کتاب به دلایل نامعلوم تا سال‌ها منتشر نشد. اینک، بعد از گذشت ۳۰ سال، بخش دوم کتاب به سرپرستی غلامحسین صدری افشار و محمد باقری منتشر شده است. این بار مترجمان، نه آن مترجمان نام‌آشنای سال‌های دور، بلکه گروهی از محققان جوان و عمدتاً دانش‌آموختگان رشته تاریخ علم و فعالان این حوزه در ایران هستند.^۲ هر چند روی جلد درج شده است که این کتاب جلد دوم زندگی‌نامه علمی

۱. برای اطلاعات بیشتر درباره تاریخچه این دانشنامه و داستان ترجمه فارسی آن نگاه کنید به مقاله «سخنی در باب فرهنگ‌نویسی، نگاهی به ترجمه فارسی زندگی‌نامه علمی دانشوران» نوشته آرشد ظریف در فصلنامه نقد کتاب علوم محض و کاربردی، سال اول، شماره ۳ و ۴، پاییز و زمستان ۱۳۹۳، ص ۲۰۵-۲۷۲.

۲. البته در انتهای مقالاتی که از زندگی‌نامه علمی دانشوران در اینجا آمده‌اند، نام مترجمان قدیمی آمده است. برای مثال احمد بیرشک برای

دانشمندان اسلامی است اما در ذکر نام افراد آمده است «ابراهیم بن سنان- یعقوب بن طارق». غلامحسین صدری افشار در مقدمه توضیح داده است که تعدادی از عنوان‌هایی که یا در جلد پیشین چاپ شده بودند یا در زندگی‌نامه علمی دانشوران پیش‌تر منتشر شده بودند، در اینجا «با اندکی تغییرات» نقل شده‌اند. چون تعداد این مقالات بسیار اندک است، شاید از این بابت بهتر بود که روی جلد نام «ابراهیم بن سنان» نوشته نمی‌شد و به جای آن از اولین نفر بعد از «حنین بن اسحاق» نام برده می‌شد. مورد دیگری که درباره این جلد دوم قابل تأمل است و می‌توان آن را خرده‌ای بر کتاب دانست، آن است که اطلاعات کتاب‌شناختی مقالات حذف شده‌اند. در مقدمه ویراستار آمده است: «از آنجا که این ترجمه برای مطالعه کنندگان به زبان فارسی است، ذکر منابع و ارجاعات به زبان‌های دیگر بی‌مورد به نظر می‌رسد...» این احتجاج ویراستار را نمی‌توان پذیرفت چون این کتاب صورتی دانشنامه‌ای دارد و دانشنامه‌ای که از ارجاع عاری باشد قابل اعتماد نیست. در جلد نخست این مجموعه، اطلاعات کتاب‌شناسی، بر اساس اصل انگلیسی کتاب، به‌طور کامل آمده‌اند، حتی تفکیک میان آثار اصلی و آثار فرعی که در اصل کتاب لحاظ شده است در ترجمه‌ها در نظر گرفته شده و در اطلاعات کتاب‌شناسی آمده است، حال آنکه در جلد دوم نه تنها خبری از این اطلاعات نیست بلکه بعضاً به منابع دست دوم دیگری ارجاع داده شده است. برای مثال درباره بعضی از عنوان‌ها به مقاله‌های دانشنامه‌های دیگری مانند دایرةالمعارف بزرگ اسلامی یا دانشنامه جهان اسلام ارجاع داده شده است که به احتمال بسیار نویسندگان آن مقاله‌ها در کار خود از زندگی‌نامه علمی دانشوران استفاده کرده‌اند و این‌طور ارجاع دادن برای خواننده مفید نخواهد بود. اینکه اگر کسی بخواهد از منابع به زبان‌های دیگر اطلاع پیدا کند، اصل کتاب را به زبان انگلیسی خواهد خواند به زعم نگارنده، که خود از مترجمان مقاله‌های کتاب است، نمی‌تواند راهگشا باشد. مخاطبان اصلی این کتاب دانشجویان تاریخ علم هستند که به‌واسطه مطالعه این مقاله‌ها با ادبیات تحقیق در رشته خود آشنا می‌شوند، بنابراین حذف منابع جز خلل در آموزش آن‌ها نتیجه‌ای به بار نخواهد آورد.

در پایان آنکه حتی مقایسه نام مترجمان جلد نخست و جلد اخیر این نتیجه را به دست می‌دهد که شاید بتوان با جستجو اشتباهات ترجمه در این مجلد یافت، اما در مجموع ترجمه‌ها روان و قابل استفاده هستند. به هر صورت پس از انتشار این جلد دوم، اکنون همه مقاله‌های مربوط به دانشمندان اسلامی در زندگی‌نامه علمی دانشوران به زبان فارسی در اختیار

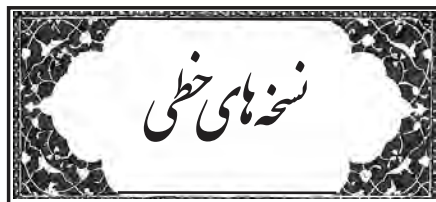
مقاله‌های ابن عزرا و اسحاق اسرانیلی، فریبرز مجیدی برای مقاله خوارزمی و محمد هادی شفیعیها برای مقاله‌های خوارزمی، محمد بن موسی و خیام.

محققان است و این برای دانشجویان تاریخ علم و علاقمندان به تاریخ علم در ایران بسیار ارزشمند است.

منابع

زندگی نامه علمی دانشمندان اسلامی، بخش اول (ابراهیم بن سنان-حنین بن اسحاق)، ویرایش حسین معصومی همدانی، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۶۵ ش.
زندگی نامه علمی دانشمندان اسلامی، جلد دوم (ابراهیم بن سنان-یعقوب بن طارق)، ویراستاران: غلامحسین صدری افشار و محمد باقری، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۹۵ ش.





نسخه‌های فارسی در مؤسسه دست‌نوشته‌های شرقی پترزبورگ*

بوریس نوریک^۱
ترجمه محمد باقری^۲



بوریس نوریک

با تأسیس «موزه آسیایی» در سال ۱۸۱۸ میلادی به‌عنوان مرکزی برای گردآوری انواع منابع مربوط به پژوهش‌های خاورشناسی، جمع‌آوری نسخه‌های خطی شرقی در روسیه آغاز شد. هسته اولیه مجموعه اسلامی موزه آسیایی، چند صد نسخه خطی بود که اکنون تشخیص آن‌ها در میان کل نسخ موجود دشوار است. بنیادگذاران موزه تصمیم گرفتند این مجموعه را سریعاً از لحاظ تعداد و کیفیت ارتقا دهند. در سال ۱۸۱۹ اولین بخش از مجموعه ژ. ب. روسو (۱۷۸۰-۱۸۳۱) کنسول فرانسه در بغداد، حلب و دمشق برای موزه خریداری شد که از کل ۵۰۰ نسخه آن ۱۶۹ نسخه فارسی بود. بخش دوم همان مجموعه در سال ۱۸۲۵ خریداری شد که شامل ۲۰۰ نسخه بود. مجموعه روسو شامل نسخه‌های خطی فوق‌العاده نفیس و کمیاب بود.

از آن پس، آهنگ رشد مجموعه کند شد و در ۵۰ سال بعد تعداد نسخه‌ها حتی دو برابر نشد. جهش بعدی در ورود نسخه‌های خطی اسلامی به موزه در فاصله سال‌های ۱۸۸۰ و ۱۹۱۷ در اثر

* به خواننده علاقمند توصیه می‌شود برای اطلاع از فهرست‌های موجود درباره سایر مجموعه‌های نسخ خطی عربی و فارسی پترزبورگ مراجعه کند به:

«فهرست‌های انستیتوی شرق‌شناسی لنینگراد»، آکیموشکین و بورشچوفسکی، پیوست مقاله «مأخذ کتابشناسی نسخ خطی فارسی»، ترجمه کریم کشاورز، نشریه کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران درباره نسخه‌های خطی، ج ۳، ۱۳۴۲، زیر نظر محمدتقی دانش‌پژوه و ایرج افشار، ص ۲۸۹-۲۹۵.

۱. مؤسسه دست‌نوشته‌های خاوری، فرهنگستان علوم روسیه (پترزبورگ) boris.norik@mail.ru

۲. تاریخ‌نگار ریاضیات و اخترشناسی mohammad.bagheri2006@gmail.com

پیوستن آسیای مرکزی و قفقاز به روسیه رخ داد. بیشترین دریافتی‌ها مجموعه‌های موسوم به «بخارا» و «وان» بود. نسخه‌های بخارا را و. ایوانف فراهم کرد که طی دو سفرش به بخارا تقریباً هر چه را که دید خرید. ایوانف در سال ۱۹۱۵، ۱۰۵۷ نسخه و در سال ۱۹۱۶، ۷۷ نسخه خریداری کرد. مجموعه «وان» شامل نسخه‌های گردآمده در جبهه قفقاز در سال‌های ۱۹۱۷ و ۱۹۱۸ و شامل ۱۲۷۹ نسخه بود.

مرحله مهم بعدی، دوره شوروی در تاریخ روسیه (۱۹۱۷-۱۹۹۱) بود که ضمن آن تعداد نسخه‌های خطی اسلامی تقریباً دو برابر شد و صورت نسبتاً کامل خود را یافت. ارزشمندترین این نسخه‌ها مربوط به مجموعه پولووتسوف و مجموعه دفتر آموزش آسیایی وزارت خارجه (مجموعه ۵۵۸ نسخه) و بقیه عمدتاً نسخه‌هایی بود که «کمیسون باستان‌نگاری» از مناطق مختلف اتحاد شوروی گردآورده بود. با تأسیس مراکز نسخ خطی در جمهوری‌های شوروی، روند انتقال دست‌نوشته‌ها به پترزبورگ کند شد.

اکنون نسخه‌های خطی گاه‌وبیگاه به مؤسسه می‌رسد. در حال حاضر، مؤسسه دارای ۱۰۲۹۵ نسخه اسلامی است که نسخه‌های فارسی (۳۲۴۲ نسخه) بین آن‌ها از لحاظ تعداد، مقام دوم را دارد. فهرست کلی ۹۹ در صد نسخه‌های فارسی و فهرست توصیفی ۲۵ در صد آن‌ها تهیه شده است (یک جلد «فهرست کلی» و ۹ جلد «فهرست توصیفی» وجود دارد ← پایان مقاله). از لحاظ تاریخی، نسخه‌های خطی تمامی دوره فرهنگی ایرانی اسلامی را در بر می‌گیرند. کهن‌ترین نسخه السامی فی الاسامی با تاریخ کتابت ۵۳۷ قمری (به شماره B 523) و متأخرترین نسخه مخمس زیر تیغ از عبدالرحمان مشفق شاعر بخارایی با تاریخ کتابت ۱۳۵۵ قمری (۱۳۱۵ ش) (به شماره B 4873) است. از لحاظ موضوع، همه انواع نوشتارهای فارسی، از علوم قرآنی تا شعر، بین آن‌ها وجود دارد.

یکی از بزرگترین و جالب‌ترین مجموعه‌ها، گروه نسخه‌های با موضوع تاریخ است. یک اثر بسیار جالب توجه، نسخه مصور نفیسی از خلاصه الاخبار فی بیان احوال الاخیار غیاث‌الدین خواند میر با تاریخ کتابت ۹۹۰ قمری (به شماره D 76)، از مجموعه باقی خانف، ۱۸۵۲) و اثر جالب دیگر نسخه‌ای از جلد اول و دوم حبیب السیر فی احوال افراد البشر از همان مؤلف با تاریخ کتابت ۹۳۰ قمری (به شماره D 77)، از مجموعه ه. همکر، ۱۸۳۵) است. مجموعه زندگینامه‌ای ارزشمندی از تاریخ آل شبان با عنوان مسخر البلاد اثر محمد یار کتگن (به شماره C 465) هم بسیار مهم است. همچنین است تحریر دوم اثری درباره تاریخ عمومی با عنوان مجمع الانساب به خط مؤلف آن محمد شبانکاره‌ای با افزوده‌هایی از غیاث‌الدین فریومدی با تاریخ کتابت ۷۳۸ قمری (به شماره C 372، مجموعه لرخ، ۱۸۵۹).

از زندگینامه‌های شاعران (تذکره‌ها) می‌توانیم نسخه‌ ارزشمندی از تحریر دوم اثری درباره شاعران آسیای مرکزی با عنوان مذكر الاصحاب اثر ملیحای سمرقندی^۱ با تاریخ کتابت ۱۲۶۳ قمری (به شماره D 710) و همچنین نسخه مصور نفیسی از تذکره آشکده اثر لطفعلی بیگ آذر با تاریخ کتابت ۱۲۱۲ قمری (به شماره B 113، از مجموعه روسو) را نام ببریم.

مجموعه چشمگیری هم از نسخه‌های شامل آثار شاعران فارسی‌گو وجود دارد. در این میان شاهنامه فردوسی جایگاه ویژه‌ای دارد: تقریباً در همه ۱۳ نسخه موجود از آن مینیاتورهایی دیده می‌شود (بیشترین تعداد ۱۴۳ مورد در نسخه نسبتاً متأخری با تاریخ کتابت ۱۱۳۸ قمری به شماره D 377 و همچنین ۷۴ مورد در نسخه به شماره C 822). کهن‌ترین شاهنامه تاریخ‌دار با تاریخ کتابت ۸۴۹ قمری در یزد کتابت شده و حاوی ۲۹ مینیاتور است (به شماره C 1654). یک شاهکار بی‌نظیر نسخه مصور نفیسی از خسرو و شیرین نظامی گنجوی است که به خط نستعلیق ریز جعفر بن علی بایسنقری به سال ۸۲۴ در هرات کتابت شده است (به شماره B 132). یکی از گهرهای مجموعه خطی مؤسسه نسخه‌ای از شعر فرهاد و شیرین وحشی بافقی است که در سال ۱۲۸۴ قمری کتابت شده است (به شماره A 910). این نسخه با تذهیب فوق‌العاده زیبا و سه مینیاتور، نمونه درخشانی از آثار خطی دوره قاجار است.

بین نسخه‌های تازه دریافت شده، نسخه کاملی از اثری منظوم در داروشناسی با نام فوائد الانسان تألیف حکیم عین الملک، با تاریخ کتابت ۱۱۷۲ قمری (به شماره B 4919) وجود دارد.

در پایان، برخی از گهرهای واقعی مجموعه را ذکر می‌کنیم. مهم‌تر از همه با عنوان «مرقع سن‌پترزبورگ» یکی از آثار منحصر به فرد مؤسسه است که در قرن ۱۲ هجری تهیه شده و از سال ۱۹۲۱ در موزه آسیایی بوده است (به شماره E 14). این مرقع به صورت جُنگی شامل نمونه‌هایی از نقاشی‌های مینیاتور مکتب مغول و مکتب اصفهان (سده‌های ۱۰ تا ۱۲ هجری) و همچنین نمونه‌های خوشنویسی (قطعه) از میرعماد حسنی (۹۵۸-۱۰۲۴ ق) خوشنویس دربار صفوی است.

از این مرقع ۹۸ برگ در مؤسسه نگهداری می‌شود و ۲ برگ دیگر آن در موزه تاریخ دین است. مرقع دیگری در مؤسسه وجود دارد به نام «مرقع کوچک» که شامل ۳۷ مینیاتور از مکتب‌های مغول، دکن و اصفهان و همچنین ۸ نمونه خوشنویسی است (به شماره D 181).

دو گهر حقیقی مجموعه، دو «جُنگ» آن است. اولی نسخه‌ای با تذهیب و تصاویر زیبا اثر خوشنویس برجسته میرعلی هروی (و ۹۵۱ ق) شامل گزیده‌ای از اشعار ۱۱ شاعر فارسی‌گو با

۱. این متن به کوشش محمد تقوی در سال ۱۳۹۱ از سوی کتابخانه، موزه و مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی در تهران منتشر شده است. - م

تاریخ کتابت ۹۳۵ قمری (به شماره C 860) است. جنگ دوم به نام «گلشن» (به شماره E 12) به خاطر قطع و حجم چشمگیرش معروف است (۶۸ × ۴۸/۵ سانتی متر، ۴۵۹ برگ) و نمونه گزیده مصوری در ابعاد بزرگ از آثار شاعران سده‌های سوم تا دوازدهم هجری به زبان‌های فارسی، گیلکی، گورانی، لاری، پشتو و هندی است. این جنگ را شاعری به نام محمد کاظم بن محمد رضا مهجور در سال ۱۱۹۹ قمری تنظیم و تحریر کرده است.

آنچه برشمردیم تنها نمونه‌های اندکی از مجموعه ارزشمند و جالب توجه مؤسسه دست‌نوشته‌های شرقی است که بی‌گمان در ردیف عظیم‌ترین گنجینه‌های اروپایی قرار دارد.

فهرست‌ها:

- فهرست نسخه‌های خطی فارسی انستیتوی خاورشناسی (ملل آسیایی) فرهنگستان علوم روسیه، به اهتمام ا. ف. آکیموشکین و دیگران، فهرست مختصر الفبایی زیر نظر ن. د. میکلوخوماکلای، ترجمه عارف رمضان، سازمان مدارک فرهنگی انقلاب اسلامی، تهران، ۱۳۷۵.

- فهرست توصیفی نسخه‌های خطی فارسی و تاجیکی مؤسسه ملل آسیایی (به روسی)، جلد ۱: جغرافیا (۱۹۵۵)؛ جلد ۲: زندگینامه‌ها (۱۹۶۱)؛ جلد ۳: تاریخ (۱۹۷۵)؛ جلد ۴: فرهنگ‌های فارسی (۱۹۶۳)؛ جلد ۵: فرهنگ‌های دوزبانه: (۱۹۶۸)؛ جلد ۶: فولکلور (۱۹۸۱)؛ جلد ۷: داستان (۱۹۸۰)؛ جلد ۸: داستان (۱۹۷۹)؛ جلد ۱۰: دیوان شعر، آلبوم (۱۹۹۳).

منابع دیگر:

سرگی تورکین، «چند دست‌نوشته فارسی در نجوم و احکام نجوم از مجموعه مؤسسه خاورشناسی پترزبورگ» (به روسی)، در نشریه خاورشناسی پترزبورگ، شماره ۹ (۱۹۹۷)، ص ۴۱۴-۴۳۴ (بنگرید به پیوست).

محمد باقری، «دست‌نوشته‌ای از شعرهای گیلکی در سن‌پترزبورگ»، گیله‌وا، سال ۲۰، شماره پیاپی ۱۱۷، آذر و دی ۱۳۹۰، ص ۱۰-۱۲.

پیوست

عناوین دست‌نوشته‌های معرفی شده در مقاله سرگی تورکین (مذکور در بالا) بدین قرارند:

۱. کشف الحقائق زیج ایلخانی، حسن بن محمد نیشابوری قمی.
۲. زیج الغیبیگ.
۳. شرح زیج الغیبیگ از مؤلف نامعلوم.
۴. تسهیل زیج [الغیبیگ]، عمادالدین بن جلال‌الدین بخاری.



۵. کارنامه صاحبقران ثانی زیج شاهجهانی، فریدالدین مسعود بن حافظ ابراهیم دهلوی.
۶. بیست باب در معرفت اسطرلاب، نصیرالدین طوسی.
۷. شرح بیست باب در معرفت اسطرلاب، نظام‌الدین عبدالعلی بیرجندی.
۸. شرح بیست باب در معرفت اسطرلاب، محمد بن سلیمان برسوی مشهور به افه‌زاده.
۹. شرح بیست باب در معرفت اسطرلاب، محمد حسینی مشهور به سید منجم.
۱۰. رساله فی الربع میرم چلبی.
۱۱. مختصر در معرفت عمل بریج شکازی.
۱۲. رساله در معرفت عمل بریج جامعه.
۱۳. مهذب در عمل بریج مجیب.
۱۴. رساله مختصر و مفید در احکام عالم و موالید، ابومعشر جعفر بن محمد بن عمر بلخی.
۱۵. رساله مختصر در احوال و احکام قرانات، ابومعشر.
۱۶. مسائل ابومعشر بلخی در اسطرلاب.
۱۷. احکام دوازده برج، ابومعشر.
۱۸. ساعت‌نامه، ابومعشر.
۱۹. الاحکام العلانیة من الاعلام السمائیة، فخرالدین ابوعبدالله محمد بن عمر بن حسین بن خطیب رازی.
۲۰. السرّ المکتوم فی مخاطبة النجوم، فخرالدین رازی.
۲۱. رساله در علم هیئت، علی قوشچی.
۲۲. کتاب استخراج اندر طلب عمر و هیلاجات، محمد بن ایوب طبری.
۲۳. اختیارات مظفری، قطب‌الدین محمد بن مسعود شیرازی.
۲۴. احکام قرانات، ایرانشاه بن علی نیشابوری.
۲۵. شرح مدخل منظوم در علم نجوم، حبیب‌الله بن محمد طبیب.
۲۶. لوائح قمر، حسین بن علی بیهقی.
۲۷. کتاب ملحمه، ابوالفضل حبیب بن ابراهیم بن محمد تفلیسی.
۲۸. چند رساله در تقویم.



سارتن و میراث اسلامی^۱

سامی حمارنه^۲

ترجمه غلامحسین صدری افشار^۳



من اول بار در پاییز سال ۱۳۳۵/۱۹۵۶، بلافاصله بعد از آن که تاریخ علم (علوم داروپزشکی) را به عنوان رشته تحصیل دانشگاهی خود برگزیده بودم با کتاب مقدمه بر تاریخ علم جورج سارتن آشنا شدم. از آن پس این کتاب برایم مرجع گران بهایی در همه پژوهش های علمی ام در تمدن اسلامی، همچنین تمدن لاتینی بوده است. از آن پس اغلب در کتاب ها و مقالاتم از آن بهره ها برده ام. ولی متأسفانه هرگز مؤلف آن را ندیدم، چون سارتن در ۲۲ مارس/۲ فروردین همان سال در شهر کمبریج ایالت ماساچوست آمریکا درگذشته بود.

پیش از آنکه تحصیل دانشگاهی را در تابستان سال

۱۹۵۸ به انجام رسانم، بیشتر آثار سارتن را خوانده بودم، به ویژه آنچه را که به دوره اسلامی و انتقال معلومات به غرب مربوط می شد. از اوایل دهه ۱۹۶۰ پرونده ای برای جورج سارتن گشودم و مطالب پراکنده مربوط به او را در آن گرد می آوردم. به خود می گفتم، دینی را که نسبت به این مرد دارم روزی خواهم نوشت. تا اینکه در سال ۱۹۷۷ مقدمه بر تاریخ علم تجدید چاپ شد.

1. Sami Kh. Hamarneh, "Sarton (1884-1956) and the Arabic-Islamic Legacy", *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 1, no. 2, Nov. 1977, pp. 299-315.

۲. سامی خلف حمارنه (اردن ۱۹۲۵-آمریکا ۲۰۱۰) دارای دانشنامه دکترا در تاریخ دارو پزشکی از دانشگاه دمشق و جورج واشینگتن، استاد دانشگاه های جورج واشینگتن، ویسکانسین، دمشق و غیره، مؤلف کتاب های در تاریخ پزشکی و دارو پزشکی و فهرست این گونه آثار.

۳. تاریخ نگار علم، فرهنگ نویس، مترجم، ویراستار میراث علمی.

جلد اول این کتاب تحت عنوان از هومر تا عمر خیام (۱۱ + ۸۳۹ صفحه) در ۱۹۲۷/۱۳۰۶ منتشر شد، که ۲۰ قرن (از سده ۹ پیش از میلاد تا سده ۱۱ میلادی) را دربر می‌گیرد. جلد دوم در دو بخش از ابن عزرا تا راجر بیکن (۳۵ + ۱۶ + ۱۲۵۶ صفحه) در سال ۱۳۱۰/۱۹۳۱ منتشر شد که تنها سده‌های ۱۲ و ۱۳ را شامل می‌شود. جلد سوم باز در دو بخش تحت عنوان علم و اندیشه علمی در سده چهاردهم (۳۵ + ۱۱ + ۲۱۵۵ صفحه) در سال ۱۳۲۸/۱۹۴۹ منتشر شد.

زندگینامه جورج سارتن

جورج آلفرد لئون سارتن^۱ در ۳۱ ماه اوت ۱۸۸۴/۹ شهریور ۱۲۶۳ در شهر گنت^۲ (گان) بلژیک به دنیا آمد. او در چند ماهگی مادرش را از دست داد. از آن پس، پدرش که مهندس راه‌آهن بود، تربیت او را به‌تنهایی به عهده گرفت و پس از چندی او را به مدرسه شبانه‌روزی فرستاد. سارتن با شوخ‌طبعی به اعمال ناروا و ابتذال واکنش نشان می‌داد و با ضعفا و رنج‌دیدگان همدردی می‌کرد. او با تکرار عبارت «در خانه پدرم» اغلب، آن روزها را به یاد می‌آورد (بعدها دخترش تحت این عنوان مقاله و کتاب نوشت).

سارتن در شانزده سالگی تحصیلات دبیرستانی را به پایان رساند و وارد دانشگاه شد. در بیست و یک سالگی تصمیم گرفت «برای شناخت بهتر زندگی» دوره تحصیلات تکمیلی را بگذراند. به‌زودی نبوغ چشمگیر او در سطح ملی مورد توجه قرار گرفت و در سال ۱۹۰۸ از چهار دانشگاه در رشته شیمی نشان طلا دریافت کرد. با اینکه پدرش یک سال بعد درگذشت، او به تحصیلاتش ادامه داد و در سال ۱۹۱۱ در رشته ریاضیات و مکانیک سماوی به دریافت درجه دکترا نایل شد. در طی همین سال بود که سارتن درباره کار آینده‌اش تصمیم گرفت. او می‌گوید: «بلافاصله پس از دریافت دانشنامه دکتری هدف زندگی‌ام مشخص شده بود.... بیان پیشرفت علم در طی اعصار و در سراسر جهان؛ رشد آگاهی انسان از طبیعت و از خودش». او بر آن شد تا هدفش را با دو وسیله تحقق بخشد:

۱. تأسیس مجله‌ای بین‌المللی ویژه فلسفه و تاریخ علم و اثرات فرهنگی آن. این هدف با انتشار ایسیس^۳ مجله ویژه تاریخ و سازمان علم تأمین شد.
۲. تألیف کتاب راهنمایی همراه با اطلاعات کتاب‌شناسی برای ثبت و مستندسازی مطالب اصلی تاریخ علم و تسهیل مطالعات بعدی از طریق انتشار مقدمه بر تاریخ علم از آغاز فرهنگ یونانی تا سال ۱۹۰۰ در طی ۱۰ سال و در سه جلد.

1. George Alfred Leon Sarton
2. Ghent
3. /s/s



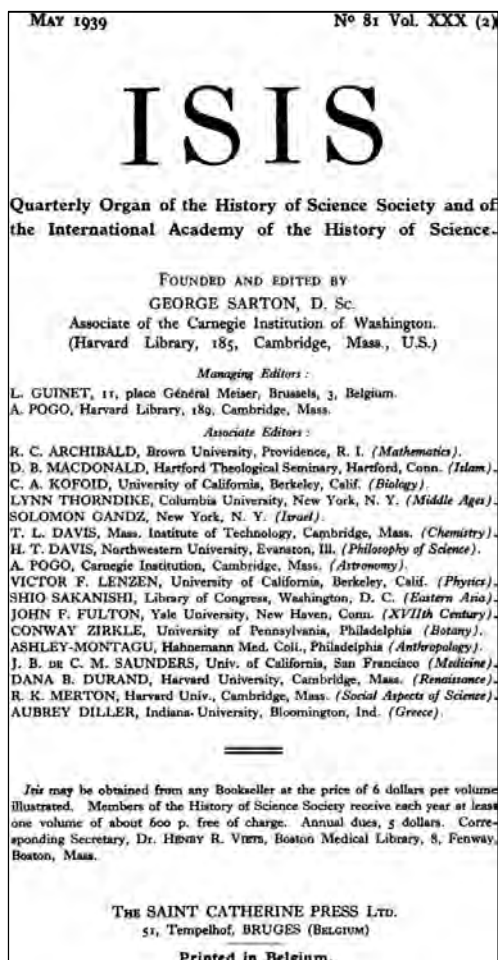
سارتن اندکی بعد از فراغت از تحصیل با (النور) میبل جرواس الوس^۱ دختر یک مهندس انگلیسی ازدواج کرد، که دختری هنرمند، طراح تزیینات داخلی و نقاش بود. حاصل این ازدواج دختری بود به نام می متولد سال ۱۹۱۲ که بعدها شاعر معروفی شد و پسری به نام هیو آلفرد متولد سال ۱۹۱۷ که در خردسالی درگذشت. در همان سال ۱۹۱۲ مجله ایسیس تأسیس شد و نخستین شماره اش در ماه مارس ۱۹۱۳/ فروردین ۱۲۹۲ انتشار یافت.

سارتن در مورد همسرش، که یار وفادار و الهام بخش، مشوق و دوست شوهر خود در همه کارهایش بود، به شوخی می گفت «مادر آن دوقلوهای غریب و معصوم». با مرگ او در سال ۱۹۵۰ گویی بخشی از زندگی سارتن خلل پذیرفت «چون خانه قلبش را از دست داده بود.»

ایسیس و مقدمه بر تاریخ علم

دو کار خطیری که سخت مورد علاقه سارتن بود و تحقق آن رضایت خاطر او را فراهم می ساخت، انتشار ایسیس و تألیف مقدمه بر تاریخ علم بود که بیشترین وقت و نیروی خود را در همه سال های بعدی صرف آن ها ساخت. او از آغاز کار طوری برنامه ریزی کرده بود که این دو «در کنار هم پیش بروند». قصد آن بود که ایسیس حاوی جنبه های عام تاریخ علم و فرهنگ باشد، یعنی یافته های پژوهش، اخبار، مقالات، پرسش و پاسخ ها، بررسی کتاب و کتاب شناسی انتقادی سامانمند. این نشریه به تاریخ علم به عنوان رشته دانشگاهی جدید روح، ابعاد و سازمان تازه ای بخشید- رشته ای که او برای ایجادش جانانه تلاش می کرد و پیشاهنگ آن بود؛ به طوری که پیش از آن که سارتن صحنه را ترک کند، تاریخ علم به عنوان یک رشته دانشگاهی در آمریکا و تعدادی از کشورهای دیگر کاملاً تثبیت شده بود.

1. (Eleanor) Mabel Gervase Elwes



سارتن در بهار سال ۱۹۱۲ به دانشمندان و به دوستانش در سراسر جهان نامه نوشت و تأسیس مجله ایسیس را به آنان اطلاع داد. علاوه بر این جزوه ای ۵۰ صفحه ای منتشر کرد و در آن هدف و دامنه کار نشریه را توضیح داد. وقتی به آمریکا پناهنده شد سخت نیازمند داشتن شغلی بود، ولی پیشنهاد مؤسسه رایس را برای تصدی شغل کتابداری نپذیرفت، چون مدیرانش نمی توانستند مسئولیت تأمین مخارج انتشار ایسیس را بپذیرند که او زندگی خود را وقف انتشارش ساخته بود.

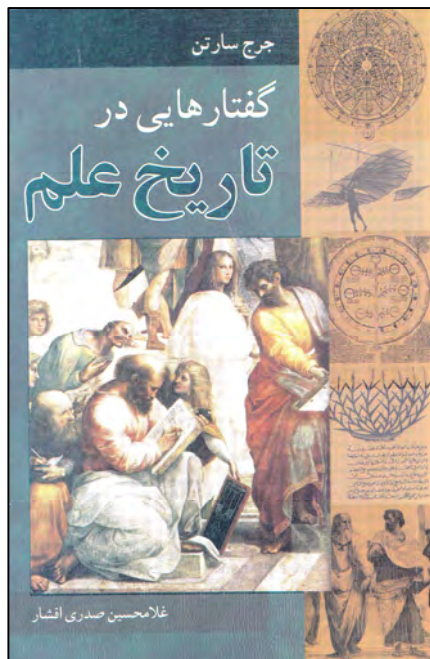
بی شک برای ایسیس و سردبیر آن، کارها به آسانی پیش نمی رفت. ولی به رغم مشکلات و ناکامی ها، پیام ایسیس روز به روز رساتر و آشکارتر شنیده می شد. با این حال، انتشار آن دو بار دستخوش فترت شد: بار اول در جریان جنگ جهانی اول از ژوئیه ۱۹۱۴ تا اوت ۱۹۱۹/تیر ۱۲۹۳ تا مرداد ۱۲۹۸ و بار دوم در جریان جنگ

جهانی دوم از ژوئیه ۱۹۴۰ تا ژانویه ۱۹۴۷/تیر ۱۳۱۹ تا دی ۱۳۲۵.

با شروع جنگ جهانی اول، سارتن ناگزیر شد کار علمی خود را در بلژیک تعطیل کند، یادداشت هایش را پنهان سازد و با خانواده اش از راه هلند به انگلستان و سرانجام به ایالات متحده آمریکا بگریزد (۱۹۱۵). او امیدوار بود در آمریکا مستقر شود و بتواند برای آرزوی بلند پروازانه تألیف کتابش حامیانی به دست آورد.

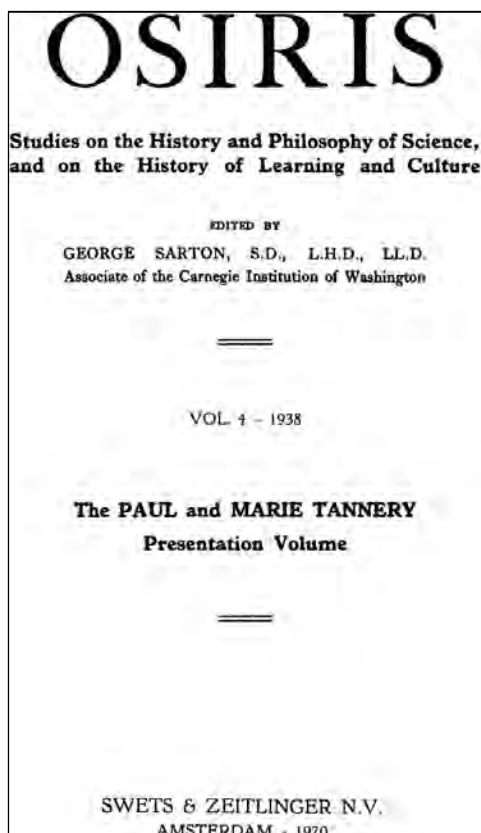
سارتن مدت کوتاهی در دانشگاه های ایلینوی، جورج واشینگتن و کلمبیا تدریس کرد تا آنکه در سال ۱۹۱۹ به خدمت دانشگاه هاروارد درآمد و تا زمان بازنشستگی در سال ۱۹۵۱ در آنجا به کار و تدریس پرداخت. او در سال ۱۹۴۰ به مقام استادی رسید و تا زمان وفاتش در ۲۲ مارس ۱۹۵۶ در شهر کمبریج ماساچوست اقامت داشت.

برای او با ارزش‌ترین مقام، عضویتش در مؤسسه تحقیقات بنیاد کارنگی در نیویورک بود (۱۹۱۹-۱۹۴۹)، که موجب انتشار سه جلد (پنج بخش) مقدمه بر تاریخ علم شد. در این میان، سارتن سال‌های تحصیلی ۱۹۲۱-۱۹۲۳ و ۱۹۳۱-۱۹۳۲ را در کشورهای اروپایی و در خاورمیانه به مسافرت پرداخت (و به تقویت زبان عربی خود توفیق یافت).



دومین رؤیای سارتن در ماه ژانویه ۱۹۲۴ هنگامی تحقق یافت که انجمن تاریخ علم در آمریکا تأسیس شد و دو سال بعد مجله ایسیس نشریه رسمی آن شد. گرچه انجمن از بدو تأسیس از مجله ایسیس پشتیبانی می‌کرد، در طی پنجاه سال سارتن بخش اعظم هزینه‌های روزافزون آن را از جیب خود می‌پرداخت. در سال ۱۹۵۲ پس از بازنشستگی از دانشگاه هاروارد، از این مسئولیت کناره گرفت و سردبیری مجله به افراد دیگری واگذار شد، ولی دیگر هرگز آن روحیه پدرانۀ سارتن را جلوه‌گر نساخت. باید گفت کار طاقت‌فرسای تألیف مقدمه بر تاریخ علم تنها بخش نخست برنامه وسیع‌تر و بلندپروازانه‌تر تاریخ علم تا پایان سده نوزدهم

بود، ولی تدارک مقدمات مورد نیاز برای ادامه کار چندان زیاد بود که سارتن مجبور شد در سده پانزدهم متوقف شود، چون عمر یک نفر برای آن اندازه از تحقیق علمی لازم برای تکمیل آن کفایت نمی‌کرد و برنامه‌ای که در نظر گرفته شده بود اجرایش کار یک نفر به‌تنهایی نبود و باید یک گروه یا چند نسل از محققان با تحصیلات دانشگاهی گوناگون آن را اجرا می‌کردند. خود سارتن می‌نویسد: «هم‌اکنون پیدا است که نمی‌توانم تحقیقاتم را از سده چهاردهم فراتر ببرم». بیان وسعت پژوهش‌های علمی او بسیار دشوار است. مثلاً توجه به منابع کار او تا ژانویه ۱۹۲۱ این وسعت را روشن می‌کند. او ۳۱۰۰ کتاب، ۴۰۰۰ جزوه و تئنگاری و تجدید چاپ و حدود ۴۱۰۰۰ برگه کتاب را بررسی کرده بود. در سال ۱۹۴۷ این تعداد به ۳۴۶۰ کتاب، ۱۳۵۰۰ جزوه و ۸۰۰۰۰ برگه و سایر مدارک بالغ می‌شد و این علاوه بر دسترسی به کتابخانه‌های دانشگاه هاروارد بود. استعداد فکری عظیم متناسب با دانش تخصصی سارتن را هم باید بر این‌ها افزود. سارتن بهترین سال‌های عمرش را وقف این کار ساخت. کار سخت و عاشقانه او علاقه به زمینه‌هایی را که به شدت فراموش شده



بودند، به‌طور وسیعی ترویج کرد و افزایش داد و تمدن بشری در دوره‌هایی که او بررسی کرد، برای اول بار تا حد ممکن به‌طور صحیح و دقیق بیان شد.

سارتن گردآوری مدارک برای تألیف مقدمه بر تاریخ علم را از سال ۱۹۱۲ در بلژیک آغاز کرد، ولی جنگ آن را هم مانند انتشار ایسیس دچار وقفه ساخت. خوشبختانه یادداشت‌هایی که او در یک جعبه فلزی دفن کرده بود، پنج سال بعد بازیافته شد و به دستش رسید. بدین ترتیب او توانست در سال ۱۹۲۱ برای تألیف مقدمه بر تاریخ علم از آن‌ها استفاده کند.

سارتن می‌گوید، دوستش آلدو میلی در سال ۱۹۱۵ در کیانچانو در نزدیکی سینا در ایتالیا خانه‌ای در اختیارش گذاشت و او می‌خواست این هدیه سخاوتمندانه را بپذیرد، ولی در آخرین لحظه روانه آمریکا شد. در

آمریکا علی‌رغم دشواری‌های زیاد وضع او در دانشگاه هاروارد و مؤسسه کارنگی تثبیت شد. تألیف جلد اول مقدمه ۹ سال طول کشید و دو هزاره را دربر می‌گرفت. سارتن درباره آن نوشت «نوعی شرط‌بندی که سرپایم را می‌لرزاند». سه سال بعد نسخه نهایی جلد دوم آماده شد. ولی برای آماده‌سازی جلد سوم ۱۷ سال وقت صرف شد. او در این کتاب هر دو روش ترکیبی و تحلیلی را در نظر گرفته بود. قصد آن بود که محققان هرچه دقیق‌تر وضع علم و آگاهی را در هر مقوله‌ای دریابند. این اثر گزارش کاملی از علم و فناوری در سده‌های میانه و یک‌پارچه شدن معلومات جمعی شرق و غرب را در یک ترکیب عرضه می‌کند.

۱۰۳ شماره ایسیس (در ۳۵ دوره)، همراه با ۶۷ کتاب‌شناسی انتقادی و ۲۰ دوره مجله اُسیریس^۱ در پایان سال ۱۹۴۷ منتشر شده بود، در حالی که سارتن به طنز می‌گفت «اگر سعی

1. *Osiris*

می‌کردم جلد چهارم را تألیف کنم ده تا پانزده سال (بلکه بیشتر) طول می‌کشید. این اقدام وسوسه‌برانگیزی است». ولی سارتن ۹ سال پس از نوشتن این مطلب درگذشت. او تصمیم گرفت باقی عمرش را صرف نوشتن آثار کوتاه‌تر (و کوچک‌تر) کند. او به کتاب‌های کوچک‌تری اندیشید، حاوی پژوهش‌هایش درباره تاریخ علم در اواخر سده‌های میانه، عصر نوزایی و اوایل عصر جدید. ولی در اینجا هم، در عین سال‌های پختگی، باز تأکید می‌کند: «قصدها همگی همه چیز را خود بیازمایم، تا از صحت و دقت آن مطمئن شوم».

اوج کار سارتن در سنین پیری، تاریخ علم بود، که جلد اول آن، عصر زرین یونان در زمان حیات او (در ۱۹۵۲) منتشر شد. ولی جلد دوم (از سال ۳۰۰ پیش از میلاد تا ۵۲۹ میلادی) در سال ۱۹۵۹ میلادی از سوی دو مؤسسه انتشارات دانشگاه‌های هاروارد و آکسفورد انتشار یافت، ولی مجلدات بعدی دیگر دیده نشد.^۱

سارتن و زبان عربی

یکی از مهم‌ترین وسیله‌ها، که سارتن همیشه می‌توانست به آن اتکا کند، این بود که او زبان‌دان برجسته‌ای بود. او با سه زبان فرانسوی، فلاندی و آلمانی بزرگ شد. علاوه بر این، هلندی، یونانی، عبری، لاتینی، ایتالیایی، اسپانیایی، پرتغالی، سوئدی و کمی چینی و ترکی می‌دانست و بیشتر آثارش به زبان انگلیسی بود. او می‌گوید «گشت و گذارم در خاورمیانه سبب شد تا عربی و زبان‌های دیگری را مطالعه کنم».

سارتن دریافته بود بدون کسب مهارت در فهم زبان قرآن برای درک تمدن اسلامی، هرگز نمی‌تواند از سده‌های میانه، که بیشتر عمرش را صرف پژوهش در آن کرده بود، تصویری واقعی به دست آورد. عجیب است که این هدف و قانع‌کننده‌ترین توجیهات، بسیاری از همکاران غربی او را ناخشنود و عصبانی می‌ساخت. آنان این را نه تنها انحراف از مسیر اصلی تمدن جهانی و علم پیشرو می‌دانستند، بلکه ائتلاف وقت گران‌بهای تلقی می‌کردند که می‌شد آن را صرف کار خیلی بهتری کرد. آنان او را به خاطر این «سنت‌شکنی» و این تفکر جدید هرگز نبخشیدند، به‌ویژه هنگامی که او دستاوردهای بزرگ عصر اسلامی را تحسین کرد. سارتن به خاطر این «خلاف» بهای گزافی پرداخت. او دوستی صمیمانه بسیاری را از دست داد. در حالی که دیگران در خفا خشمگینانه بر ضد او قد علم کردند و بیهوده کوشیدند تا نقشه‌ها و کارهای او را نقش بر آب کنند.

۱. سارتن پیشرفت علم را در رشد کلی فرهنگ قدیم، در کنار جنبه‌های سیاسی و اقتصادی آن می‌دید، که خاستگاه افکار جدید بود. کتاب جدید، محصول برنامه قبلی برای نوشتن تاریخ علم در سی جلد، از آغاز تاریخ تا پایان سده نوزدهم بود. هنری سیگريت هم یک چنین طرح بلندپروازانه‌ای برای نوشتن تاریخ پزشکی در ۱۰ جلد داشت که تنها دو جلد آن درباره مصر و بین‌النهرین منتشر شد.

پروفسور کونت^۱ آن را چنین توصیف می‌کند: «وقتی سارتن مطالعاتش دربارهٔ لئوناردو داوینچی را کنار گذاشت و به تحصیل زبان عربی پرداخت و توجه خود را به سده‌های میانه معطوف ساخت، که در نیمه سده بیستم برای ما چندان مناسبتی نداشت، پشتیبانی و تشویق دوستانش را از دست داد. متأسفانه دوستانش در هاروارد از او پشتیبانی نکردند و او نمی‌توانست چندان کاری بکند، چون در کشورش از او حمایت نمی‌شد. از این گذشته مورخان انگلیسی و نسل جوان‌تر مورخان علم و فناوری هم ارزش کارش را دست‌کم می‌گرفتند و به خاطر همهٔ این دلایل او را تنها گذاشتند. گویی او رسول یا رهبری بود که رسالت و پیامش بسیار بد فهمیده شده بود. دخترش این موضوع را در شعرش بازگو می‌کند

در جهانی سرشار از معصومیت زیست

در آنجا که سرشار از تنهاییست

به عقیدهٔ من نقطهٔ عطف زمانی بود که او عمداً با عطف به شرق نگریت و با یک همدلی صمیمانه و دلبستگی واقعی نسبت به عظمت و بهروزی انسان، نقشی را که فرهنگ‌های قدیم و سده‌های میانه در ترویج معارف سودمند داشتند، به ما نشان داد. مثلاً در همه جا بر اهمیت تمدن اسلامی در پیشرفت‌های بشری تأکید کرد. ولی او این کار را با یک واقع‌بینی خالصانه و خالی از تعصب انجام داد. البته سارتن دریافته بود «که پیشرفت علم در سده‌های میانه بدون سهم دانشمندان اسلامی درست فهمیده نخواهد شد.»

در جوانی، تلقی سارتن از مطالعات در زمینهٔ سده‌های میانه، مانند بسیاری از مورخان عصر جدید، حاکی از بی‌اعتنایی بود. بعدها او آن را چنان سرشار از افکار نو یافت که گفت: «هرگز نمی‌توانم آن را رها کنم». علاقه‌اش به علم یونانی او را به مطالعهٔ سده‌های میانه کشاند. ولی از آنجا که تحصیلات دانشگاهی‌اش در زمینهٔ عصر جدید و سده‌های ۱۸ و ۱۹ بود، سارتن زندگی دوگانه‌ای داشت: مورخ اندیشهٔ یونانی، کارشناس سده‌های میانه، همچنین دانشجوی پیشرفت علوم جدید. این از جانب او فداکاری بزرگی بود که تا حد ممکن بیشترین وقت خود را به سده‌های میانه اختصاص داد. با این حال توانست در مقدمه بر تاریخ علم و در جاهای دیگر تاریخ علم را به‌سوی کمال و هماهنگی ببرد. کار او در زمینهٔ فعالیت‌های علمی در سده‌های میانه، از لحاظ سامانمندی و جامعیت در نوع خود اولین بود. در میان کشورهای عرب خاورمیانه و آفریقا، تنها سوریه در ۲۴ آوریل ۱۹۵۵/۴ اردیبهشت ۱۳۳۴ عضویت افتخاری فرهنگستان عربی دمشق را به او اهدا کرد.^۲

1. Conant

۲. از نخستین فارغ‌التحصیلان کلاس‌های سارتن در تاریخ علم (۱۹۴۲) آیدین صایلی از ترکیه بود. جالب است یادآور شویم که سارتن عضو افتخاری انجمن تاریخ پزشکی ترکیه هم بود.

سارتن شجاعانه اعلام کرد: «مورخان سده‌های میانه تصور کاملاً غلطی از تکامل علم در آن عصر به دست می‌دهند، چون آموزش و گرایش آنان یکسره مربوط به فرهنگ غربی است و به دستاوردهای سایر مناطق به دیده تحقیر می‌نگرند. آنان این حقیقت را که در آن عصر برجسته‌ترین استعدادها در سرزمین‌های شرقی ظهور کردند، در جایی که مشعل روشنایی و پیشرفت می‌درخشید، دانسته یا ندانسته نادیده گرفتند و نتوانستند این درخشش را ببینند.» سارتن تکرار می‌کند: «این عصر به اندازه‌ی چهل ما نسبت به آن تاریک نبود». واقعیت درخشان درباره‌ی تمدن یکپارچه و متنوع اسلامی، گسترش سریع و مؤثر آن بود. افکار معنوی با نظم و سرعتی چشمگیر در سراسر امپراتوری اسلامی انتشار می‌یافت. سارتن مشکلات و در عین حال لذت پرداختن به یکی از ثمریخس‌ترین دوران‌های تاریخ بشر را که به‌طور غم‌انگیزی نادیده گرفته شده بود، به‌خوبی می‌شناخت. مثلاً، او سده‌ی نهم (میلادی) را اساساً یک عصر اسلامی می‌دانست که فعالیت‌های علما و فضلا در سراسر جهان اسلام تقریباً در همه‌ی زمینه‌ها به‌طور شگفت‌انگیزی چشمگیر بود. مؤلفان و مدرسان زبان عربی سرمشق و معیارسازان تمدن بشری بودند. برتری آنان، که اوج تفکر سده‌های میانه بود، در سده‌های دهم و یازدهم ادامه یافت و زبان عربی وسیله‌ای بین‌المللی برای پیشرفت علم و فناوری در کنار دین و سایر زمینه‌ها بود. از این طریق، فرهنگ جدیدی در کنار انتقال فرهنگ‌های پیشین به وجود آمد، که سارتن آن را «معجزه‌ی عربی» می‌نامید: پدیده‌ای که می‌توان آن را توصیف کرد، ولی کاملاً قابل توضیح نیست. نقش تمدن اسلامی بیش از آن است که بتوان بیان کرد. بیرونی، یکی از برجسته‌ترین اذهان سده‌های میانه، عربی را زبان بین‌المللی علم و ابزار معرفت سامانمند و پیشرو بشریت می‌دانست و با اینکه عربی زبان مادری او نبود آثارش را (که بیش از صد عنوان است) به عربی نوشته است.

در نتیجه‌ی این تمدن بزرگ و برجسته‌ی سده‌های میانه، تعدادی آثار جاودانی با شکوه و صدها هزار دست‌نوشته‌ی ادبی و علمی به وجود آمد و مقدار زیادی از آن‌ها تا به امروز باقی است. این اسناد در صدها کتابخانه‌ی عمومی و خصوصی در شرق و غرب نگهداری می‌شوند. مسجدها و زیارتگاه‌های این عصر، از اقیانوس اطلس تا خلیج بنگال، از مراکش و شبه‌جزیره‌ی ایبری تا آسیای میانه پراکنده است. این‌ها همه گواهی است بر عظمت و رونق تمدن اسلامی در این سده‌ها. به علاوه، رهبران بزرگ دانش و فناوری و اندیشمندان برجسته در میان آنان چندان است که در یک مقاله قابل بررسی نیست. شخصیت آنان بسی والاتر از اکتشافاتشان است.

تقریباً یک قرن پیش از آنکه سارتن مقدمه بر تاریخ علم را تألیف کند، برخی خاورشناسان آثار برجسته‌ای درباره‌ی میراث اسلامی - عربی تألیف کرده بودند. چند تن از آنان عبارتند از ووستنفلد^۱،

1. Wustenfeld

کولانت^۱، آلوارت^۲، مولر^۳، هوتسما^۴، فلوگل^۵، سوتر^۶، بروکلیمان^۷، پرتش^۸ و مایرهف^۹. ولی کار سارتن مربوط به جایگاه و ارتباط این تمدن و تاریخ علم و فناوری بود و تأثیر جهانی بی‌نظیری داشت. او جانشین شایسته‌ای برای این دانشمندان پیشگام شد و در میانشان اولین و فعال‌ترین کسی بود که به علم و فناوری اسلامی هم در ایسیس و هم در مقدمه و در سایر آثار متعددش در طی چهار دهه جایگاه والایی بخشید. این بسی فراتر از انتقال میراث باستانی و کلاسیک بود که منجر به مشاهدات، نتیجه‌گیری‌ها و افکار تازه مهمی شد.

سارتن ترجمه‌های عربی، همچنین سایر دستاوردها را در یک رده‌بندی فلسفی قرار داد که نشانه وحدت بشریت و وحدت علم بود. او تأکید داشت که سهم ملل مسلمان بخشی از فرهنگ بشری است که به آن توجه کافی نشده است. تلاش برای رفع این بی‌عدالتی مدیون سارتن بود. نتیجه مهم پژوهش‌های منتشر شده او در جلد اول مقدمه بر تاریخ علم تثبیت و تأیید برتری میراث اسلامی در دوران شکوفایی‌اش بود. سارتن نوشت: «پژوهش‌های تطبیقی من نخستین دلیل انکارناپذیر آن را به دست داد و آن را با جزئیات فراوانی تصویر کرد. البته جز این نمی‌توانست باشد. به‌علاوه، برتری مسلمانان در دوران اوجشان از سوی مسلمانان و فروتری مسیحیان در زمان افولشان از سوی مسیحیان هیچ یک به‌درستی ارزیابی نشده بود. مسلمانان وقتی این را دریافتند که تمدنشان در مرحله افول بود و از درون و بیرون ضعیف شده بود. مبادلات فکری میان مسلمانان، مسیحیان و یهودیان از اواخر سده دوازدهم تا اوایل عصر نوزایی بسیار چشمگیر و تا اوایل عصر جدید بی‌نظیر بود.

فرایند یادگیری زبان عربی در سال ۱۹۲۰ در پناکویید ایالت مین آغاز شد و این زمانی بود که سارتن با پروفیسور دانکن مک‌دونالد (وفات ۱۹۴۰) ملاقات کرد. این ملاقات به دوستی پایداری انجامید. از آن پس مک‌دونالد به مشاور مورد اعتماد او در همه امور مربوط به زبان عربی تبدیل شد. هر دو در ارزش‌های انسانی شریک بودند که بخش مهمی از زندگی سارتن را به خود اختصاص داده بود و در آثارش بازتاب می‌یافت. بعدها، همچنان که مطالب مربوط به اسلام در سده‌های میانه در مقدمه فزونی می‌یافت، سارتن برای اطمینان از درستی پژوهش‌هایش لازم دید زبان عربی را بیاموزد، زبانی که به عنوان وسیله‌ای مهم در پیشرفت فکری و فرهنگ بشری نقش مهمی ایفا کرده بود. او تحت هدایت مک‌دونالد از کمک جیمز جوئیت^{۱۰} هم برخوردار شد. سارتن

1. Coulant
2. Ahlwardt
3. Mueller
4. Houtsma
5. Fluegel
6. Suter
7. Brockelmann
8. Pertsch
9. Meyerhof
10. J. R. Jewett

برای مک‌دونالد ارزش و احترام زیادی قایل بود. همچنین از مشورت‌های سودمند مایر هف در قاهره، دن میگل آسین نی پالاسیوس^۱ در مادرید و شبلی مآلوف در آرلینگتن بهره‌مند می‌شد. در طی نیمسال زمستانی سال تحصیلی ۱۹۳۱-۱۹۳۲/۱۳۱۰-۱۳۱۱ سارتن روانه خاورمیانه شد و در دانشگاه آمریکایی بیروت اقامت گزید او در آنجا بیشتر بر روی فراگیری زبان و فرهنگ عربی متمرکز شد و با مردم خاورزمین در وطنشان آشنایی مستقیمی یافت. سارتن پس از بازگشت از این دوره آموزشی شش ماهه با شارل حبیب مالک (متولد ۱۹۰۶) آشنا شد، که در دانشگاه هاروارد تحصیل می‌کرد. از آن پس آن دو، هفته‌ای دو بار، هر بار دو ساعت با هم ملاقات می‌کردند و سارتن در صدد آن بود تا فهمش از قرآن مجید را برای بهره‌گیری در پژوهش‌هایش کامل کند. او تلاشی را که یازده سال پیش با مک‌دونالد آغاز کرده بود شدت بخشید، صدها صفحه متون عربی خوانده شد و سارتن به شدت کار می‌کرد و تکالیف درسی‌اش را در خانه انجام می‌داد و با علما در کشورهای عربی مکاتبه می‌کرد. بنابراین طولی نکشید که سارتن معلومات خوبی در زبان عربی کسب کرد و این علاوه بر علاقه‌ای بود که او به موضوعات عربی نشان می‌داد و شخصیت و بینش جامعه اسلامی را درک می‌کرد. درگذشت او برای بسیاری یک ضایعه شخصی بود. برای کسانی در خاورزمین که آثار نبوغ آمیزش را درباره کارهای اسلامی در زمینه علوم و برای ایجاد توافق میان شرق و غرب انجام داده بود، می‌شناختند، خاطره‌اش باقی خواهد ماند. درباره تجزیه و تحلیل تاریخ و فلسفه علم و فناوری عربی - اسلامی، بی‌شک در هیچ‌جای دیگری نمی‌توان به اندازه آثار سارتن، به‌ویژه مقدمه بر تاریخ علم مطلب به دست آورد.

میراث عربی - اسلامی با نگاهی به گذشته

برای درک فرهنگ بشری در مقیاس کلی، سارتن بر اهمیت ارزیابی تفکر شرقی تأکید می‌کرد. او معتقد بود علم غربی دارای منشأ شرقی است و بیشتر از مصر، بین‌النهرین، فلسطین، ایران و عربستان انتقال یافته است. پس برای درک سنت غربی لازم است شخص دست‌کم با زبان‌های عربی، یونانی، عبری و لاتینی آشنا باشد. مثلاً، ایلیاد هومر آغاز «معجزه یونانی» نیست، بلکه اوج یک پیشرفت قدیم‌تر است. به همین ترتیب، عربستان پیش از اسلام (سده‌های ۵ تا ۷ میلادی) از خلاقیت فرهنگی مهمی برخوردار بود. گرچه تنها آثار جسته - گریخته‌ای از آن در دست است. اصل این است که تفکر یونانی پس از آنکه از طریق میراث عربی - اسلامی به‌طور اساسی غنی‌تر شده بود، به غرب بازگردانده شد. این به آثار کلاسیک جهان تازه‌ای بخشید و در زمانی که اصل آثار یونانی گم شده بود، ترجمه‌هایشان جانشین آن‌ها شد. آثار عربی هم برای

1. Don Miguel Asin y Palacios



کاربردهای عملی به نوبه خود به لاتینی، اسپانیایی، عبری و زبان‌های دیگر ترجمه شد. معارف عربی نه تنها در سده‌های ۱۲ و ۱۳ در جهان مسیحیت، بلکه بعدها در دوران نوزایی اروپا هم اهمیت داشت. بسیاری از فضلالی اروپایی که از این معارف برخوردار شدند، به‌ویژه به خاطر پیدایش جوانه‌های روح تجربی در آثار اسلامی سده‌های میانه، به دین خویش نسبت به آن معترف بودند.

سارتن ثابت می‌کند جریان انتقال هرگز قطع نمی‌شود، بلکه در همه جا، نسل به نسل، کشور به کشور و از ملتی به ملت دیگر ادامه دارد. نهادهای و نوآوری‌های علمی و فنی غرب، شرق و

تاریخ علم

علم قدیم تا پایان دوره طلایی یونان

تألیف جورج سارتون

ترجمه احمد آرام

مفاهمه از جناب آقای سید حسن تقی‌زاده

فرهنگ آن را به غرب شبیه ساخت. گنجینه علم و فلسفه یونانی - اسلامی در عصر انتقال (۱۱۰۰-۱۲۵۰م) از ظرف شرقی شتابان به ظرف غرب لاتینی تراوید. این دوران جذب و همجوشی فرهنگ‌ها بود. این تراوش، هسته اصلی دوران نوزایی اواخر سده‌های میانه در اروپا را فراهم ساخت. البته در آن زمان غریبان برای تجدید ارتباطشان با آثار کلاسیک قدیم، نه آثار یونانی، بلکه آثار عربی را ترجمه می‌کردند. دانشمندان، فیلسوفان، هنرمندان و طبیعت‌گرایان اسلامی در جستجوهای و تحقیقاتشان برای کشف حقیقت بر همکاران غربیشان تأثیر داشته‌اند.

سارتن زبان عربی را به خاطر انعطاف‌پذیری و اهمیتش در مقام وسیله بیان مفاهیم دینی و علمی می‌ستود. این نخستین زبان سامی بود که با هوشمندی هندیان، ایرانیان و ترکان بارور شده و به صورت فرهنگی

جهان‌شمول درآمده بود. سارتن نوشت: «گفتن اینکه عرب‌ها (مسلمانان) مقلدانی بیش نبودند حرف نادرستی است. عطش آنان برای علم، در کنار بینش و خلاقیت و روشمندی، دستاوردی بسیار بدیع است. موفقیت‌های آنان حلقه اتصال را میان خاور نزدیک و آفریقای شمالی و غرب، همچنین میان آسیای میانه، از جمله مرکز مهم فرهنگی ایران و شرق بودایی ایجاد کرد. دستاوردهای عربی - اسلامی در عصر زرین خود چندان عظیم بود که انتظارات بشریت را برآورده می‌ساخت. بنابراین دلیلی نیست که اعراب (مسلمانان) امروز نتوانند پا جای پای نیاکان خود بگذارند و رهبری را به دست بگیرند.

علمای آشتی‌ناپذیر

در میان بسیاری از علمای امروز رسم شده است تا حدی سازش کنند که حتی کمتر به داوری خود متکی باشند. برخی پاسخ‌ها و نظرهایی ابراز می‌کنند که آن‌ها را از پیش تمرین کرده‌اند. در دنیای رقابت‌آلود ما چنین مشاورانی در هر زمینه وجود دارند، که اطلاعات حاضر و آماده‌ای در اختیارشان است و وای به حال کسی که در زمره خودی‌های خوشبخت نباشد. آنان درباره رویدادها و شخصیت‌های تاریخی و دستاورد ادیبشان «نظر» می‌دهند. سارتن در برابر چنین برخوردهایی عصیان و برای دورانی سوگواری کرد که سیاست و جناح‌بندی وارد عرصه پژوهش‌های حقیقی و خلاقیت‌های فکری شود. شایسته است به یاد او، خودمان را از رقابت‌ها و حسادت‌های حقیر دور کنیم و خود را با چالش‌هایی متناسب سازیم که در عرصه ارزیابی واقعی ریشه‌ها و پدیدآورندگان معارف سودمند بشری در گذشته و حال وجود دارد.

سارتن به یاد می‌آورد: «از زمان کودکی، از پرتو کارهای بزرگ فکری و معنوی، تخیلاتم روشنی می‌گرفت.» اشتغال او به مطالعات عظیم و دشوار دانشگاهی او را از هدف‌های از پیش تعیین شده‌اش باز نداشت. او علی‌رغم مشکلات و موانعی که در مراحل از زندگی بر سر راهش قرار می‌گرفت، خوش‌بین بود. او ایمان به آرمان‌هایش، به انسان‌گرایی جدید، احسان و صلح را حفظ کرد و به ترویج آن‌ها ادامه داد. سرسپردگی‌اش به تاریخ و فلسفه علم و تمدن، افق دید او را گسترش داد، علاقه‌اش به زندگی را قوی‌تر ساخت و به تعهد ژرف و جامع او نسبت به بشریت و طبیعت وسعت بخشید.

سارتن در اوایل ۱۹۴۷، وقتی پیشگفتار جلد سوم مقدمه بر تاریخ علم را می‌نوشت، خوانندگان را مشتاقانه به عشق و جستجوی حقیقت فراخواند. او در آن زمان، روزهای تاریک جنگ را به چشم دیده بود و طبعاً مانند همه کسانی که از آن رنج برده بودند «روایای صلح» را می‌دید و در برابر «توحش تاریخی علم» بر انسانی‌شدن آن اصرار می‌ورزید. او رفتار کسانی را که ارزش‌های معنوی را فدای پیشرفت مادی می‌کردند و می‌گفتند «صنعتگران ما جهان تازه‌ای فارغ از علوم انسانی می‌سازند» شجاعانه مورد حمله قرار می‌داد و یادآور می‌شد «انسان تنها به نان زنده نیست.»^۱ او از آرمان‌های روح و فکر آزاد انسان حمایت می‌کرد و به جستجوی حقیقت برای درک طبیعت، زندگی و علم به عنوان وجودی یک‌پارچه و متحد عشق می‌ورزید، به آنچه پیوسته به میراث معنوی و پیش‌رونده تمدن گذشته هدایت‌مان می‌کند. او از اعتماد مطلق به فناوری انتقاد می‌کرد، که زندگی را برای جسم راحت و روح را آزوده می‌کند. او دریافته بود که نسل ما از لحاظ مادی بسیار غنی و از

۱. عبارتی از انجیل.

لحاظ روحی بسیار فقیر شده است. سارتن در تلاش برای گردآوردن آرمان‌خواهی و علم در یک جا، به نظر می‌رسید بیشتر دارای ذهن و گرایش شرقی است تا غربی. بنابراین، علاقه عمیقی به مطالعات اسلامی و کسب آگاهی در این زمینه پیدا کرد و هر روز این علاقه بیشتر شد و از طریق سادگی و نبوغ‌راهی به آغوش «مادر طبیعت» یافت و میان امور انسانی و علم پل زد.

سارتن می‌گفت: «بدون تلاش بی‌وقفه و فداکاری‌های قهرمانان حقوق بشر و پشتیبانی انسان‌های نیک‌خواه، زندگی به جهنمی می‌مانست». او نیاز به ادغام بهترین سنت‌های گذشته بسیاری از فرهنگ‌ها با کشفیات جدید را دریافته بود و قدردانی از گذشته را با نگاهی به آینده و بلندپروازی‌های سازنده آینده‌ای برتر و بهتر تبلیغ می‌کرد. او آماده شده بود تا آگاهی‌های علمی را در همه جا و در طول تاریخ بشریت گرد آورد و سامانمند سازد و پژوهش‌ها برای توصیف معلومات دست‌یافتنی و سودمند را سرعت بخشد. اغلب تکرار می‌کرد «اصل اولیه علم، وحدت طبیعت و عالم است... و نه آشفتگی و بی‌نظمی» و این حاکی از پیشگامی او در میراث پر افتخار اصول اخلاقی و پیام انسانی برای شرق و غرب بود.

سارتن می‌گفت: «این تصور که تاریخ علم تنها متعلق به غرب است، نه تنها ناقص و گمراه‌کننده، بلکه خطاست. شرق و غرب مکمل یکدیگرند. ما بدون آسیب زدن به کل تصویر و خراب کردن چشم‌انداز نمی‌توانیم از یکیشان چشم‌پوشیم. با این که خود تاریخ علم ارزش تلاش‌های افراد و ملت‌ها را در راه پیشرفت علم و فناوری ثابت می‌کند، ولی در عین حال نقص آن را هم نشان می‌دهد. چون این دانشمندانند - و نه هنرمندان و ادیبان - که بر دوش غولان پیشین ایستاده‌اند».

ویژگی‌ها و افتخارات

ک. تسیرکل^۱ در مقدمه‌اش بر کتاب سارتن به نام زندگی علم (چاپ ۱۹۶۰) می‌نویسد: «در میان کسانی که علم و تحقیق را به دانشمندان شناساندند، او (سارتن) ممتاز بود. علاوه بر این، او توانست سرگذشت دلکش علم را در اختیار کسانی بگذارد که دانشمند حرفه‌ای نبودند. او گوه‌ری گران‌بها بر تاج معارف دانشگاهی بود و مورخان و محققان بسیاری را تحت تأثیر قرار داد. سخنرانی‌های او در دانشگاه و در جاهای دیگر صدها شنونده داشت. ولی او علی‌رغم شهرت و محبوبیتش به صورت محقق تنها در حاشیه جامعه دانشگاهی هاروارد قرار داشت. چون هرگز به کوتاه آمدن از اصول اعتقادی خود و همرنگی با جماعت حاضر نشد و در برابر مجسمه محبوبیت مبتذل، اعتبار سیاسی و رفاه، سر خم نکرد. از این رو سارتن در مقام انسانی آرمان‌گرا بسی برتر از موضوع مورد علاقه‌اش بود و با وجود ناکامی‌ها سرش را بالا می‌گرفت. دخترش جاذبه روح، گرمی احساس و فداکاری او را به خوبی وصف کرده است:

1. C Zirkle.

پدر در چشم من سالخورده نبود

او هرگز غمین و افسرده نبود

رعایت بی‌همانند تحقیق علمی و جامعیت شخصی، او را از پیش‌داوری‌های گزنده بر حذر می‌داشت - از فشارهای بیهوده‌ای که قوم یا فردی را از دیگران جدا می‌کند. او اعتقاد داشت تاریخ ثابت می‌کند «عدم تساهل نه تنها جنایت، بلکه حماقت است» و همچنان که پیشتر یادآور شدیم، می‌گفت: «علم از لحاظ ساختاری دارای ارتباطات متقابل است و سرعت بخشیدن به اکتشافات علمی از سوی افراد ملت‌ها با ابزارها و در جاهای مختلف دارای وجه مشترکی است و به دست آوردن و سامان دادن معارف ثبوتی تنها فعالیت فکری انسان است که واقعاً انباشت‌پذیر و پیش‌رونده است». با این حال می‌دانست نوشتن تاریخ عمومی علم به دست یک نفر یا یک نسل امکان‌پذیر نیست و نیازمند همکاری چندین نسل از محققان است. وظیفه سارتن تربیت نخستین گروه از محققان و ایجاد سنتی محکم بود و او این وظیفه را به خوبی انجام داد. با این که سال‌هاست او صحنه را ترک گفته است، هنوز خاطرات دلپذیر میراث پیشاهنگ و انسانی که «هرگز مانندش را نخواهیم دید» باقی است و سال‌ها همچنان گرامی خواهد بود.

مرگ زود هنگام او علاقه‌مندان به سنت پر افتخار علم، معماری و فناوری اسلامی را سخت سوگوار کرد.



برخی اشارات نهایی

کتاب مقدمه بر تاریخ علم از لحاظ کمی و کیفی کاری عظیم است. این تاریخ علم دایرةالمعارف‌گونه، تاریخ‌نگاری، حقوق، جامعه‌شناسی، فلسفه، اقتصاد، زبان‌شناسی و دین را نیز شامل است. در بینش متحدکننده‌ای هنر، علم و دین در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند، که گواهی بر عظمت سارتن است. ولی با وجود چنین تلاش بی‌نظیر یک تن، خطا دور از انتظار نیست. خطاهایی که برخی جزئی است و برخی دیگر بسیار مهم، برخی نقص‌ها و افتادگی‌ها هم ناگزیر. مزایای کار چندان است که ایرادها در اینجا و آنجا دیده نمی‌شود. از این گذشته، این تحقیق وسیع یکسره بر اساس متنهای چاپی بوده و به ندرت به نسخه‌های خطی مراجعه شده است. سارتن برای تأمین حداکثر دقت بسیاری از آثار منتشر شده را مطالعه می‌کرد و بررسی‌های انتقادی پیشین را مورد استفاده قرار می‌داد و ارتباطات و تمایزات فرهنگ‌ها، زبان‌ها و اعصار مختلف را شرح می‌داد و این علاوه بر پژوهش مطالب اصلی و ارزیابی پیشرفت علمی انسان در طی اعصار در شرق و غرب بود.

پس از درگذشت سارتن، از سوی مورخان قدیمی علم، کسانی که برخی‌شان مرهون سارتن بودند، نیز برخی مورخان جوانتر که به نظر می‌رسید قصد تحقیر او را دارند، انتقادهای غیر سازنده‌ای مطرح شد. سارتن بی‌شک ضعف‌هایی داشت و در آثارش خطاهای زیادی دیده می‌شود، ولی او نخستین کسی بود که آن را تصدیق می‌کرد.



بزرگانی را به سخره می گیریم
 که بار خاطرمانند
 و تا دیرگاه سخت کار می کنند
 تا از خود یادگاری بر جای نهند

سارتن از این هم فراتر رفت و کسی بود که رسالت شریفش را فراتر برد.

کتاب شناسی

کتاب های زیر از جورج سارتن به فارسی ترجمه شده است.

۱. علم قدیم و تمدن جدید، ترجمه احمد بیرشک، تهران، ۱۳۳۴.
۲. شش بال علم (درباره تاریخ علم در عصر نوزایی)، ترجمه احمد آرام، انتشارات فرانکلین، تهران، ۱۳۳۹.
۳. تاریخ علم در دو جلد ترجمه احمد. جلد اول آن در سال ۱۳۴۶ از سوی انتشارات امیرکبیر منتشر شد و جلد دوم سالهاست در آن مؤسسه بایگانی شده است.
۴. مقدمه بر تاریخ علم جلد اول در سال ۱۳۵۳، بخش اول جلد دوم در سال ۱۳۵۵ و بخش دوم جلد دوم در سال ۱۳۵۷ با ترجمه غلامحسین صدری افشار از سوی وزارت علوم منتشر شد. ترجمه کامل آن سرانجام در سال ۱۳۸۳ در شش جلد (یک جلد شامل نمایه) از سوی شرکت انتشارات علمی و فرهنگی انتشار یافت.
۵. سرگذشت علم (مجموعه مقالات)، ترجمه احمد بیرشک، انتشارات فرانکلین، تهران ۱۳۵۴.
۶. مطالعه تاریخ ریاضیات و تاریخ علم (شامل دو مقاله بلند)، ترجمه غلامحسین صدری افشار، انتشارات توکا، تهران ۱۳۵۶.
۷. گفتارهایی در تاریخ علم (مجموعه مقالات)، ترجمه غلامحسین صدری افشار، انتشارات آبیژ، تهران، ۱۳۸۸.

مقاله:

- «ابن سینا، طبیب، عالم و فیلسوف»، ترجمه ناصر کنعانی، چیستا، شماره ۱، ۱۳۶۰.
- نیز بنگرید به نقد تقی زاده بر تاریخ علم، جورج سارتن، ترجمه احمد آرام، در: مقالات تقی زاده، به کوشش ایرج افشار، سال ۱۳۸۸، جلد ۲، ص ۱۹۱-۱۹۳.

در ستایش پدر
شعری از می سارتن (دختر جورج سارتن)^۱

ترجمه غلامحسین صدیقی افشار

پدر در چشم من سالخورده نبود
او هرگز غمین و افسرده نبود
سرزنده، با گام‌هایی شتابان می‌رفت
با صدایی زنگین سخن می‌گفت
چون زر ناب بود و آگاهی‌هایش
آتش شوق را فروزان می‌ساخت
او همچون الهه‌ای تابناک
روشنی می‌بخشید بر پهنای خاک
مردم در گذرها چون می‌دیدندش
راست همچون بُتی می‌ستودندش



خران، کودکان و مرغابیان را دوست داشت
و باز گفتن لطیفه‌های کهن را
در جهانی سرشار از معصومیت زیست
در آنجا که سرشار از تنهایی ست
شب‌ها تا دیرگاهان می‌نوشت
و با گربه‌ای نارنجی مأنوس بود
- موجود بی‌زبانی روفوس نام
که تا جرج کار می‌کرد، او خرناس می‌کشید-
همسایگان نور چراغش را می‌دیدند

^۱ چاپ شده در مجله چيست، سال سوم، ص ۶۹۹-۷۰۰.



و از کار شبانه دانشمند شاد می شدند

هرگز پدرم را بی جنبش ندیدم
چون سرشار از نیرویی عظیم بود
او خود می گفت که شتابی نداشت
ولی آتش در جانش بود
همچون شاعران به خاطر عشق می کوشید
و بر درش سیاه و سفید
با شور و شوق گرد می آمدند
از راز تناسخ سخن می گفتند
و از نوشته ای عربی که همچون نغمه ای
با بسم الله طنین افکن می شد.

و چون درگذشت، مرگش چنان سریع بود
که واپسین هدیه را می مانست
و چون می رفت، مدّ کامل بود
هنوز ناکاسته و بخشنده؛
روحي پژوهنده و نجیب
زندگی پرشور و کامل
و اینک بیداری مرگ تنها ستایش است
هنگامی که همسایه ای می گوید:
«من پدرت را نشناختم ولی
چراغی در آنجا بود که اینک خاموش است».

یک صدمین سال تولد حسن صفاری

مترجم و مؤلف و مدرس ریاضیات

آریان مولائیان^۱



زنده یاد حسن صفاری در ۲۶ مهرماه ۱۲۹۵ در لاهیجان به دنیا آمد. خاندان صفاری در لاهیجان در دوره قاجاریه صاحب اعتبار و منزلت اجتماعی بوده‌اند. زنده یاد حسن صفاری فرزند میرزا احمد سالار مؤید است که نماینده مردم لاهیجان در دوره‌های هشتم تا سیزدهم در مجلس شورای ملی بود. او به همراه خانواده در سال ۱۲۹۹ به تهران آمد و تمام دوره تحصیلی خود را در آنجا گذراند. از سال ۱۳۱۵ تا ۱۳۱۸ در دانشسرای عالی در دوره لیسانس ریاضی تحصیل کرد. سپس به تدریس ریاضی مشغول شد و در کنار آن به ترجمه و تألیف هم می‌پرداخت.

حسن صفاری در آذرماه سال ۱۳۱۶ شمسی با بانو کوکب صورتگر ازدواج کرد که دو پسر به نام‌های بهمن و بهروز و دختری به اسم آرزو ثمره ازدواج آنان است. دکتر بهمن صفاری خود استاد بازنشسته ریاضی در فرانسه و متخصص نظریه اعداد است.^۲

حسن صفاری در سال ۱۳۳۱ برای ادامه تحصیل در دوره دکتری به فرانسه عزیمت کرد و تا پایان عمر همان جا ماند. در فرانسه دوباره از دانشگاه پاریس لیسانس گرفت و پس از آن به تحقیقات برای نوشتن رساله دکتری در حوزه نظریه اعداد در انستیتوی هانری پوانکاره در پاریس مشغول شد. او در ابتدای اقامت در فرانسه از حق التألیف کتاب‌هایش در ایران به عنوان ممر درآمد استفاده

1. molaeyana@yahoo.fr

۲. از خانم آرزو صفاری و آقایان کامران فانی، علی امیری، هومن یوسف‌دهی، بهمن صفاری و حسن قربانی به خاطر اطلاعاتی که در اختیار گذاشتند سپاسگزارم.

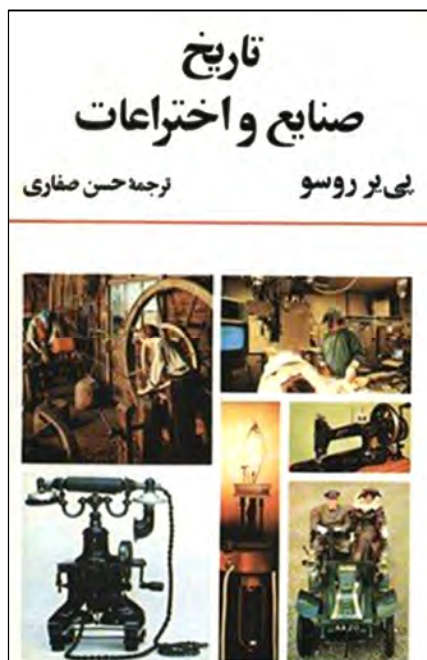
می‌کرد. با محدودیت خروج ارز از کشور در زمان نخست‌وزیری دکتر مصدق، از این منبع درآمد محروم شد و به کار ترجمه برای کسب درآمد مشغول شد. سمینارهایی تخصصی دربارهٔ نظریهٔ اعداد به زبان فرانسوی از او در دسترس است که حاصل تحقیقات وی در دورهٔ دکتری و مؤید اطلاعات عمیق او در این حوزه است. دانشجوی دکتری ریاضیات در روز و مترجم در شب برای گذران زندگی خود و خانواده‌اش، تا سال ۱۳۴۲ هنوز موفق به عرضهٔ متن نهایی رسالهٔ دکتری خویش نشده بود که پیشنهادی غیر منتظره از جانب دولت ایران، مسیر زندگی‌اش را تغییر داد. دولت ایران وی را به سمت نمایندهٔ دائمی خود در سازمان یونسکو انتخاب کرد. وی خسته از ده سال کوشش زیاد برای آشنایی با شاخه‌های مختلف ریاضیات پیشرفتهٔ زمان خود و تحقیقات ریاضی دورهٔ دکتری و کسب درآمد برای تأمین نیازهای خانواده‌اش، این سمت را پذیرفت و تا پایان آذرماه ۱۳۵۸ در آن سمت باقی ماند. مدتی هم مشاور علمی یونسکو بود. کار تمام وقت سرپرستی نمایندگی ایران در یونسکو، فرصتی برای دفاع از رسالهٔ دکتری در اختیارش نگذاشت. پس از پایان دورهٔ نمایندگی ایران در یونسکو، در سال ۱۳۶۰ کتاب‌فروشی مختص کتاب‌های کهن در پاریس به



راه انداخت و در این کار جزو بهترین‌ها در شهر پاریس بود. این کار را هم در سال ۱۳۷۲ به خاطر عوارض ناشی از سن زیاد کنار گذاشت. در سال‌های آخر زندگی با وجود بیماری و مشکلات پیری، حضور ذهن و نوع دوستی خود را همچنان حفظ کرده بود. حسن صفاری در تاریخ ۲۱ آبان سال ۱۳۸۱ در پاریس چشم از جهان فرو بست. زنده یاد صفاری در دورهٔ اقامت پنجاه ساله‌اش در فرانسه، با ترجمهٔ کتاب‌های مهم و مفید به فارسی، خدمتی بسزا در عرصهٔ علم و فرهنگ انجام داد.

توضیحات وی در تکمیل مطالب کتب ریاضی ترجمه شده‌اش حاکی از مطالعهٔ جدی و عمیق در شاخه‌های مختلف ریاضی است. از

این توضیحات برمی‌آید که وی بر مطالب کتب اساسی و تخصصی نظریه‌های جبری و تحلیلی و نظریهٔ جمعی اعداد تسلط داشته است. او با مطالب کتب پیشرفتهٔ زیادی در حوزه‌های جبر و آنالیز و هندسه هم به گواهی همان یادداشت‌ها آشنایی داشته است. برای مثال، توضیحات وی



در معرفی مثال وان در واردن،^۱ ریاضی دان هلندی، که از ساده ترین تابع های حقیقی پیوسته و هیچ جا مشتق پذیر است، در نوشته های فارسی مشابهی ندارد.

مثال دیگر یادداشتی است در کتاب ریاضی دانان نامی که در آن از آکساندر گروتندیک،^۲ ریاضی دان اعجوبه آلمانی - فرانسوی با ذکر مهم ترین خصوصیت کار وی در ریاضیات یاد می کند: حل کردن مسائل در کلی ترین حالت ممکن. دستاوردهای ریاضی گروتندیک با وجود اهمیت بسیارش حتی برای متخصصین آنالیز تابعی کمتر شناخته شده بود. اما زنده یاد صفاری به عنوان متخصص نظریه اعداد از کار گروتندیک در پایان دهه پنجاه میلادی اطلاع دقیقی داشت. صفاری این

یادداشت را سال ها پیش از شهرت زیاد گروتندیک پس از دریافت جایزه فیلدز نوشته بود.

حسن صفاری از مترجمان برجسته زبان فرانسه و تا حدی انگلیسی بود که معمولاً ترجمه هایش به خاطر توضیحات اضافی مترجم، پر بارتر از متن اصلی شده است. در انتخاب کتاب برای ترجمه، حسن انتخابش بسیار مشهود است و در کار ترجمه هم دقت و کاردانی اش ستودنی است. بسیاری از کتب ترجمه شده توسط وی درباره موضوعاتی است که در زبان فارسی هیچ متنی تا پیش از آن وجود نداشته است.

حسن صفاری به اتفاق زنده یاد ابوالقاسم قربانی در دهه ۱۳۲۰ تا ۱۳۳۰ شمسی کتاب های درسی ریاضی زیادی تألیف کرد تا جایی که به گفته مرحوم عبدالرحیم جعفری در کتاب خاطراتش به آن ها لقب دوقلوهای ریاضی داده بودند. فهرستی از این کتاب های درسی به خط مرحوم قربانی در ادامه این زندگی نامه آمده است. عبدالرحیم جعفری مؤسس انتشارات امیرکبیر که ناشر برخی از ترجمه های او بوده است، در کتاب خاطراتش از همکاری با مرحوم صفاری و فضایل اخلاقی او از قبیل فروتنی و جدیت و بلند نظری یاد کرده است. یاد مرحوم حسن صفاری با کتاب های بسیار مفید و پر محتوی که تألیف یا ترجمه کرده است همیشه زنده می ماند.

1. B. L. Van der Waerden (1903-1996)
2. Alexander Grothendick (1928-2014)

در اینجا به اجمال، فهرستی از کتاب‌های استاد صفاری عرضه می‌شود.

- انرژی اتمی، آلبر بوزا، از مجموعه چه می‌دانم؟ ۱۳۲۸.
- نجوم بی تلسکوپ، پیر روسو، از مجموعه چه می‌دانم؟ ۱۳۲۸.
- ویتامین‌ها، از مجموعه چه می‌دانم؟ ۱۳۲۸.
- بتهوون: زندگانی یک نفر فاتح، امیل لودویگ، ۱۳۲۹.
- بلوغ، موریس دبس، ۱۳۳۵.
- تاریخ سینما، لودوکا، از مجموعه چه می‌دانم؟ ۱۳۲۷.
- تاریخ هندسه، پی‌یر مارشال، از مجموعه چه می‌دانم؟ ۱۳۴۱.
- تاریخ علوم، پی‌یر روسو، ۱۳۲۸.
- تاریخ صنایع و اختراعات، پی‌یر روسو، امیرکبیر، ۱۳۴۶ (چاپ هفتم ۱۳۸۶).
- داستان زندگی آلبرت اینشتین و تاریخ سیاسی و اجتماعی دوران او، فیلیپ فرانک، امیرکبیر ۱۳۵۲.
- ریاضی‌دانان نامی، اریک تمپل بل، ۱۳۴۸.
- ریاضیات چیست؟، ریچارد کورانت، هربرت رابینز، ۱۳۴۹ همراه با مقدمه‌ای بر تئوری گروه‌ها، پ. س. الکساندروف، ۱۳۴۹.
- بحران جهانی تعلیم و تربیت، فیلیپ کومبز، ترجمه حسن صفاری و کوکب صفاری، تهران: کمیسیون ملی یونسکو در ایران، ۱۳۴۹.
- پزشکان نامی، هنری ا. زیگریست، ترجمه کوکب صورتگر و حسن صفاری، امیرکبیر ۱۳۶۲.
- در ستایش دیوانگی، دسیدریوس اراسموس، نشر و پژوهش فرزانه روز، ۱۳۷۶.
- زنده‌یاد حسن صفاری در چند یادداشت در ترجمه کتاب ریاضیات چیست می‌نویسد که کتاب مشهور علم و فرض نوشته هانری پوانکاره ریاضی‌دان بزرگ فرانسوی را ترجمه کرده است که نسخه دست‌نویس مترجم در تهران بوده است و نیز از ترجمه کتابی در هندسه تصویری خبر می‌دهد که نسخه دست‌نویس آن هم چاپ نشده در تهران بوده است.

نام کتاب	زبان کتاب	تعداد نسخه ها و تاریخ چاپ	تاریخ
۳۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۳۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۳۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۳۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۳۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۳۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۴۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۵۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۶۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۷۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۸۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۱	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۲	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۳	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۴	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۵	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۶	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۷	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۸	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۹۹	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱
۱۰۰	فارسی	۱۰۰۰۰	۱۳۳۱

ادامه فهرست کتابهای درسی تألیف آقایان ابوالقاسم قربانی و حسن صفاری
(دست نوشته آقای قربانی)



ترجمه و شرح رساله ابن هیثم درباره ساعت‌های آفتابی افقی

پویان رضوانی^۱

مقدمه

ابوعلی حسن بن حسن بن هیثم (۳۵۴-۴۳۲ ق)، از تأثیرگذارترین دانشمندان سده‌های چهارم و پنجم هجری، آثار متعددی در ریاضیات و نجوم، از جمله در موضوع ساعت‌های آفتابی تألیف کرده است که در پژوهش حاضر، به ترجمه فارسی و شرح یکی از آن‌ها با عنوان رساله فی الرخامات الأفقیة می‌پردازیم. این رساله درباره ساختار ساعت‌های آفتابی افقی و چگونگی رسم خط‌های ساعت بر صفحه آن است، و سه نسخه از آن در کتابخانه‌های برلین (شماره ۴۲۹۷/۱)، استانبول (کتابخانه عاطف، شماره ۱۷۱۴/۶) و مجلس شورای اسلامی تهران (شماره ۳۹۳۴/۱) موجود است.^۲ در انجامه نسخه موجود در کتابخانه برلین، تاریخ کتابت آن ذکر نشده، اما نسخه موجود در کتابخانه مجلس، نخستین رساله از مجموعه‌ای شامل ۲۰ رساله از اشخاص مختلف، در موضوع‌های مختلف است و ابوالقاسم الوالی النابلسی آن را در سال ۱۲۹۲ ق به خط نسخ کتابت کرده است. کاتب، این نسخه را از نسخه‌ای که در سال ۶۱۵ ق کتابت شده، رونویسی کرده است.^۳ رشدی راشد متن عربی این رساله را تصحیح و همراه با ترجمه فرانسوی آن در سال ۲۰۰۶ م^۴ و شرح مختصر رساله را در ۲۰۱۱ م منتشر کرده است.^۵ برای ترجمه فارسی این رساله، تهیه نسخه موجود در کتابخانه عاطف مقدور نشد، اما دو نسخه دیگر، همزمان با مطالعه متن

۱. عضو گروه تاریخ علم بنیاد دایرةالمعارف اسلامی، دانشجوی دکتری تاریخ علم، دانشگاه اوترخت هلند، pnrezvani@gmail.com.
2. Rashed, vol. 2, p. 528.

۳. حائری، ص ۲۰۳۷.

4. Rashed, vol. 5, pp. 821- 849.

۵. راشد، ج ۵، ص ۵۸۹-۶۰۶.

مصحّح بررسی شدند. شرح فارسی رساله نیز که در پی نوشت آمده، مستقل از شرح راشد نوشته شده است.

رسالة فی خطوط الساعات رسالة دیگری از ابن هیثم درباره ساعت‌های آفتابی است که آن را در پاسخ به انتقاد ابراهیم بن سنان بن ثابت بن قرّه از یونانیان، درباره رسم خط‌های ساعت نوشته، و گاه عنوان آن را به نادرست، رسالة فی خطوط الشعاعات ذکر کرده اند.^۱ از این رساله نیز، دو نسخه خطی شناسایی شده است که هر دو در استانبول، یکی در موزه عسکری به شماره ۳۰۲۵، و دیگری در کتابخانه عاطف با شماره ۱۷۱۴/۷ نگهداری می‌شود.^۲ رسالة دیگری نیز در همین موضوع با عنوان فی آلات الأظلال از آثار ابن هیثم دانسته شده است. از این رساله فقط یک نسخه خطی شناسایی شده است که در کتابخانه عاطف ترکیه در مجموعه شماره ۱۷۱۴ نگهداری می‌شود.^۳ در شرح رساله، پی‌نوشت‌ها با شماره‌های ذکر شده در متن، متناظر هستند.



1. Sabra, p. 207.
2. Rashed, vol. 2, p. 522.
3. Ibid, vol. 2, p. 529.

به نام خداوند بخشاینده مهربان گفتار ابو علی حسن بن حسن بن هيثم درباره ساعت‌های آفتابی افقی

ساعت آفتابی صفحه‌ای با وضعیت [قرارگیری] مشخص و دارای شاخصی عمود و خط‌هایی است که وقتی نوک سایه شاخص بر این خط‌ها قرار می‌گیرد، [تعداد] ساعت‌های زمانی^۱ گذشته از روز را نشان می‌دهد. هدف از به‌کارگیری ساعت آفتابی، دانستن ساعت است. اگر به صفحه این ساعت افزون بر خط‌های ساعت، کاربردهای دیگری نیز افزوده شود، این وسیله برای اهداف دیگر هم به کار می‌رود، ولی اهداف اصلی رایج از به کار بردن آن عبارتند از: تعیین زمان سپری شده و باقی‌مانده از روز در هر لحظه و تعیین زمان نیم‌روز. هر ساعت زمانی یک دوازدهم طول روزی است که آن ساعت متعلق به آن است. مقدار [هر یک از] ساعات زمانی در هر روز متفاوت است، زیرا طول روزها با هم تفاوت می‌کند. روش کار متخصصان کار با سایه‌ها در آغاز ساخت ساعت‌های آفتابی این بود که نخست، صفحه‌ای موازی با افق آماده می‌کردند و در آن، خط نصف‌النهار را مشخص می‌کردند و بر آن خط، شاخصی راست و استوار عمود می‌کردند. وقتی سایه آن (شاخص) بر خط نصف‌النهار قرار می‌گرفت، نشان می‌داد که خورشید به دایره نصف‌النهار رسیده و مدت زمانی که از روز گذشته با آنچه از آن باقی‌مانده برابر است. سپس هر روز، خورشید را با اسطرلاب یا چیزی مانند آن رصد می‌کردند و زیر نظر می‌گرفتند تا یک ساعت زمانی که [معادل پیمایش] یک دوازدهم قوس نهار^۲ [به وسیله خورشید] است، از روز سپری شود. آنگاه به سایه شاخص عمود بر ساعت آفتابی می‌نگریستند و بر نقطه‌ای که نوک سایه بر آن می‌افتاد، نشانه‌ای می‌گذاشتند. سپس خورشید و سایه را زیر نظر می‌گرفتند تا دو ساعت از روز بگذرد، آنگاه در نوک سایه، نشانه‌ای دیگر می‌گذاشتند؛ و همین کار را برای دیگر ساعت‌ها نیز انجام می‌دادند تا بر صفحه ساعت آفتابی نشانه‌هایی گذاشته شود که ساعت‌ها را نشان دهد. سپس همین کار را در همه روزها انجام می‌دادند تا خورشید به کمترین و بیشترین فاصله خود از سمت الرأس برسد. در این حالت نقطه‌های زیادی به دست می‌آمد که هر یک از آن نقطه‌ها ساعتی را در روزی از این روزها نشان می‌داد. سپس سایه را زیر نظر می‌گرفتند و درمی‌یافتند که در هر روز، هر یک ساعتی که سپری می‌شود، نوک سایه بر نشانه‌ای قرار می‌گیرد که آن را در روزی برابر با همان روز از سال بر صفحه ساعت آفتابی گذاشته‌اند. در نتیجه این نشانه‌ها به قانونی تبدیل شدند که با آن، ساعت‌های سپری شده از روز مشخص می‌شد. سپس با دقت در این نقطه‌ها، دریافتند نقطه‌هایی که ساعت‌های همانند را در همه روزها نشان می‌دهند، بر خطی واقع‌اند که با خط راست تفاوت چندانی ندارد، بلکه همه نقطه‌هایی که ساعت‌های همانند را نشان می‌دهند، تقریباً بر خطی راست قرار دارند. پس

از آن، ساعت‌های همانند را با خط‌های راست به هم وصل کردند، چنانکه هرگاه نوک سایه بر این خط‌ها می‌افتاد، ساعت را نشان می‌داد. چون استفاده آنان [از ساعت آفتابی] با این [هدف] فزونی یافت، وقتی خواستند ساعت آفتابی بسازند، در روزی از سال [خورشید را] رصد کردند. آنگاه برای هر یک از ساعت‌های همانند دو نقطه یافتند و آن‌ها را با خطی راست به هم وصل کردند و آن را «خط ساعت‌های همانند» نامیدند، زیرا وقتی دو نقطه از این خط راست تعیین شود، همه نقطه‌های آن مشخص می‌شوند. پس از آن به این روش تکیه کردند.

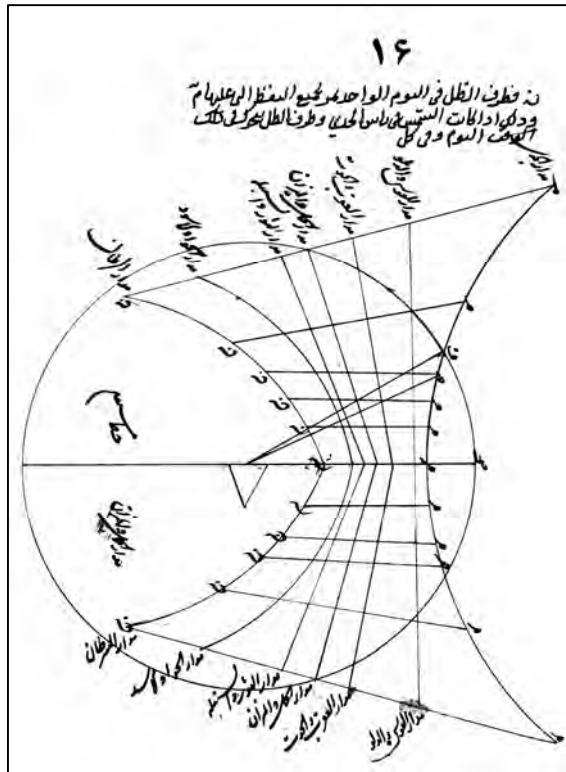
چون می‌پنداشتند که نقطه‌های ساعت‌های همانند، در حقیقت بر یک خط راست قرار ندارند و اگر دو نقطه نزدیک به هم از نقطه‌های



صفحه اول نسخه خطی شماره ۳۹۳۴/۱ کتابخانه مجلس

ساعت‌های همانند با خطی راست به هم وصل شوند و آن [خط] امتداد یابد، معلوم نیست که اگر [این دو نقطه از هم] دور شوند، تفاوت [خط واصل بین آن دو، با خط راست] بیشتر شود، به نظر می‌رسد دو نقطه را جستجو می‌کردند که نقطه‌های انتهایی [خط ساعت‌های] همانند بودند و آنها را با خطی راست به هم وصل می‌کردند و آن را خط ساعت‌های همانند در نظر می‌گرفتند. چون این کار جا افتاد، هر کس می‌خواست از ساعت آفتابی استفاده کند، روی هر یک از خط‌های ساعت، شروع به جستجوی دو نقطه‌ای می‌کرد که در دو انتهای این خط بود، زیرا بعید بود منتظر بماند خورشید به بیشترین میلش برسد و به کمترین میل باز گردد.^۳ چون زمانی که خورشید به این دو نقطه می‌رسید، نوک سایه آن، دو نقطه را نشان می‌داد که بر اساس استدلالات هندسی، همان نقطه‌هایی هستند که در دو انتهای خط‌های ساعت واقعند.^۴ بیان کلی این مطلب نزد آنان چنین بود

که در هر لحظه، نسبت طول شاخص به سایه‌اش، مانند نسبت سینوس زاویه ارتفاع^۵ خورشید است به تمام سهم^۶ (کسینوس) آن. پس خطی که سایه بر آن قرار می‌گیرد، یا خط نصف‌النهار است یا خطی است که با خط نصف‌النهار، زاویه‌ای می‌سازد که مقابل به کمانی از افق است که بین خط نصف‌النهار و کمان ارتفاع^۸ [لحظه‌ای خورشید] قرار دارد و «کمان سمت»^۹ نامیده می‌شود.^{۱۰}



صفحه ۱۶ نسخه کتابخانه مجلس

برهان این مطلب چنین است که هم خورشید و هم شاخص، همواره بر یکی از دایره‌های سمت قرار دارند، زیرا نوک شاخص به منزله مرکز عالم است و خود شاخص در امتداد خط وسط السماء؛ و شعاعی (پرتوی) از خورشید که از نوک شاخص می‌گذرد، همیشه قطر دایره سمتی است که در آن لحظه از خورشید می‌گذرد. چون شاخص و شعاع، هر دو در آن لحظه، در صفحه دایره سمت قرار دارند، سایه شاخص بر خطی در صفحه دایره سمت قرار می‌گیرد، زیرا آن (سایه) با این دو خط، یعنی شاخص و شعاع، در صفحه واحدی قرار می‌گیرند. بنابراین سایه همیشه بر خطی قرار

می‌گیرد که در صفحه دایره سمت و صفحه افق است و به بُن کمان ارتفاع منتهی می‌شود، زیرا محل برخورد افق و دایره سمت، یا خط نصف‌النهار است و یا خطی است که انتهای آن با خط نصف‌النهار کمانی می‌سازد که همان کمانی است که بین خط نصف‌النهار و کمان ارتفاع است و این، همان [کمانی] است که «کمان سمت» نامیده می‌شود.

همچنین چون سینوس زاویه ارتفاع، همان خط عمودی است که از خورشید بر قطر دایره‌ای که از نوک شاخص می‌گذرد وارد می‌شود، با محور آسمان که در امتداد شاخص است، موازی است. قطر دایره سمتی که از سر شاخص می‌گذرد با سایه موازی است، زیرا هر دوی آن‌ها در دو صفحه

موازی با هم قرار دارند که عبارتند از افق گذرنده از نوک شاخص و صفحه ساعت آفتابی، و هر دو در صفحه دایره سمت قرار دارند. خط شعاع با این خطها دو مثلث می سازد که با هم متشابهند، زیرا خطهای آنها با هم موازی هستند و نسبت سینوس زاویه ارتفاع بر سینوس آن، که همان پاره خط بین پای عمود و سر شاخص است، مانند نسبت طول شاخص است به [طول] سایه.^{۱۱}

وقتی این مطلب روشن شد، [متخصصان ساعت های آفتابی] به اثبات آن پرداختند و برای آن برهان آوردند و برای تعیین [محل] نوک سایه ها، بر این دو مقدمه تکیه کردند، زیرا این دو مقدمه برای رسیدن به هدفشان کافی بود. سازنده ساعت آفتابی در ساختن آن، نیاز دارد به دانستن ارتفاع خورشید در ساعت هایی که می خواهد نوک سایه [مربوط به] آنها را مشخص کند و نیز به اندازه کمائی از افق که بین خط سایه و خط نصف النهار قرار می گیرد و کمان سمت نام دارد. به همین دلیل، کسی که می خواهد ساعت آفتابی بسازد نخست می پردازد به تعیین اندازه ارتفاع و کمان سمت های اوقاتی که می خواهد علامت آنها را روی صفحه ساعت مشخص کند. روش به دست آوردن این [مقادیر] چنین است که برای تحلیل [مطلب] فرض کنیم خورشید در حداکثر و حداقل میلش، یعنی در مدار رأس السرطان و رأس الجدی، قرار دارد و روز به نیمه رسیده است. در این صورت سایه شاخص بر خط نصف النهار قرار گرفته است؛ از نصف النهار شروع می کنیم، چون آسان تر است. در این لحظه رأس السرطان یا رأس الجدی بر دایره نصف النهار قرار دارد و ارتفاع خورشید، همان ارتفاع رأس السرطان یا رأس الجدی است. ارتفاع نیمروزی رأس السرطان و رأس الجدی در مکانی مشخص از زمین، معلوم است، زیرا این ارتفاع، همان کمائی از دایره نصف النهار است که بین نقطه گذرا از رأس السرطان و رأس الجدی و افق قرار دارد؛ و اندازه این کمان معلوم است، زیرا میل^{۱۲} رأس السرطان و رأس الجدی از دایره استوای آسمانی،^{۱۳} و نیز فاصله سمت الرأس از استوای آسمانی در افقی معین، معلوم است. پس مجموع این دو مقدار یا اختلاف آنها از یکدیگر نیز معلوم است و این مقدار، فاصله رأس السرطان یا رأس الجدی از سمت الرأس در آن لحظه است. اگر این مقدار، از يك چهارم دایره کاسته شود، باقی مانده آن، ارتفاع رأس السرطان یا رأس الجدی در آن لحظه است. پس اندازه ارتفاع خورشید بر خط نصف النهار، وقتی در رأس السرطان یا رأس الجدی باشد، معلوم است.^{۱۴} این یکی از زمان هایی است که می خواهیم محل سایه ها را در آن بدانیم. سپس فرض می کنیم خورشید در رأس السرطان باشد و میان آن و دایره نصف النهار به اندازه يك ساعت زمانی فاصله باشد، در این صورت، اندازه ساعت زمانی، برابر با قسمت های معینی است، زیرا [هر یک از] این قسمت ها، یک دوازدهم قوس نهار مدار رأس السرطان در افق معینند، و قوس نهار هر درجه [از دایره البروج] در يك افق مشخص، معلوم است، و برهان تعیین این مقدار در کتاب های هیئت آمده است. پس فاصله بین خورشید و دایره

نصف النهار روی دایره‌ای موازی با استوای آسمانی معلوم است و این فاصله، همان یک ساعت زمانی است. در این هنگام، بین خورشید و دایره نصف النهار، کمانی از دایره البروج قرار می‌گیرد، و کمانی که [متناظر با] ساعت زمانی با مقداری معلوم است، مطالع^{۱۵} این کمان از دایره البروج است که بین خورشید و دایره نصف النهار قرار دارد و در موضعی که دایره نصف النهار، افقش باشد، این [مطالع،] استوایی است.^{۱۶}

مطالع درجات دایره البروج در خط استوا معلوم است.^{۱۷} این مطالع مشخص، همان مطالع دایره البروج در آنجا هستند. پس در آنجا، کمانی از دایره البروج که بین خورشید و دایره نصف النهار قرار دارد معلوم است و فرض می‌کنیم که خورشید در رأس السرطان قرار دارد. در این صورت ارتفاع نقطه‌ای از دایره البروج که بر دایره نصف النهار قرار دارد، و برابر با ارتفاع همان کمانی از دایره نصف النهار است که بین آن نقطه و افق قرار دارد، معلوم است، زیرا میل این نقطه و فاصله سمت الرأس از استوای آسمانی معلوم است. در این لحظه، این نقطه دایره البروج، همان وسط السماء است.^{۱۸} همچنین زمانی که در افقی معین، درجه مشخصی از دایره البروج، در وسط السماء باشد، طالع^{۱۹} در آن لحظه معلوم است، بنابراین کمانی از دایره البروج که بین افق و دایره نصف النهار است، در آن لحظه معلوم است، و [این کمان] با توجه به محل قرار گرفتن خورشید، با نسبت مشخصی تقسیم شده است. پس در آن لحظه، کمان ارتفاع معلوم است، زیرا بر اساس قضیه‌ای به نام «شکل قطاع»^{۲۰} به دست می‌آید. بنابراین ارتفاع خورشید در زمانی که بین آن کمان و دایره نصف النهار قرار دارد یک ساعت است، و این مقدار برای [مدار] رأس السرطان معلوم است.^{۲۱} به همین ترتیب مقدار ارتفاع، وقتی بین خورشید و دایره نصف النهار دو ساعت و یا بیشتر فاصله باشد، معلوم است، زیرا وقتی [تعداد] ساعت‌هایی که بین خورشید و دایره نصف النهار قرار دارند، معلوم باشد، اندازه کمانی از دایره البروج که بین خورشید و دایره نصف النهار است، معلوم است، زیرا این ساعت‌ها، همان مطالع دایره البروج در فلك مستقیم^{۲۲} هستند. پس [نقطه] وسط السماء روی دایره البروج نقطه‌ای معلوم است و طالع نیز مشخص است، و ارتفاع نیز چنانکه گفته شد، معلوم است.

به همین ترتیب، اگر خورشید در رأس الجدی و یا در هر نقطه‌ای از دایره البروج فرض شود، [مقادیر] ارتفاع [مربوط به] ساعت‌ها معلوم است، زیرا میل نقطه‌های مشخصی از دایره البروج، و مطالع آنها معلوم است و با [دانستن] آنها مقدار ارتفاع نیز مشخص می‌شود. پس با این روش، [مقدار] همه ارتفاع‌ها برای زمان‌هایی که محل نوک سایه مربوط به آنها مطلوب است، معلوم می‌شود. و اما [اندازه] سمت‌ها: وقتی طالعی از دایره البروج در ساعتی مفروض، نقطه‌ای معلوم باشد، سعة مشرق^{۲۳} آن مشخص است و این [مقدار]، همان کمانی از افق است که بین آن نقطه و

دایره استوای آسمانی^{۲۴} قرار دارد؛ پس زمانی که [مقدار] این کمان از يك چهارم دایره کاسته شود، مقدار باقی مانده، کمانی از افق است که بین آن نقطه و دایره نصف النهار از جهت شمال و یا جنوب قرار دارد. چون کمانی از دایره سمت که بین سمت الرأس و افق قرار دارد يك چهارم دایره است، و بر اساس موقعیت خورشید [به دو بخش] تقسیم شده است، و نیز [اندازه] کمانی از دایره البروج که پیشتر گفتیم معلوم است، و چنانکه گفتیم بر اساس موقعیت خورشید با نسبت معلومی تقسیم شده است، [پس] کمانی از افق که بین دایره البروج و دایره نصف النهار قرار دارد، و چنانکه گفتیم [اندازه] آن معلوم است، توسط دایره سمت با نسبتی معلوم تقسیم می شود، زیرا این [مطلب] نیز توسط شکل قطاع بیان می شود. بنابراین، اندازه کمان بین دایره سمت و دایره نصف النهار معلوم می شود. این، همان کمانی است که «سمت» نام دارد، و خطی که از مرکز افق به طرف این کمان خارج می شود، «خط السمّت» نامیده می شود. با این شیوه مقدار همه سمت ها در ساعت های مفروض به دست می آید.^{۲۵}

وقتی مقدار سمت ها و کمان های ارتفاع را می دانستند، به مرکز پایه شاخص دایره ای می زدند و آن را به ۳۶۰ بخش تقسیم می کردند و از خط نصف النهار، در جهتی که دایره سمت در آن بود، در زمانی که فرض می کردند خورشید در رأس السرطان است و فاصله اش از نصف النهار یک ساعت است، مقدار کمان سمت را تعیین می کردند و این اندازه، از طریق برهان و حساب معلوم می شد. سپس مرکز قاعده شاخص و انتهای این کمان را با خطی راست به هم وصل می کردند؛ این خط، همان خط سمت در صفحه ساعت آفتابی در آن لحظه و نیز همان خطی بود که سایه شاخص در آن لحظه بر آن قرار می گرفت، زیرا این خط در صفحه دایره سمت است و خورشید و شاخص نیز در صفحه دایره سمت هستند. سپس از مرکز قاعده شاخص خطی رسم می کردند که نسبت آن به شاخص، مثل نسبت کسینوس زاویه ارتفاع است به سینوس آن؛^{۲۶} چنانکه توضیح این کار بعداً خواهد آمد، در نتیجه آن، نقطه ای بر صفحه ساعت آفتابی به دست می آمد که در انتهای سایه ای قرار داشت که ساعت پنجم را نشان می داد، زیرا فرض می کردند که بین خورشید و دایره نصف النهار، یک ساعت فاصله است. سپس به همین ترتیب از خط نصف النهار، دایره سمت ساعت پنجم را برای زمانی که خورشید در رأس الجدی بود در نظر می گرفتند و خط سمت را به [انتهای] آن متصل می کردند، و خطی را به دست می آوردند که نسبت آن به شاخص، مثل نسبت کسینوس زاویه ارتفاع به سینوس آن در آن لحظه بود.^{۲۷} بنابراین برای آنها نقطه دیگری در صفحه ساعت آفتابی حاصل می شد که نشان دهنده ساعت پنجم بود.

چنان که پیشتر گفتیم، آنان (متخصصان ساعت های آفتابی) معتقد بودند نقطه هایی که ساعت های همانند را تعیین می کنند، بر خطی قرار دارند که جس آن را راست می انگارد، و آن ها دو

سر این خط را می‌خواستند، و این دو نقطه، دو انتهای همان خطی هستند که ساعت‌های پنجم را تعیین می‌کند. سپس این دو نقطه را با خطی راست به هم وصل می‌کردند و آن را برای تعیین ساعت‌های پنجم قرار می‌دادند و همین کار را برای دیگر ساعت‌ها نیز انجام می‌دادند تا خط‌های راستی به دست آید که نشان‌دهنده ساعت‌های دوازده‌گانه‌اند.^{۲۸}

این روشی است که با آن، خط‌های ساعت بر صفحه ساعت‌های آفتابی رسم می‌شوند و در آن گفته شد که برای کار با ساعت‌های آفتابی، به دانستن میل‌ها، سعة مشرق، کمان ارتفاع، کمان سمت و خط سمت نیاز است. این موارد می‌تواند از طریق محاسبه و نیز با استفاده از خود ابزار به دست آید، و بسیاری از کسانی که با دانش سایه‌ها سر و کار دارند، این [روش‌ها] را در کتاب‌هایشان آورده‌اند و بدان رهنمون شده‌اند. چون در این مورد چندین بار در کتاب‌ها سخن به میان آمده است، نیازی به تکرار آن در اینجا نداریم.

اینک روش کار با ساعت‌های آفتابی را به طور خلاصه بیان و آن را به سامان می‌کنیم، تا دنبال کردنش برای به کار گیرندگان آن آسان باشد. نخستین کاری که سازنده ساعت آفتابی باید انجام دهد این است که [اندازه] کمان‌های ارتفاع مربوط به هر یک از ساعت‌های روزی را که خورشید [در آن روز] در رأس السرطان قرار دارد برای افقی که می‌خواهد ساعت آفتابی در آن بسازد، از طریق محاسبه، چنانکه در زیج‌ها آمده است، به دست آورد؛ و به همین ترتیب، این مقادیر برای زمانی که خورشید در رأس الجدی است به دست می‌آید. افزون بر این، کمان‌های سمت نیز برای این ساعت‌ها، و [مقادیر] ارتفاع و سمت برای هر یک از ساعت‌ها، در زمانی که خورشید در ابتدای هر یک از برج‌ها فرض شود، به دست می‌آید. سپس برای ساده‌تر شدن کار، جدولی تنظیم می‌کند که طول آن به هفت قسمت تقسیم شده است و در بخش اول، رأس السرطان، در بخش دوم، رأس الجوزاء و رأس الأسد، در بخش سوم، رأس الثور و رأس السنبلة، در بخش چهارم، رأس الحمل و رأس المیزان، در بخش پنجم، رأس الحوت و رأس العقرب، در بخش ششم، رأس الدلو و رأس القوس، و در بخش هفتم، رأس الجدی را می‌نویسد. سپس عرض جدول را به شش بخش تقسیم می‌کند و بالای هر بخش، ساعت اول تا ساعت ششم - که در آن، روز به نیمه می‌رسد - را می‌نویسد. سپس هر یک از بخش‌های عرض جدول را به دو بخش تقسیم می‌کند و در یکی از آن‌ها ارتفاع و در بخش دیگر سمت را می‌نویسد. در بخش مربوط به ساعت ششم، فقط ارتفاع را می‌نویسد، زیرا ارتفاع در این ساعت، کمان سمت ندارد (سمت آن صفر است). این [مطلب] به این دلیل است که این ساعت، [مقارن با] نیمه روز است. سپس همه ارتفاع‌ها و سمت‌هایی را که با محاسبه به دست آورده است، یک به یک، در جای مخصوصشان در این جدول می‌نویسد. سپس در مقابل

رأس السرطان و زیر ساعت اول، در قسمتی که مربوط به ارتفاع است، مقدار کمان ارتفاع را می نویسد که برای ساعت اول [روزی] که خورشید در رأس السرطان است، به دست آورده است. ساعت اول، همان ساعتی است که فاصله آن از [خط] نصف النهار پنج ساعت است. همچنین زیر ساعت اول، در بخشی که مربوط به سمت است، مقدار کمان سمت را می نویسد که برای ساعت اول محاسبه کرده است. زیر ساعت دوم، [مقادیر] ارتفاع و سمت را می نویسد که آن‌ها را نیز برای این ساعت محاسبه کرده است؛ و به همین ترتیب برای ساعت سوم و چهارم و پنجم. زیر ساعت ششم، ارتفاع نصف النهار را می نویسد و همین کار را برای هر یک از برج‌ها انجام می‌دهد. این، تصویر نمونه‌ای از جدولی است که باید برای ساخت ساعت‌های آفتابی استفاده شود:

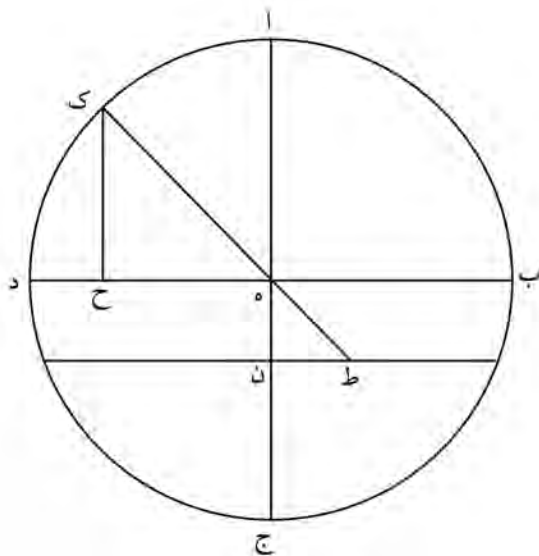
برج‌ها	ساعت اول		ساعت دوم		ساعت سوم		ساعت چهارم		ساعت پنجم		ساعت ششم	
	ارتفاع	سمت	ارتفاع	سمت	ارتفاع	سمت	ارتفاع	سمت	ارتفاع	سمت	ارتفاع	سمت
رأس السرطان												
جوزاء و اسد												
ثور و سنبله												
حمل و میزان												
حوت و عقرب												
دلو و قوس												
رأس الجدی												

سپس دایره‌ای بر صفحه مس یا جسمی صلب رسم می‌کنیم و دو قطر آن را، که یکدیگر را با زاویه قائمه قطع می‌کنند، رسم و دایره را به ۳۶۰ بخش تقسیم می‌کنیم و از مرکز دایره و روی یکی از قطرهای متقاطع، [پاره] خطی جدا می‌کنیم که طول آن برابر با طول شاخصی است که می‌خواهیم آن را بر صفحه ساعت استوار کنیم، و از محل جداسازی، خطی موازی با قطر دیگر رسم می‌کنیم، و این دایره را «دایره دستور» می‌نامیم.^{۲۹} وقتی همه این کارها انجام شد، نخست صفحه‌ای موازی با افق آن [محل] یا با افقی معلوم آماده می‌کنیم، و آن را تا آنجا که ممکن است هموار می‌کنیم. سپس خط نصف النهار را چنانکه مرسوم است، روی آن مشخص

می‌کنیم. شیوه به دست آوردن آن (خط نصف النهار)، چنین است که در یک روز، دو سایه مساوی شاخص را که یکی از آنها شرقی و دیگری غربی باشد در نظر می‌گیریم و زاویه بین آن‌ها را با خطی راست، نصف می‌کنیم. این خط، چنانکه برهان آن در جای خود در آثار ریاضیدانان آمده، همان خط نصف النهار است.^{۳۰} سپس نقطه‌ای بر خط نصف النهار در نظر می‌گیریم و در این صفحه، دایره‌ای برابر با دایره دستور [به مرکز آن نقطه] رسم می‌کنیم. بعد به جدول مراجعه می‌کنیم و [اندازه] مقادیر «کمان سمت» را برای ساعت زمانی پنجم [روزی] که خورشید در رأس السرطان است، می‌یابیم. آنگاه این مقادیر را روی دایره دستور مشخص می‌کنیم و دهانه پرگار را به اندازه آن‌ها باز می‌کنیم، سپس با همان پرگار، کمانی روی دایره‌ای که بر صفحه ساعت رسم کرده‌ایم، از طرف خط نصف النهار، برابر با کمان سمتی که در جدول یافتیم جدا می‌کنیم، و مرکز دایره و انتهای این کمان را با خطی راست به هم وصل می‌کنیم. این خط، همان خط سمت در ساعت پنجم [روزی] است که خورشید در رأس السرطان قرار دارد، و در آن لحظه، سایه شاخص بر آن قرار می‌گیرد. سپس دوباره به جدول مراجعه می‌کنیم و مقدار کمان ارتفاع را در ساعت پنجم [روزی] که خورشید در رأس السرطان است می‌یابیم. سپس از محیط دایره دستور، از طرف قطری که [پاره خطی روی آن] جدا نکرده‌ایم، کمانی جدا می‌کنیم که مقدار آن، برابر با اندازه ارتفاع در آن لحظه است. سپس انتهای این کمان و مرکز دایره را با خطی راست به هم وصل می‌کنیم و آن را امتداد می‌دهیم تا با خطی که از محل جداسازی، موازی با قطر رسم شده است،

برخورد کند. در این صورت، نسبت طول شاخص به خطی که از خط موازی با قطر جدا شده، برابر است با نسبت سینوس زاویه ارتفاع به کسینوس آن.^{۳۱}

اثبات این مطلب [چنین است]: بر دایره دستور، حروف «آ» بجد» و بر مرکز آن حرف «ه»، و بر نقطه‌ای که در انتهای طول شاخص است حرف «ن»، و بر نقطه‌ای که خط موازی با قطر در آن قطع می‌شود حرف «ط»، و بر



انتهای کمان برابر با کمان ارتفاع از دایره سمت، حرف «ک» را می‌گذاریم، و از نقطه «ک»، عمود «حک» را رسم می‌کنیم. پس «کح»، سینوس زاویه ارتفاع است و «هح» کسینوس [آن] و نسبت «حک» به «هح» مانند نسبت «ن» است به «نط»، زیرا این دو مثلث با هم متشابهند، و «هن» همان طول شاخص است و «طن» طول سایه، زیرا نقطه «ک»، به منزله محل خورشید است و خط «کهط»، به منزله شعاع، و خط «نه» به منزله شاخص. پس خط «نط» همان سایه است.^{۳۲}

وقتی این خط به دست آمد، [سازنده ساعت آفتابی] آن را با پرگار اندازه می‌گیرد و از خط سمتی که در صفحه ساعت است، از طرف مرکز دایره‌ای که در صفحه ساعت رسم کرده است، خطی برابر با خطی که آن را به دست آورده، با ساق پرگار جدا می‌کند. این خط، همان طول سایه در آن لحظه است. بنابراین برای او در صفحه ساعت آفتابی نقطه‌ای به دست می‌آید که همان انتهای خطی است که ساعت‌های پنجم را معلوم می‌کند،^{۳۳} زیرا این سایه، همان سایه یکی از دو نهایت میل خورشید است و میل خورشید از آن بیشتر نمی‌شود، و این خط، کوتاه‌ترین سایه ساعت‌های پنجم است، زیرا خورشید در این لحظه در نزدیک‌ترین فاصله به سمت‌الرأس است، و وقتی خورشید به سمت‌الرأس نزدیک است، سایه کوتاه‌تر است.^{۳۴} سپس [سازنده ساعت آفتابی] از محیط دایره‌ای که در دستور است کمانی برابر با کمان سمت، در ساعت پنجم روزی که خورشید در رأس‌الجدی است، انتخاب می‌کند، و آن را با پرگار اندازه می‌گیرد و کمانی مانند آن روی دایره‌ای که در صفحه ساعت آفتابی است، از طرف خط نصف‌النهار جدا می‌کند، و از مرکز [دایره] به انتهای آن، خطی راست رسم می‌کند. در این صورت این خط، همان خط سمت در آن لحظه است. سپس به [دایره] دستور مراجعه می‌کند و از آن، کمانی برابر با مقدار کمان ارتفاع در آن لحظه، که در جدول آمده است، جدا می‌کند و انتهای آن را به مرکز [دایره دستور] وصل می‌کند. بنابراین خطی را که همان طول سایه است می‌یابد و از خط سمت، خطی برابر با آن جدا می‌کند. در این صورت نقطه دیگری از خطی را به دست می‌آورد که سایه در ساعت‌های پنجم بر آن می‌افتد. در این هنگام این دو نقطه را با خطی راست به هم وصل می‌کند. در این صورت این خط، همان خطی است که ساعت‌های پنجم را مشخص می‌کند.^{۳۵} سپس همین کار را برای بقیه ساعت‌ها نیز انجام می‌دهد تا خطی را به دست آورد که ساعت‌های چهارم و سوم و دوم و اول را مشخص می‌کند. بنابراین در یکی از دو طرف صفحه ساعت، پنج خط برایش به دست می‌آید که پنج ساعت را نشان می‌دهند، و خط نصف‌النهار، نشان‌دهنده ساعت ششم است.^{۳۶}

واعلم ان سطوح قاعده السطح على سطح الدايه ومركزها على مركز الدايه
وبعد تلك الزاوية في جسم الرحامة ويكون قاعها مائلا ومعدلها على مركزها
بحيث ان هذا السطح هو ما يسبب ان السطح لا يظل على الرحامة
ويعبرون بها وقد كن هذا العمل بعينه ان يخرج خطوطا على اجزاء
الساعات ويخرج انهم نقط على جميع الخطوط على جميع مدارات جميع
احداث الدايه والبروج وقد يمكن ايضا ان يرد في هذه الرحامات خطوط
على الساعات المستوية وعلى الطالع ووسط السماء وعرضه وكثير من فصول
الاعمال التي يجرها أصحاب الاطلاع ولا يمكن انهم تعلم على الرحامات وسطح
السطح سطح واقف وضعه وضع من اوصاف السطوح على واحد
من الاواني كمن عرصف في هذا القول ذكر الحلال والاصول التي تعلم عليها
في عمل الرحامات والاساس الذي كسبه العمل ومواضع الحاجز الى المعالي التي
سكروا فيها في كس أصحاب الاطلاع فخطوطهم من بعد هذا الكتاب
للاطلاع السور في جميع المعالي والاغراض والاعمال التي يعرضها
هذه الصفاة وانه الموصوف والمعين على ذلك وهو موصوف وهو حسننا والحمد
لله الذي على الحسب والحق في العلم في الرحامات النقية والبرهان
العالمين وصلوا على رسول الله وآله الطيبين
تتم اسم الرحمن الرحيم وسمي على اسم الله
عنه القبل في الجزء التي اذا فابلها الانسان كالناظر الى قطر
العالم المار بالعبء وكان سماع نصره الخارج على ذلك السطح

صفحه آخر نسخه مجلس

سپس در دایره دستور، کمانی برابر با مقدار [کمان] ارتفاع نیمروزی رأس السرطان که در جدول آمده است و انتهای آن [کمان] به مرکز دایره دستور متصل می شود، مشخص می کند. بنابراین سایه نیمروزی را برای رأس السرطان به دست می آورد و مانند آن را روی خط نصف النهاری که بر صفحه ساعت آفتابی است، از طرف مرکز دایره، جدا می کند.

بدین ترتیب سایه نیمروزی را برای رأس الجدی نیز به دست می آورد و آن را روی خط نصف النهار جدا می کند و با آن، خطی را به دست می آورد که دو سر سایه های نیمروزی را در ساعت آفتابی نشان می دهد.^{۳۷}

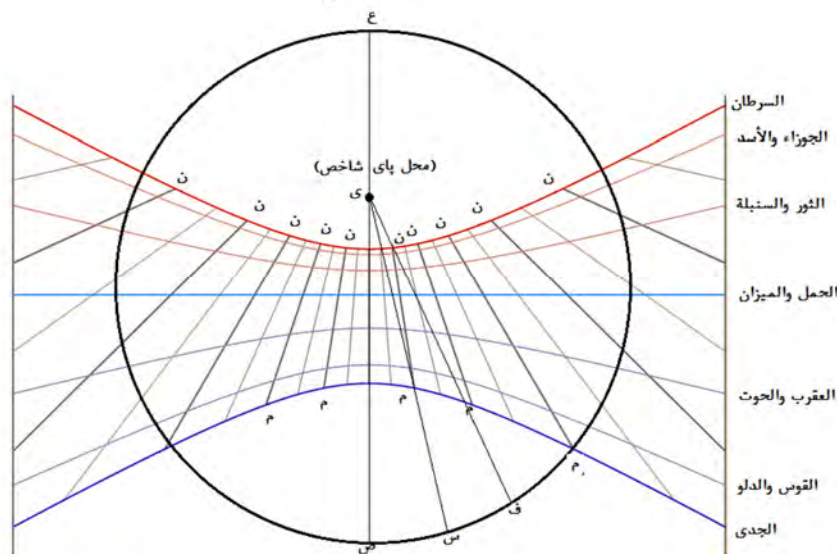
سپس در طرف دیگر صفحه ساعت آفتابی، از دایره ای که در صفحه ساعت است، کمان هایی جدا می کند برابر با کمان های سمت که در طرف اول بود، و انتهای این کمان ها را با خط های راست به مرکز دایره وصل

می کند. این کمان ها ساعت های باقی مانده [از روز] را نشان می دهند، زیرا فاصله هر یک از ساعت های غربی از دایره نصف النهار، مانند فاصله ساعت های شرقی همانندشان [از دایره نصف النهار] است. پس [اندازه کمان] سمت در هر ساعت شرقی، برابر با [اندازه کمان] سمت در ساعت غربی مشابهش است. به همین ترتیب باید اندازه ارتفاع های آن ها با هم برابر و طول سایه هایشان نیز با هم برابر باشد. بنابراین [سازنده ساعت آفتابی] از خط های سمت که در طرف دوم هستند، قسمت هایی به اندازه طول سایه هایی که در طرف اول هستند جدا می کند و دو انتهای سایه هایی را که پایان ساعت های همانند را تعیین می کنند، با خطی راست به هم وصل می کند. در

این صورت، این خط‌ها نیز همان خط‌هایی هستند که ساعت‌های همانند را تعیین می‌کنند. با این کار، در صفحه ساعت آفتابی، یازده خط به دست می‌آید که همه ساعت‌ها را نشان می‌دهند.^{۳۸}

دایره «ص ف ع» مثالی در این مورد است؛ فرض کن این، همان دایره‌ای است که در صفحه ساعت آفتابی رسم شده و مرکز آن «ی» است، و خط‌هایی که در آن قرار دارند، همان خط‌هایی هستند که یک طرفشان «م» و طرف دیگرشان «ن» است، و خط نصف النهار نیز «ص ع» است. کمان سمت را برای ساعت پنجم روزی که خورشید در رأس السرطان، [یعنی «ص ف»] [در نظر می‌گیریم]. [در این حالت،] خط سمتی که سایه بر آن قرار می‌گیرد، «ی ف» و طول سایه‌ای که از دایره دستور به دست می‌آید «ی ن» است. همچنین کمان سمت را برای ساعت پنجم روزی که خورشید در رأس الجدی، یعنی «ص س» است [در نظر می‌گیریم]. در این حالت، خط سمتی که سایه بر آن می‌افتد، «ی س» و طول سایه‌ای که دومین بار از [دایره] «د س ن» است. بنابراین دو نقطه‌ای که دو طرف [خط] ساعت‌های پنجم را مشخص می‌کند، «ن» و «م» هستند و خط «م ن» همان خطی است که سایه در ساعت‌های پنجم روزهای دیگر، تقریباً بر آن قرار می‌گیرد، و بقیه خطوط نیز چنینند: هر خطی از آنها، مربوط به یکی از ساعت‌ها است. سپس سر خط‌هایی را که در انتهای آن‌ها، «م» نوشته شده است، با خط‌هایی راست به هم وصل می‌کنیم، و برای خط‌هایی که در انتهای آن‌ها «ن» نوشته شده است نیز چنین می‌کنیم. پس نوک سایه در یک روز، از همه نقطه‌هایی که بر آنها «م» نوشته شده است، می‌گذرد، و این، همان روزی است، که [در آن،] خورشید در رأس الجدی قرار دارد. در این روز و همه روزها [ی دیگر]، نوک سایه، بر محیط مقطعی مخروطی حرکت می‌کند،^{۳۹} به جز در روز اعتدال. پس همه نقطه‌های «م»، بر محیط همان مقطع [مخروطی] قرار دارند، ولی چون رسم محیط این مقطع مخروطی بر صفحه ساعت آفتابی ساده نیست،^{۴۰} به [پاره] خط‌های راستی که نقطه‌های «م» را به هم وصل می‌کند، بسنده شده است و همه آن‌ها جایگزین [آن] مقطع مخروطی شده‌اند. خطی که نقطه‌های «م» بر آن قرار دارند، مدار جدی نامیده می‌شود، زیرا وقتی خورشید در رأس الجدی است، نوک سایه تقریباً بر این خط حرکت می‌کند؛ و همچنین خطی که نقطه‌های «ن» بر آن قرار دارند، مدار سرطان نامیده می‌شود، زیرا وقتی خورشید در رأس السرطان است، نوک سایه تقریباً بر این خط حرکت می‌کند. سپس [سازنده ساعت آفتابی] بر خط‌های ساعت، نقطه‌هایی به دست می‌آورد که وقتی خورشید در آغاز بقیه برج‌هاست، نوک سایه بر آن‌ها حرکت می‌کند. این کار بدین گونه است که به جدول‌ها مراجعه می‌کند و سمت را برای ساعت پنجم روزی می‌یابد که خورشید [در آن روز] در رأس الأسد است. سپس بر محیط دایره، از طرف خط نصف النهار، [کمانی] برابر با آن کمان (کمان سمت) جدا می‌کند و [یک سر] خط‌کش را بر مرکز دایره‌ای که در صفحه ساعت آفتابی است و [سر دیگر را] بر انتهای این کمان می‌گذارد. در این حالت، هر جا خط‌کش خط ساعت پنجم را قطع کرد، نقطه‌ای می‌گذارد. سپس [مقدار] سمت را برای ساعت

چهارم [روزی] که خورشید در رأس الأسد است از جدول می یابد و از دایره، [کمانی] برابر با این سمت نیز جدا می کند و [یک سر] خط کش را بر انتهای آن کمان (کمان سمت)، و [سر دیگر خط کش را] بر مرکز [دایره] می گذارد، هر جا [خط کش] خط ساعت چهارم را قطع کرد، نقطه ای می گذارد. همین کار را برای ساعت سوم و بقیه ساعت ها نیز انجام می دهد. بنابراین، با این کار برای او نقطه هایی بر خط های ساعت ها به دست می آید که در روزی که خورشید در رأس الأسد یا رأس الجوزاء است، نوک سایه بر همه آن ها می گذرد. سپس این نقطه ها با خط هایی راست به هم وصل می شوند و [دو منحنی هذلولی منطبق بر هم به دست می آید که] مدار جوزاء و اسد نامیده می شود. [اگر] همین کار را برای هر یک از برج ها انجام دهد، برای او در صفحه ساعت آفتابی و بر خط های ساعت ها، هفت مدار به دست می آید که چنانکه در شکل نشان داده شده است، همان مدارهای آغاز برج ها هستند.



اما [خط مربوط به] مدار حمل و میزان، خطی راست است، زیرا در آن روز (روزی که خورشید بر یکی از این مدارها واقع است)، خورشید در استوای آسمانی است و سر شاخص، همان مرکز استوای آسمانی است، و همه پرتوهایی که در آن روز از سر شاخص می گذرند، همان قطره های دایره استوای آسمانی هستند. پس همه آن ها در صفحه استوای آسمانی قرار دارند، و [صفحه] آن (استوای آسمانی)، صفحه ساعت آفتابی را قطع می کند و به نوک سایه ها منتهی می شود. بنابراین در این روز، نوک همه سایه ها در صفحه دایره استوای آسمانی و صفحه ساعت آفتابی قرار دارند. پس این [نقطه ها] (نوک سایه ها) در فصل مشترک دایره استوای آسمانی و صفحه ساعت آفتابی روی خطی راست قرار می گیرند. این خط، خط نصف النهار را با زاویه قائمه قطع می کند، زیرا بر صفحه دایره نصف النهار عمود است؛ این [مطلب] به این دلیل است که هر یک از صفحه های استوای آسمانی و

افق، بر صفحه دایره نصف النهار عمودند، پس فصل مشترک آن‌ها، که همان خطی است که نوک سایه بر آن قرار می‌گیرد، بر هر خطی که دایره نصف النهار بر آن قرار می‌گیرد، عمود است. پس این خط (خط فصل مشترک) با خط نصف النهار زاویه قائمه می‌سازد.^{۴۱} بنابراین، در به دست آوردن این خط، که همان مدار حمل و میزان است، به دانستن [اندازه] ارتفاع نصف النهار رأس الحمل از جدول بسنده می‌شود. [در این صورت] از [دایره] دستور، [کمانی] برابر با آن (کمان ارتفاع نصف النهار رأس الحمل) انتخاب می‌شود، و طول سایه به صورتی که گفتیم رسم می‌شود و [مقداری] برابر با آن، از خط نصف النهاری که در صفحه ساعت است، از طرف مرکز دایره، جدا می‌شود. سپس از انتهای این خط، خطی با زاویه قائمه رسم می‌شود تا بر خط‌های همه ساعت‌ها بگذرد. این خط همان مدار حمل و میزان است.

وقتی [سازنده ساعت آفتابی]، این کارها را انجام داد، [باید] شاخصی صنوبری (مخروطی) شکل از جسمی سخت تهیه کند که زود از بین نرود، و طول آن را به اندازه طول خطی که آن را از قطر دایره دستور جدا کرده، انتخاب کند و کمی به انتهای دایره شکل [شاخص] اضافه کند، سپس آن را در مرکز دایره‌ای که در ساعت آفتابی است، مانند شاخص «فی» استوار کند و مطمئن شود که قاعده شاخص بر صفحه دایره منطبق شده است و قاعده آن بر مرکز دایره قرار دارد، و آن قسمت اضافی را در بدنه ساعت آفتابی فرو کند و آن را راست و استوار عمود و به‌خوبی در آن محکم کند.

آنچه شرح دادیم، چیزی است که متخصصان کار با سایه‌ها در ساعت‌های آفتابی به کار می‌بندند و به آن بسنده می‌کنند. دقیقاً با همین کار می‌توانیم خط‌های نشان دهنده بخش‌های کوچکتر ساعت‌ها، و نیز نقطه‌های نشان دهنده همه درجات دایره البروج را به دست آوریم. همچنین می‌توان به این ساعت، با استفاده از روش‌های متخصصان کار با سایه‌ها، خط‌هایی افزود که ساعت‌های برابر، طالع، وسط‌السماء و چیزهای دیگری را نشان دهند. همچنین می‌توان ساختار ساعت‌های آفتابی را با جزئیات توضیح داد و آن را برای هر سطح و هر افق و هر وضعیتی از سطوح در هر افق شرح داد. اما هدف ما در این گفتار، فقط بیان کلیات و اصول مورد اتکا در کار با ساعت‌های آفتابی، و نیز اشاره به چگونگی کار و مفاهیم مورد نیازی است که ذکر آن‌ها فقط در کتاب‌های متخصصان کار با سایه‌ها تکرار شده است؛ پس از این، تألیف کتابی درباره ابزارهای [مربوط به] سایه‌ها را آغاز خواهیم کرد و در آن، همه معانی و هدف‌ها و کارهایی را که در این فن به آن‌ها نیاز است، بیان خواهیم کرد؛^{۴۲} خداوند بر این کار یاری‌گر و توفیق دهنده است، و او ما را کفایت و بهترین وکیل است؛ و خداوند داناتر است.^{۴۳}

گفتار ابوعلی حسن بن حسن بن هیشم درباره ساعت‌های آفتابی افقی پایان یافت.

سپاس از آن خداوند جهانیان است، و درود او بر فرستاده‌اش محمد^(ص) و همه خاندان او باد.

پی‌نوشت‌ها (شرح رساله)

۱- در دوره اسلامی ساعت‌ها را به‌طور کلی به دو نوع مستوی (یا معدّل یا برابر) و مُعَوّج (یا زمانی یا نابرابر) تقسیم می‌کردند. طول هر ساعت مستوی برابر با $\frac{1}{24}$ طول شبانه روز است. بنابراین، طول ساعت‌های مستوی با هم برابر است، اما تعداد ساعت‌های مستوی روز و شب در مواقع مختلف سال با هم متفاوت است. برای به دست آوردن طول هر ساعت معوج، باید طول روز و شب را، هر یک به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم کرد. بنابراین، در آن هنگام از سال که طول روز بیش از طول شب باشد، طول یک ساعت زمانی در روز، بیش از طول یک ساعت زمانی در شب است.^۱ چون صفحه ساعت‌های آفتابی افقی، موازی با صفحه افق محلی است، ساعتی که خط‌های سمت آنها نشان می‌دهند، ساعت زمانی است.

۲- قوس نهار، کمانی است که مسیر پیمایش خورشید را در بالای افق نشان می‌دهد و نقطه‌های طلوع، غروب و محل آن بر نصف‌النهار را به هم وصل می‌کند.^۲

۳- براساس آنچه ابراهیم بن سنان بن ثابت بن قره (۲۹۶-۳۳۵ ق) در کتابش درباره طراحی و ساخت ساعت‌های آفتابی با عنوان کتاب فی آلات الأطلال نوشته است، یونانیان معتقد بودند نقطه‌های تعیین‌کننده یک ساعت زمانی مشخص، وقتی روی خط‌های همه روزهای سال مشخص شود، بر روی یک خط راست قرار می‌گیرد. بنابراین آنان نخست محل قرار گرفتن نوک سایه شاخص در ساعت زمانی مطلوب را به صورت نقطه‌ای روی هذلولی متناظر با مدار رأس السرطان و سپس نقطه نظیر آن را بر هذلولی متناظر با مدار رأس الجدی، روی صفحه ساعت مشخص می‌کردند. سپس این دو نقطه را به هم وصل می‌کردند تا خط مورد نظر، که «خط ساعت‌های همانند» نامیده می‌شده است، به دست آید. ابراهیم بن سنان درباره رسم خط‌های ساعت در بخش اول کتابش با اقامه برهان‌های هندسی کوشیده است نشان دهد که بر خلاف نظر پیشینیانش خط‌هایی که نوک سایه بر آنها قرار می‌گیرد، راست نیستند.^۳

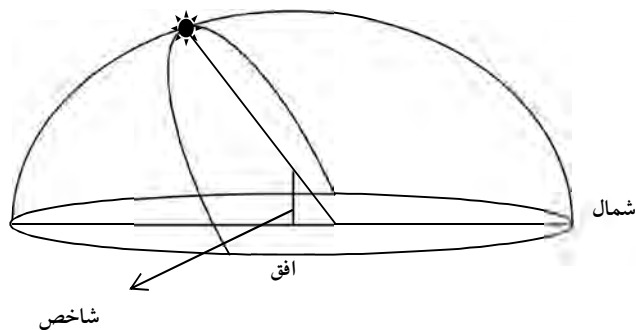
۴- در انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی، خورشید به ترتیب به مدارهای رأس السرطان و رأس الجدی، و میل آن به بیشترین و کمترین مقدار خود، یعنی $(27^\circ, +23^\circ)$ و $(27^\circ, -23^\circ)$ می‌رسد. بنابراین، خورشید در هنگام ظهر این دو روز، به ترتیب به بیشترین و کمترین ارتفاع خود در آسمان می‌رسد. در نتیجه ردّ سایه سر شاخص بر صفحه ساعت آفتابی در این دو روز، دو منحنی

۱. بیرونی، ص ۷۰.

۲. همان، ص ۶۲.

۳. ابراهیم بن سنان، ص ۱۹۰-۲۰۲.

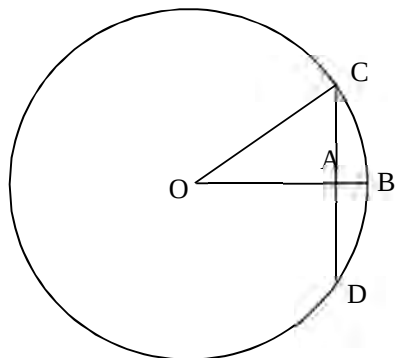
رسم می کند که از این دو، آن که به شاخص نزدیک تر است مربوط به انقلاب تابستانی و دیگری، که در دورترین فاصله از شاخص است، مربوط به انقلاب زمستانی است. چون در روزهای دیگر سال مقدار میل خورشید بین دو مقدار مذکور است، سایه سر شاخص در روزهای دیگر بین این دو منحنی قرار می گیرد و هیچ گاه از آن ها تجاوز نمی کند. اما باید توجه داشت که خط هایی که ردّ سایه سر شاخص بر صفحه ساعت آفتابی افقی را در طول یک روز مشخص می کنند، به جز خط مربوط به اعتدالین، همگی هذلولی هستند. زیرا چنانکه در شکل ۱ نشان داده ایم، اگر حرکت خورشید را در یکی از روزهای سال زیر نظر بگیریم، خواهیم دید مسیر حرکت خورشید بالای افق محلی، از لحظه طلوع تا لحظه غروب آن، کمانی موازی با کمان استوای آسمانی است که با صفحه افق محلی، زاویه ای برابر با متمم عرض جغرافیایی آن محل می سازد. این کمان، بخشی از قاعده مخروطی را تشکیل می دهد که مولد آن، پرتوی از خورشید است که به سر شاخص می تابد. به دلیل تمایل قاعده این مخروط، محور آن نیز با صفحه افق، زاویه ای برابر با عرض جغرافیایی محل می سازد. حال، اگر پرتو خورشید را از طرف سر شاخص ساعت آفتابی ادامه دهیم تا به صفحه ساعت برخورد کند، مخروط دیگری به وجود می آید که هم رأس با مخروط قبلی و محور آن در امتداد محور مخروط قبلی است. در این حالت سطح مخروط دوم توسط صفحه ساعت آفتابی قطع می شود و یک مقطع مخروطی را ایجاد می کند.



شکل ۱

چون صفحه ساعت آفتابی، که نقش صفحه قاطع در ایجاد این مقطع مخروطی را ایفا می کند، نه با محور مخروط مورد نظر موازی است و نه با مولد آن، مقطع مخروطی ایجاد شده، یک هذلولی خواهد بود.

۵- زاویه ای را که خطّ واصل بین خورشید و چشم ناظر با صفحه افق می سازد، «زاویه ارتفاع» می نامند.



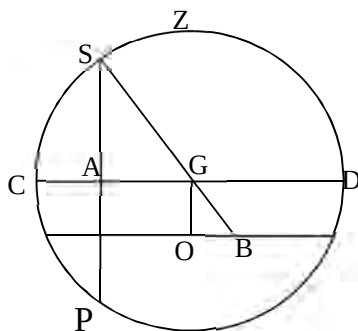
شکل ۲

اگر کمانی از دایره انتخاب و وتر آن را رسم کنیم، سپس شعاعی از دایره را بر آن عمود کنیم، در متون ریاضی و نجوم دوره اسلامی، قسمتی از این شعاع که بین نیمه وتر و نیمه کمان مذکور قرار می‌گیرد «سهم»^۱ و قسمت باقی‌مانده آن که برابر است با تفاضل طول شعاع و سهم، «تمام سهم» نامیده شد است.

در شکل ۲، کمان CBD، وتر این کمان، و شعاع عمود بر وتر است. در این صورت، AB سهم کمان CBD و OA تمام سهم، یا

در واقع «شعاع منهای سهم» است. برخی مؤلفان AB را سهم کمان BC می‌نامیدند و طبق این تعریف در مثلث قائم‌الزاویه OAC، پاره خط OA، که تمام سهم نامیده شد، همان کسینوس زاویه AOC است که عموماً جیب تمام BC خوانده می‌شد.

۷- اگر دایره CSZD را دایره گذرنده از خورشید (S)، سمت الرأس (Z) و افق (CD) در نظر بگیریم، و GO طول شاخص و OB طول سایه آن باشند، در این حالت، CA سهم کمان CS، و AG برابر با (CG - AC)، تمام سهم آن است. در مثلث AGS، AG برابر با کسینوس زاویه (AGS) (روبرو به کمان (CGS) و SA سینوس این زاویه است.



شکل ۳

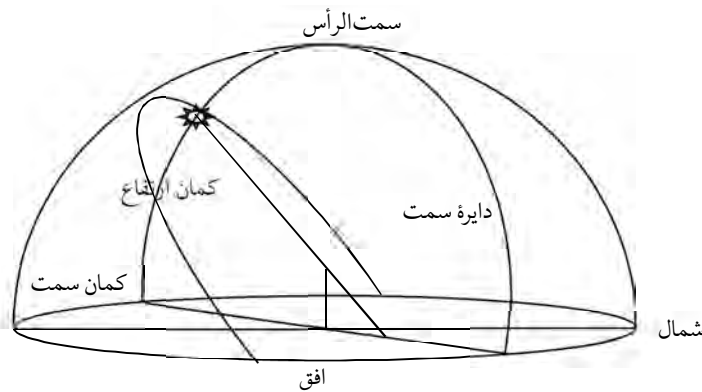
بنابراین، بیان امروزی آنچه در متن رساله آمده، چنین است:

۱. بیرونی، ص ۸.

$$\frac{GO}{OB} = \frac{\sin(\hat{AGS})}{\cos(\hat{AGS})} = \tan(\hat{AGS}) \quad (۱)$$

زیرا دو مثلث AGS و OBG به دلیل تساوی زاویه‌ها با هم متشابهند.

۸- هنگام نیمروز، خورشید روی دایره نصف النهار است، و سایه شاخص روی خط نصف النهار قرار می‌گیرد. اما وقتی خورشید در محلی به جز خط نصف النهار است، سایه شاخص روی خط نصف النهار قرار نمی‌گیرد، بلکه بر خطی واقع می‌شود که با خط نصف النهار زاویه‌ای می‌سازد که کمان مقابل به آن، برابر با کمانی است که بین پای کمان ارتفاع خورشید و خط نصف النهار قرار دارد و «کمان سمت» نامیده می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴

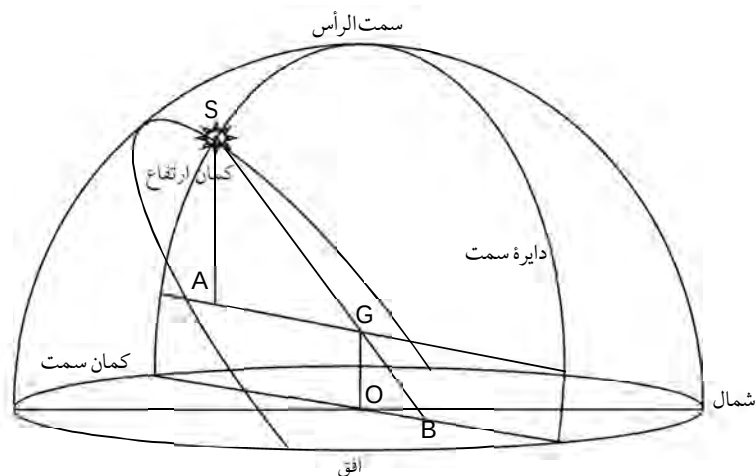
۹- کمانی که از سمت الرأس و جرم آسمانی مورد نظر (در اینجا خورشید) می‌گذرد و بر صفحه افق فرود می‌آید، «دایره سمت» آن جرم، و قسمتی از این کمان که بین آن جرم آسمانی و افق قرار دارد، «کمان ارتفاع» آن جرم خوانده می‌شود.

۱۰- در متون نجوم دوره اسلامی، کمانی از افق که بین نقطه تقاطع کمان ارتفاع با افق و خط اعتدال (خط واصل مشرق و مغرب) قرار دارد، کمان سمت نامیده شده است.^۱

۱۱- در شکل ۵، خط AG موازی با صفحه افق و گذرنده از نوک شاخص است، و AGS برابر با زاویه ارتفاع خورشید است. ابن هیثم سر شاخص، یعنی نقطه G، را به دلیل نادیده گرفتن طول شاخص نسبت به دیگر ابعاد شکل، مرکز عالم، و در نتیجه مرکز دایره سمت فرض کرده است. در این صورت، پاره خط GA قسمتی از قطر دایره سمت، و پاره خط AS که بر AG عمود شده است،

۱. همان، ص ۱۸۳.

سینوس زاویه AGS خواهد بود. بنابراین، در اینجا نیز با توجه به تشابه دو مثلث SAG و OGB رابطه ۱ صادق است.



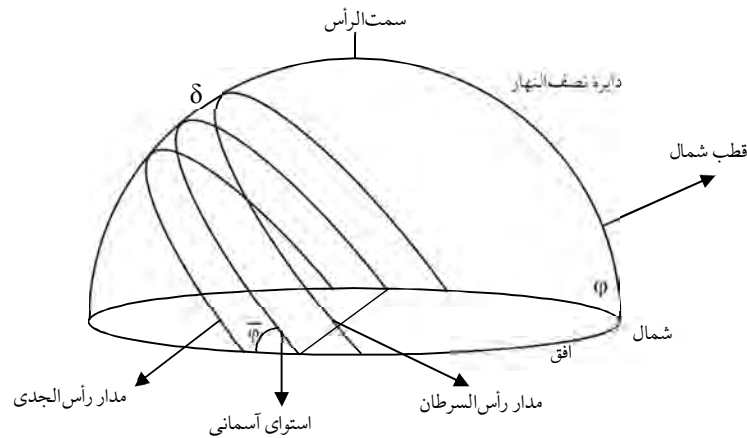
شکل ۵

۱۲- میل هر جرم یا مدار آسمانی، عبارت است از فاصله آن جرم یا مدار آسمانی از دایره استوای آسمانی، بر روی هر دایره‌ای که از دو قطب آسمان بگذرد (مثل دایره نصف النهار).^۱

۱۳- زاویه تمایل دایره استوای آسمانی (معدّل النهار) با افق محلّی، برابر با متمم عرض جغرافیایی است و خورشید در اعتدالین بر این دایره حرکت می‌کند.

۱۴- در شکل ۶، δ ، φ و $\bar{\varphi}$ به ترتیب نشان‌دهنده میل جرم آسمانی، عرض جغرافیایی و متمم عرض جغرافیایی محل هستند. ارتفاع قطب شمال آسمانی از افق هر محل، برابر با عرض جغرافیایی آن محل است. بدین ترتیب اندازه کمانی از دایره نصف النهار که بین قطب شمال آسمانی و سمت الرأس است، برابر با متمم عرض جغرافیایی، اندازه کمان بین سمت الرأس و نقطه تقاطع دایره نصف النهار و استوای آسمانی برابر با عرض جغرافیایی، و اندازه کمان بین این نقطه و صفحه افق (ارتفاع نقطه تقاطع دایره نصف النهار و استوای آسمانی)، برابر با متمم عرض جغرافیایی محل است.

۱. همان، ص ۷۵.



شکل ۶

میل رأس السرطان (یا رأس الجدی)، برابر با اندازه کمانی از دایره نصف النهار است که بین مدار رأس السرطان (یا رأس الجدی) و استوای آسمانی قرار دارد. این اندازه، برابر با ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه است. بنابراین با داشتن مقدار عرض جغرافیایی محل (که با اندازه گیری ارتفاع قطب شمال آسمانی در هر محل به دست می آید) می توان چنانکه در این قسمت از رساله آمده است، ارتفاع خورشید را در هنگامی که در یکی از روزهای انقلابین روی نصف النهار قرار دارد، به دست آورد. بدین منظور، محاسبات زیر لازم است:

$$h_s = \bar{\varphi} + \delta_s = (90^\circ - \varphi) + 23^\circ; 27' \quad (2)$$

$$h_j = \bar{\varphi} + \delta_j = (90^\circ - \varphi) - 23^\circ; 27' \quad (3)$$

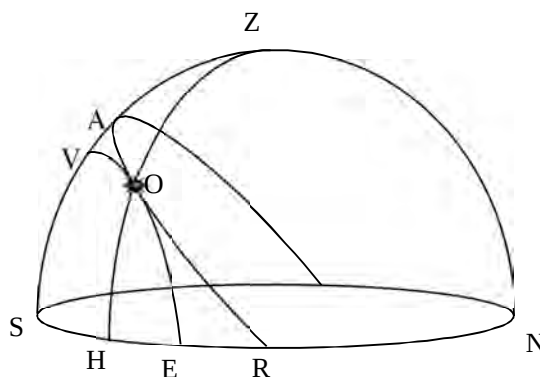
$$\bar{\varphi} = (90^\circ - \varphi) \quad (4)$$

در این روابط، h_s ارتفاع نقطه تقاطع مدار رأس السرطان با دایره نصف النهار، h_j ارتفاع نقطه تقاطع مدار رأس الجدی با دایره نصف النهار، φ عرض جغرافیایی راصد، δ_s میل مدار رأس السرطان و δ_j میل مدار رأس الجدی است. دو مقداری که از این روابط به دست می آید، برابر با ارتفاع خورشید در ظهر روزهای انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی است.

۱۵- اگر دایره استوای آسمانی را به ۳۶۰ بخش تقسیم کنیم، این بخش ها را «ازمان»، و اگر دایره البروج را به ۳۶۰ بخش تقسیم کنیم، این بخش ها را در دوره اسلامی «درجات» می خواندند.^۱

۱. بیرونی، ص ۷۴.

۱۶- در شکل ۷، Z سمت الرأس، A نقطه تقاطع مدار رأس السرطان با نصف النهار محل، V نقطه تقاطع دایره البروج با نصف النهار (نقطه وسط السماء)، S نقطه جنوب، O خورشید، ZH کمان ارتفاع، VE کمانی از دایره البروج، AR کمانی از مدار رأس السرطان، N نقطه شمال و کمان SVZN نصف النهار را نشان می دهد.



شکل ۷

در این شکل فرض می‌کنیم بین خورشید و نصف‌النهار، بر مدار رأس‌السرطان، یک ساعت زمانی فاصله است. در این لحظه بین خورشید و نصف‌النهار، کمانی از دایرة البروج قرار دارد که مطالع آن برای هر یک ساعت زمانی در یک افق معین، مشخص است. دانستن این مقادیر، با مراجعه به جدول‌های نجومی موجود در کتاب‌های هیئت امکان پذیر بوده است. بنابراین، در این شکل اندازهٔ کمان‌های OA و OV معلوم است. به‌طور کلی می‌توان مشخص کرد که در هر افق، طلوع هر یک از درجه‌های دایرة البروج متناظر با طلوع کدام بخش از استوای آسمانی است. این بخش‌ها را در عرض جغرافیایی صفر درجه (دایرة استوا)، «مطالع فلک مستقیم» یا «مطالع کرهٔ

۱. همان، ص ۷۵.
۲. همان، ص ۲۰۱-۲۰۳.

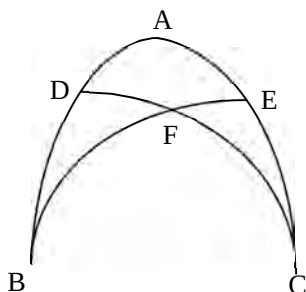
منتصبه»، و در عرض‌های جغرافیایی دیگر، «مطالع افق مایل» یا «مطالع فلک مایل» می‌نامیدند.^۱
 ۱۷- منظور، همان مطالع فلک مستقیم است.

۱۸- بالاترین نقطه دایرة البروج، یعنی نقطه تقاطع آن با دایرة نصف النهار، را «وسط السماء» می‌نامیدند.^۲ چون این نقطه در ابتدای بیت دهم در احکام نجوم قرار دارد، برخی منجمان «عاشر» (بیت دهم) را جزو وسط السماء دانسته‌اند.^۳

۱۹- برج (یا درجه) طالع، برج یا درجه‌ای از دایرة البروج است که در یک لحظه مشخص از افق شرقی بالا می‌آید.^۴

۲۰- به‌طور کلی در ریاضیات دوره اسلامی، لفظ «شکل قِطَاع» برای دو صورت هندسی به کار می‌رفته است. یکی شکلی است که از تقاطع چهار خط راست که دو به دو یکدیگر را قطع می‌کنند، در صفحه حاصل می‌شود، و آن را «شکل قِطَاع سطحی» می‌نامیده‌اند، و دیگری شکلی است که از تقاطع چهار دایرة عظیمه که دو به دو یکدیگر را قطع می‌کنند، بر سطح یک کره به وجود می‌آید، و «شکل قِطَاع کروی» یا به‌طور خلاصه «قِطَاع» نامیده می‌شده است.^۵ دو شکل قِطَاع سطحی و کروی، و روابط مربوط به آن‌ها به صورت زیر است:

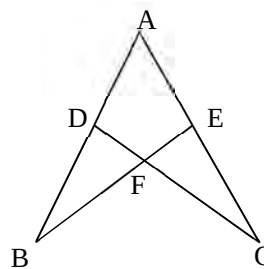
شکل قِطَاع کروی



شکل ۹

$$\frac{\sin(CE)}{\sin(AE)} = \frac{\sin(CF)}{\sin(DF)} \times \frac{\sin(DB)}{\sin(AB)} \quad (۶)$$

شکل قِطَاع سطحی



شکل ۸

$$\frac{CE}{AE} = \frac{CF}{DF} \times \frac{DB}{AB} \quad (۵)$$

۱. همان، ص ۲۰۱.

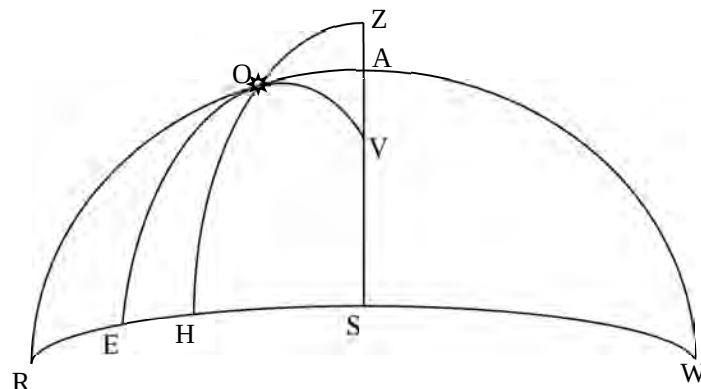
2. Kennedy, 1956, p. 37.

۳. مسعودی، ص ۱۵۰.

۴. بیرونی، ص ۲۰۵.

۵. قربانی، ص ۱۴۸.

۲۱- شکل زیر، کمان های مشخص شده در شکل ۷ را از دید ناظری نشان می دهد که به سوی جنوب ایستاده است:



شکل ۱۰

در شکل ۱۰ کمان REHSW بخشی از افق ناظر، R و W نقاط تقاطع مدار رأس السرطان با افق، E نقطه تقاطع دایره البروج با افق، H نقطه تقاطع کمان ارتفاع با افق، S نقطه تقاطع دایره نصف النهار با افق در جهت جنوب، Z نقطه سمت الرأس، ZAVS بخشی از دایره نصف النهار، ROAW بخشی از مدار رأس السرطان، A نقطه تقاطع مدار رأس السرطان با دایره نصف النهار، EOVS بخشی از دایره البروج، ZOH کمان ارتفاع و O موضع خورشید در زمانی است که یک ساعت زمانی تا دایره نصف النهار فاصله دارد.

بنابر آنچه ابن هیثم در این بخش از رساله نوشته است، باید بتوان با در نظر گرفتن برخی از کمان های مشخص شده در شکل ۱۰، و به کارگیری روابط شکل قطاع کروی، ارتفاع خورشید را در این شرایط محاسبه کرد. اما ابن هیثم، چگونگی این محاسبه را به تفصیل بیان نکرده و فقط به آن اشاره کرده است. در این جا به شرح این محاسبات می پردازیم:

کمان های EOVS، HOZ، ZVS، EHS را، به ترتیب بخش هایی از چهار دایره عظیمه دایره البروج، دایره ارتفاع، دایره نصف النهار و افق هستند. با در نظر گرفتن این چهار کمان، می توان رابطه شکل قطاع کروی را برای به دست آوردن OH، یعنی ارتفاع خورشید، نوشت:

$$\frac{\sin ZV}{\sin SV} = \frac{\sin ZO}{\sin HO} \times \frac{\sin HE}{\sin SE} \Rightarrow \frac{\sin ZV}{\cos ZV} = \frac{\cos OH}{\sin OH} \times \frac{\sin HE}{\sin SE} \quad (7)$$

$$\Rightarrow OH = \cot^{-1} \left[\operatorname{Tg}(ZV) \times \frac{\sin SE}{\sin HE} \right]$$

در این رابطه، مقادیر زیر مشخص هستند:

ZV عبارت است از فاصله بین نقطه وسط السماء تا سمت الرأس که در واقع برابر با متمم ارتفاع وسط السماء است، و چون طبق متن رساله، نقطه وسط السماء در هر لحظه معلوم و ارتفاع آن قابل محاسبه است، مقدار ZV نیز معین است. SE فاصله نقطه تقاطع دایره البروج با افق تا نقطه جنوب است که می توان آن را با استفاده از رابطه زیر در مثلث قائم الزاویه VSE محاسبه کرد:

$$\cos(EV) = \cos(VS) \cdot \cos(ES) \quad (8)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$ES = \cos^{-1} \left[\frac{\cos(EV)}{\cos(VS)} \right] \quad (9)$$

HE فاصله نقطه تقاطع کمان ارتفاع و افق تا نقطه تقاطع دایره البروج و افق است که مقدار آن از طریق قضیه سینوس ها (شکل مغنی) برای مثلث EOH به صورت زیر به دست می آید:

$$\frac{\sin(EOH)}{\sin(EH)} = \frac{\sin(EHO)}{\sin(OE)} \Rightarrow \frac{\sin(\varepsilon)}{\sin(EH)} = \frac{1}{\sin(OE)} \quad (10)$$

$$\Rightarrow EH = \sin^{-1} [\sin(\varepsilon) \cdot \sin(OE)]$$

با داشتن سه مقدار اخیر، و رابطه شماره ۷، می توان ابتدا مقدار $\cot(OH)$ ، و سپس با مقوس کردن (به دست آوردن کمائی که مقدار $\cot$ آن برابر با مقداری معلوم است)، مقدار OH، یعنی اندازه ارتفاع خورشید را در لحظه مورد نظر به دست آورد.

۲۲- چون در دایره استوا، همه مدارها (از جمله مدارهای رأس السرطان و رأس الجدی) بر افق عمود هستند، دایره استوا را «فلک مستقیم» یا «کره منتصبه» (به معنی گوی راست) نامیده اند.^۱

۲۳- محل برآمدن خورشید فقط در روزهای اعتدال بهاری و پاییزی که خورشید روی استوای آسمانی حرکت می کند بر نقطه مشرق منطبق است. در طول بهار، محل طلوع خورشید به سوی شمال جابجا می شود تا در آغاز تابستان به محل تقاطع مدار رأس السرطان و افق برسد. در آغاز پاییز محل طلوع خورشید دوباره بر نقطه مشرق منطبق می شود، و در طول پاییز، محل طلوع به سوی جنوب جابجا می شود تا در آغاز زمستان به محل تقاطع افق و مدار رأس الجدی برسد. در نجوم دوره اسلامی کمائی از افق را که در هر یک از روزهای سال، میان نقطه طلوع خورشید (یا هر جرم آسمانی دیگر)، و نقطه مشرق قرار دارد، «سعة مشرق» می نامیدند.^۲

۲۴- رشدی راشد در این قسمت از متن عربی رساله،^۳ به جای اصطلاح «دائرة معدّل النهار»، که در هر دو نسخه مورد استفاده او یعنی نسخه برلین و نسخه مجلس تهران به همین شکل آمده

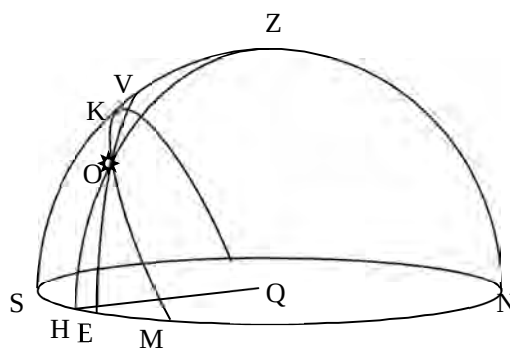
۱. بیرونی، ص ۱۹۲.

۲. همان، ص ۱۷۵.

3. Rashed, vol. 5, p. 831.

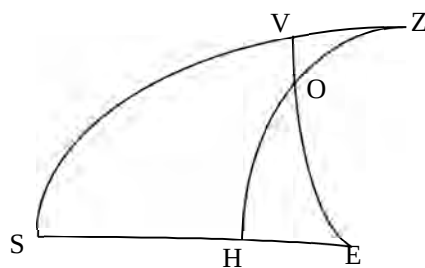
است، اصطلاح «دائرة نصف النهار» را به کار برده که نادرست است. طبق تعریف اصطلاح «سعة مشرق» (مشروح در پی نوشت شماره ۲۳) این اصطلاح باید «دایرة معدّل النهار» باشد. به همین دلیل در شرح و ترجمه فارسی این رساله، لفظ مضبوط در دو نسخه (یعنی دایرة معدّل النهار) را ملاک قرار داده ایم.

۲۵- در شکل ۱۱، Z نقطه سمت الرأس، SZN دایره نصف النهار، ZH کمان ارتفاع، KM بخشی از مسیر روزانه خورشید، VE بخشی از دایره البروج، V نقطه وسط السماء و SHEMN افق ناظر است. Q، مرکز دایره افق، QH خط سمت و O محل قرار گرفتن خورشید در آسمان را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱

اگر کمان‌های ZVS، HOZ، EOZ و SHE را بخش‌هایی از چهار دایرهٔ عظیمه در نظر بگیریم که دو به دو یکدیگر را قطع کرده‌اند، شکل شمارهٔ ۱۲ را خواهیم داشت، که می‌توان بر اساس شکل قطاع برای آن رابطهٔ زیر را نوشت:



شکل ۱۲

$$\frac{\sin(EH)}{\sin(SH)} = \frac{\sin(EO)}{\sin(VO)} \times \frac{\sin(VZ)}{\sin(SZ)} \quad (11)$$

چون کمان SZ برابر فاصله بین سمت الرأس تا نقطه جنوب بر روی افق است، مقدار آن ۹۰ درجه است. بنابراین رابطه شماره ۱۱ به صورت زیر در خواهد آمد:

$$\sin(HS) = \frac{\sin(VO)}{\sin(EO)} \times \frac{\sin(EH)}{\sin(VZ)} \quad (12)$$

در رابطه اخیر، با توجه به مشخص بودن برج طالع (بر اساس آنچه در رساله آمده)، و نیز با اطلاع طول دایره البروجی خورشید، مقدار OE و نیز مقدار OV، که برابر با کمانی از دایره البروج متناظر با تعداد ساعت‌های زمانی باقی مانده تا ظهر برای افق ناظر است، از طریق مراجعه به جدول‌های هیئت قابل محاسبه بوده است.

با توجه به متن رساله، ارتفاع نقطه وسط السماء (کمان SV) در یک زمان مشخص، برای یک افق معین معلوم بوده است. بنابراین، متمم آن، یعنی مقدار ZV، نیز معلوم است. مقدار EH را نیز با در نظر گرفتن مثلث کروی HOE در شکل ۱۲ و از طریق قضیه سینوس‌ها (شکل مغنی)، با توجه به این که زاویه EOM در شکل ۱۱ برابر با ۲۳ درجه و ۲۷ دقیقه و بنابراین زاویه HOE برابر با متمم آن یعنی ۶۶ درجه و ۳۳ دقیقه است، می‌توان به دست آورد:

$$\frac{\sin(\hat{EOH})}{\sin(\hat{HE})} = \frac{\sin(\hat{OHE})}{\sin(\hat{OE})} \Rightarrow EH = \sin^{-1} [\sin(\hat{EOH}) \cdot \sin(\hat{OE})] \quad (13)$$

بدین ترتیب، مقدار سمت (HS) برای هر لحظه مطلوب، به دست می‌آید.

۲۶- ترجمه آنچه در هر دو نسخه برلین (گ ۱۵۶ پ) و مجلس تهران (گ ۵ ر)، و نیز در متن مصحح (ص ۸۳۱) آمده، چنین است: «... مثل نسبت سینوس زاویه ارتفاع است به سینوس آن» (کنسبه جیب الارتفاع إلى تمام سهمه) که نادرست است.

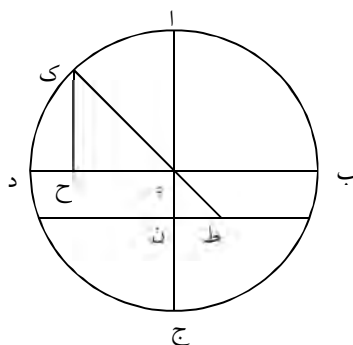
۲۷- در این قسمت نیز ترجمه آنچه در نسخه برلین (گ ۱۵۷ ر)، و نسخه مجلس تهران (و ۵) و متن مصحح (ص ۸۳۳) آمده چنین است: «... مثل نسبت سینوس زاویه ارتفاع به سینوس آن در آن لحظه بود» (کنسبه جیب ارتفاع ذلک الوقت إلى تمام سهمه) که نادرست است.

۲۸- در این بخش ابن هیثم مدرج کردن ساعت‌های آفتابی را شرح داده است. روش او برای این کار چنین است که ابتدا دایره‌ای به مرکز شاخص رسم و آن را به ۳۶۰ بخش تقسیم می‌کنیم. سپس خط نصف النهار را روی آن مشخص می‌کنیم. بعد مقدار سمت را برای زمانی که خورشید در مدار رأس السرطان قرار دارد و فاصله آن تا دایره نصف النهار یک ساعت زمانی است، با روشی که پیشتر توضیح دادیم، محاسبه می‌کنیم. سپس روی نیمه پایینی محیط دایره، کمانی برابر با کمان سمت محاسبه شده، با شروع از خط نصف النهار به سوی غرب جدا می‌کنیم و انتهای این کمان را



به پای شاخص وصل می‌کنیم. این خط همان خط سمت خورشید در آن لحظه است. بعد با توجه به مقدار ارتفاعی که برای خورشید در آن لحظه محاسبه می‌کنیم، روی خط سمت رسم شده، پاره خطی جدا می‌کنیم که نسبت طول شاخص به این پاره خط، برابر با نسبت سینوس ارتفاع خورشید به کسینوس آن باشد. انتهای این پاره خط، همان نقطه‌ای است که لبه سایه شاخص در ساعت پنجم روزی که خورشید در مدار رأس السرطان قرار دارد بر آن قرار می‌گیرد. سپس همین کار را برای زمانی که خورشید در مدار رأس الجدی قرار دارد و فاصله آن تا دایره نصف النهار یک ساعت زمانی است نیز انجام می‌دهیم تا نقطه‌ای نظیر نقطه قبلی برای این لحظه به دست آید. چون در دوره اسلامی فرض می‌کردند نقاط مربوط به هر یک از ساعت‌های زمانی تقریباً بر یک خط راست قرار دارند، دو نقطه به دست آمده را به هم وصل می‌کردند تا خط راستی به دست آید که تقاطع آن با هر یک از خط‌های مربوط به آغاز برج‌های سال، ساعت زمانی پنجم در نخستین روز این برج‌ها را نشان دهد. سپس این کار را برای همه ساعت‌های زمانی روز انجام می‌دادند.

۲۹- در اینجا، در واقع ابن هيثم دایره سمت را در صفحه رسم می‌کند و آن را «دایره دستور» می‌نامند که شکل آن به صورت زیر است:



شکل ۱۳

در این شکل، نقطه $\overline{ک}$ موقعیت خورشید، نقطه $\overline{ه}$ مرکز دایره دستور و نوک شاخص، پاره خط $\overline{ه ن}$ طول شاخص، کمان $\overline{ک د}$ کمان ارتفاع خورشید، خط $\overline{ک ح}$ جیب (سینوس) ارتفاع خورشید، $\overline{ح د}$ سهم کمان ارتفاع خورشید، $\overline{ح ه}$ تمام سهم (کسینوس) کمان ارتفاع خورشید، پاره خط $\overline{ن ط}$ طول سایه شاخص و پاره خط $\overline{ب د}$ افق محلی را نشان می‌دهند.

۳۰- برای به دست آوردن خط نصف النهار می‌توانیم ابتدا دایره‌ای بر قسمت مسطحی از زمین با شعاع دلخواه رسم کنیم. سپس شاخصی عمود در مرکز آن استوار کنیم و در نیمه اول

روز، زمانی که انتهای سایه شاخص بر محیط این دایره قرار گرفت، علامتی روی محیط دایره بزنیم، و همین کار را در نیمه دوم روز نیز انجام دهیم. سپس از هر یک از این دو علامت، خطی به مرکز دایره رسم کنیم. نیمساز زاویه بین این دو خط، خط نصف النهار است.^۱ این روش «دایره هندی» خوانده می‌شد.

۳۱- ابتدا دایره‌ای مانند دایره دستور بر صفحه ساعت آفتابی که موازی با افق است رسم می‌کنیم. سپس مقدار کمان سمت را برای لحظه‌ای که خورشید در ساعت زمانی پنج‌م در رأس السرطان است در جدول می‌یابیم و این کمان را بر دایره سمت مشخص می‌کنیم. بعد با استفاده از پرگار، کمانی برابر با کمان سمت، بر محیط دایره‌ای که بر صفحه ساعت آفتابی رسم کرده‌ایم، جدا می‌کنیم و انتهای این کمان را به مرکز دایره وصل می‌کنیم. خط به دست آمده، خط سمت خورشید در ساعت زمانی پنج‌م روزی است که خورشید در رأس السرطان قرار داد. آن گاه مقدار کمان ارتفاع خورشید را برای همین لحظه در جدول می‌یابیم و کمانی برابر با آن، روی محیط دایره دستور به گونه‌ای جدا می‌کنیم که از خط افق (خط $\overline{ب\delta}$) آغاز شود (کمان $\overline{ک\delta}$). در این حالت خط $\overline{کح}$ سینوس ارتفاع خورشید را نشان می‌دهد. سپس انتهای این کمان (نقطه $\overline{ک}$) را به مرکز دایره وصل می‌کنیم و آن را امتداد می‌دهیم تا خط موازی با افق را در نقطه‌ای مانند $\overline{ط}$ قطع کند. در این صورت نسبت طول $\overline{کح}$ به طول $\overline{هح}$ ، مانند نسبت طول $\overline{ه\delta}$ است به طول $\overline{ه\tau}$ (نک: رابطه شماره ۱). به عبارت دیگر، اگر پاره خط $\overline{ه\delta}$ برابر با طول شاخص باشد، پاره خط $\overline{ن\tau}$ نشان‌دهنده طول سایه خواهد بود.

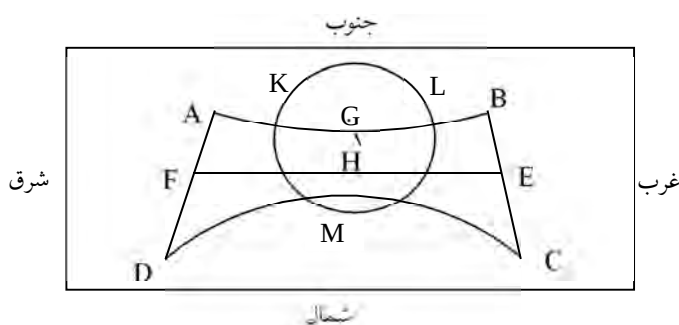
۳۲- در این بخش از رساله، ابن هیثم هر یک از قسمت‌های مشخص شده در دایره دستور را معرفی کرده و به اثبات درستی رابطه بین سینوس ارتفاع و طول سایه پرداخته است. چنان که پیشتر آمد، این رابطه بر اساس تشابه دو مثلث $\overline{ح\ک}$ و $\overline{ه\delta}$ نوشته می‌شود. با در نظر گرفتن دو پاره خط موازی $\overline{ب\delta}$ و $\overline{ن\tau}$ ، و قاطع $\overline{کط}$ ، تساوی دو زاویه $\overline{ح\ک}$ و $\overline{ن\tau}$ با یکدیگر قابل اثبات است. همین شرایط در مورد دو پاره خط موازی $\overline{کح}$ و $\overline{اج}$ و قاطع $\overline{کط}$ برای نشان دادن تساوی دو زاویه $\overline{ح\ک}$ و $\overline{ن\tau}$ صادق است. با توجه به قائمه بودن دو زاویه $\overline{ه\delta}$ و $\overline{ه\tau}$ ، تشابه دو مثلث $\overline{ح\ک}$ و $\overline{ه\delta}$ از طریق تساوی سه زاویه ثابت می‌شود.

۳۳- زمانی که طول سایه شاخص برای ساعت زمانی پنج‌م روزی که خورشید در رأس السرطان است به دست آمد، دهانه پرگار را به اندازه آن باز می‌کنیم و با قرار دادن سوزن پرگار روی مرکز دایره‌ای که بر صفحه ساعت آفتابی رسم کرده‌ایم، پاره خطی به اندازه طول سایه

۱. بیرونی، ص ۶۴-۶۵.

شاخص، بر روی خط سمت متناظر ساعت زمانی پنجم جدا می‌کنیم. انتهای این پاره خط نشان دهنده محلی است که نوک سایه شاخص، در زمانی که خورشید در ساعت پنجم زمانی رأس السرطان است، بر آن قرار می‌گیرد.

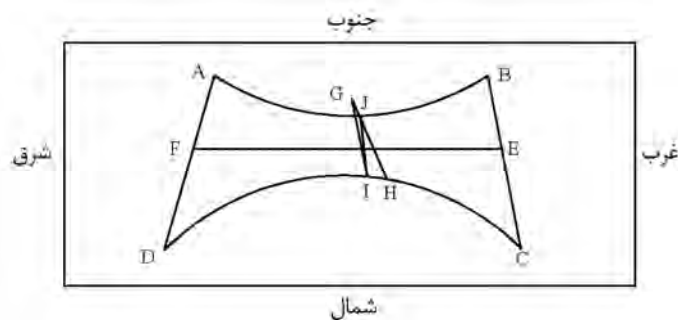
۳۴- چنانکه قبلاً گفته شد، وقتی خورشید در مدار رأس السرطان است، دارای بیشترین میل، و بنابراین به سمت الرأس نزدیک‌تر است. در نتیجه در این هنگام ارتفاع آن بیشترین مقدار و طول سایه شاخص کمترین مقدار را دارد، و چون میل خورشید در هیچ وقت دیگری از سال بیشتر از این نمی‌شود، طول سایه شاخص نیز در هیچ روز دیگری کمتری از طول سایه متناظر با این میل نمی‌شود. اگر نقاط مربوط به بقیه ساعات‌های مدار رأس السرطان را رسم کنیم، همه این نقاط روی یک منحنی (هذلولی) قرار می‌گیرند که نزدیک‌ترین هذلولی به شاخص، بر روی صفحه ساعت است.



شکل ۱۴

در شکل شماره ۱۴ منحنی AB قسمتی از یک هذلولی است که ردّ سایه سر شاخص را در زمانی نشان می‌دهد که خورشید در رأس السرطان باشد. منحنی DC قسمتی از هذلولی متناظر، برای زمانی است که خورشید در رأس الجدی باشد و FE ردّ سایه سر شاخص برای زمانی است که خورشید در رأس الحمل و رأس المیزان (اعتدالین) است. البته بین دو منحنی AB و DC منحنی‌های دیگری نیز وجود دارند که همه آنها قسمتی از هذلولی‌هایی هستند که به روزهای دیگر سال مربوط می‌شوند و در این شکل نشان داده نشده‌اند، اما چنان که گفتیم، هیچ یک از آنها از هذلولی مربوط به مدار رأس السرطان به شاخص نزدیک‌تر (و هیچ یک، از هذلولی مربوط به رأس الجدی نسبت به شاخص دورتر) نیستند. همچنین نقطه G نشان‌دهنده پایه شاخص و در عین حال مرکز دایره دستور است که بر صفحه ساعت آفتابی رسم شده و محیط آن مدرج شده است، و GH پاره خطی را نشان می‌دهد که طول آن برابر با طول سایه در زمانی

است که خورشید در ساعت زمانی پنجم در رأس السرطان قرار دارد. ۳۵- وقتی دو نقطه انتهایی ساعت زمانی پنجم (یکی روی خط مربوط به رأس السرطان و دیگری روی خط مربوط به رأس الجدی) به دست آمد، چنان که پیشتر اشاره شد، این دو نقطه را به هم وصل می‌کنیم تا خطی که نقطه‌های نشان‌دهنده این ساعت در بقیه روزهای سال بر آن قرار می‌گیرند و خط ساعت‌های همانند نامیده می‌شود، به دست آید.

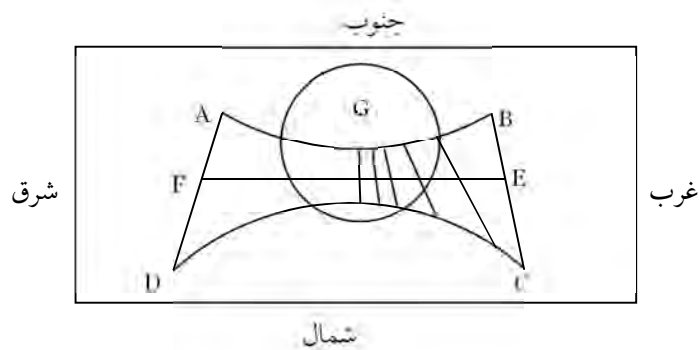


شکل ۱۵

در شکل شماره ۱۵ خط GH خطی است که نقطه تقاطع آن با خط مربوط به مدار رأس السرطان (یعنی نقطه J)، ساعت زمانی پنجم روزی را نشان می‌دهد که خورشید در این مدار قرار دارد. نقطه تقاطع خط GI با خط مربوط به مدار رأس الجدی (یعنی نقطه I) نیز ساعت زمانی پنجم روزی را نشان می‌دهد که خورشید در این مدار قرار دارد. چنان که در رساله آمده است، از اتصال این دو نقطه به هم، خطی حاصل می‌شود که نقطه‌های تقاطع آن با خطوط مربوط به روزهای دیگر سال (از جمله خط FE که مربوط به اعتدالین است) ساعت زمانی پنجم آن روزها را نشان می‌دهد. این هیشم این خط را، که در شکل شماره ۱۵ با IJ نشان داده شده، خط ساعت‌های همانند نامیده است.

۳۶- برای رسم چهار خط دیگری که ساعت‌های زمانی اول، دوم، سوم و چهارم را نشان می‌دادند نیز کاری که برای رسم ساعت زمانی پنجم انجام شد، تکرار می‌شده است. خط مربوط به ساعت زمانی ششم نیز، همان خط نصف النهار است که دقیقاً از دو نقطه شمال و جنوب می‌گذرد.

۳۷- در شکل شماره ۱۶ پنج خط مربوط به پنج ساعت زمانی در نیمه غربی ساعت آفتابی رسم شده است.



شکل ۱۶

۳۸- همان درجه‌هایی که در نیمه غربی دایره واقع بر صفحه ساعت آفتابی برای رسم خط‌های ساعت به دست آوردیم، برای ساعت‌های پس از نیم روز که در نیمه شرقی ساعت قرار می‌گیرند نیز صادق است و به دلیل تقارن حرکت خورشید در هر دو نیمه روز، مثلاً فاصله خط مربوط به ساعت زمانی پنجم تا خط نصف النهار با فاصله خط ساعت زمانی هفتم تا خط نصف النهار برابر است.

۳۹- منظور از این مقطع مخروطی همان هذلولی است که دلیل ایجاد آن بر صفحه ساعت آفتابی را پیشتر توضیح دادیم.

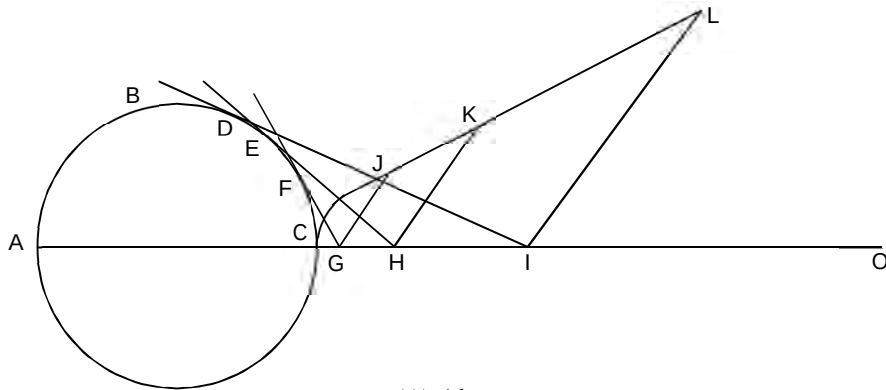
۴۰- یکی از مسائل مهم در طراحی ساعت‌های آفتابی دوره اسلامی رسم هذلولی‌هایی است که مسیر حرکت سایه سر شاخص بر صفحه ساعت آفتابی افقی در طول هر یک از روزهای سال (به جز نخستین روزهای بهار و پاییز) را نشان می‌دهند. در این جا، روش ابراهیم بن سنان بن ثابت بن قرة برای رسم هذلولی را چنان که ج. ل. برگرن از رساله درباره رسم سه مقطع مخروطی او نقل کرده است، می‌آوریم. ابراهیم بن سنان، در این رساله به بحث دقیقی درباره نحوه رسم بیضی، سهمی و هذلولی به همراه برهان‌های آن‌ها پرداخته است و برای رسم هذلولی، سه روش مختلف را بیان کرده است. روشی که ما در این جا آن را به عنوان نمونه بررسی می‌کنیم، آسان‌ترین این سه روش است.

طبق رساله ابن سنان، برای رسم هذلولی می‌توانیم ابتدا دایره‌ای مثل ABC با قطری مشخص رسم کنیم و سپس یک قطر آن را از یک طرف ادامه دهیم (CO). بعد در همین طرف نیم دایره و روی محیط آن، تعدادی نقطه به دلخواه مشخص می‌کنیم. هرچه تعداد این نقطه‌ها بیشتر باشد،

هذلولی دقیق تر و رسم آن ساده تر خواهد بود (در این جا سه نقطه E, D, F را در نظر گرفته ایم). سپس در هر یک از این نقطه ها، بر نیم دایره خطی مماس می کنیم و هر یک از این خط ها را ادامه می دهیم تا امتداد قطر نیم دایره را در سه نقطه مانند G, H, I قطع کند. بعد، از هر یک از این نقطه ها، خط هایی رسم می کنیم که زاویه آن ها با امتداد قطر، دلخواه و در عین حال با هم موازی باشند. سپس هر یک از این خط ها را به اندازه خط نظیرشان ادامه می دهیم. مثلاً در شکل ۱۷ خط های LI, KH, GJ با هم موازی هستند و نیز داریم:

$$FG = GJ, EH = KH, DI = IL \quad (۱۴)$$

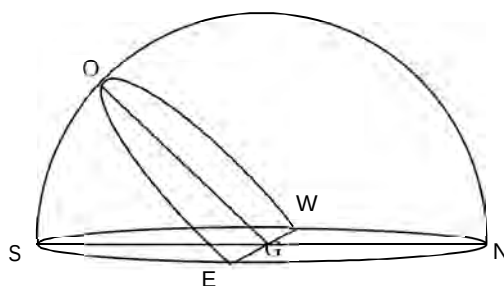
حال از اتصال نقطه های انتهایی این خط ها (L و K, J و I) به یکدیگر، نیمی از یکی از شاخه های هذلولی مورد نظر رسم می شود. اگر هر یک از این پاره خط ها را از طرف دیگر، به اندازه خودشان امتداد دهیم، و انتهای آن ها را به هم وصل کنیم، نیمه دیگر این شاخه نیز در آن سوی CO به دست می آید. با تکرار همین کار در نیمه مقابل دایره، دو نیمه دیگر هر شاخه هذلولی مورد نظر نیز رسم می شود.^۱



شکل ۱۷

۴۱- در شکل شماره ۱۸، کمان SON قسمتی از دایره نصف النهار، O خورشید، G نوک شاخص، صفحه $NESW$ صفحه افق، نقطه های S, E, N و W به ترتیب شمال، شرق، جنوب و غرب، صفحه EOW قسمتی از صفحه استوای آسمانی، خط EW فصل مشترک صفحه استوای آسمانی و صفحه افق و در عین حال راستای شرق-غرب، خط SN خط نصف النهار و OG پرتوی از خورشید را که هنگام نیم روز از سر شاخص می گذرد، نشان می دهد.

۱. برگرن، ص ۱۰۳.



شکل ۱۸

حال اگر طول شاخص را در قیاس با کره آسمان نادیده بگیریم و سر شاخص، یعنی نقطه G ، را مرکز دایره نصف النهار فرض کنیم، پاره خط OG یکی از شعاع‌های این دایره خواهد بود. چون فصل مشترک صفحه استوای آسمانی و صفحه افق، خط EW است که نقطه‌های شرق و غرب را به هم وصل می‌کند، این فصل مشترک بر خط نصف النهار عمود است. بنابراین رد سایه نوک شاخص در همه ساعت‌های روزهای اول بهار و اول پاییز خط راست خواهد بود و فاصله آن تا پای شاخص را بر اساس تانژانت زاویه ارتفاع خورشید در اعتدالین می‌توان به دست آورد.

۴۲- دو گزینه احتمالی برای کتابی که ابن هیثم در اینجا به تألیف آن اشاره کرده است وجود دارد. یکی فی آلات الأظلال نام دارد که نسخه خطی آن در کتابخانه عاطف استانبول در مجموعه‌ای به شماره ۱۷۱۴ شناسایی شده است.^۱ دیگری اثری با عنوان مقالة فی خطوط الساعات/الشعاعات است که ابن هیثم آن را در پاسخ به رساله فی آلات الاظلال ابراهیم بن سنان نوشته است و صبره احتمال داده همان رساله‌ای باشد که ابن هیثم در اینجا به آن اشاره کرده است.^۲ ابراهیم بن سنان در کتاب فی آلات الأظلال، که فقط بخش‌هایی از آن باقی مانده است، از یونانیان به این دلیل که گمان می‌کردند خط‌های ساعت‌های همانند دقیقاً راست هستند، انتقاد کرده است. ظاهراً او نخستین کسی است که این مسئله (خط راست نبودن خطوط ساعات) را ثابت کرده است.^۳ ما از طریق مطالبی که ابن هیثم در رساله فی خطوط الساعات خود درباره این اثر ابن سنان نوشته است، می‌توانیم بفهمیم رساله ابراهیم شامل چه مطالبی بوده است. ابن هیثم در اثر مذکورش برهان ابراهیم بن سنان را برای اثبات ادعای خود ناقص دانسته و ثابت کرده است که فقط برخی از این خط‌ها راست نیستند.^۴ سپس ابن هیثم نه تنها نشان داده است که این مطلب

1. Rashed, vol. 2, p. 529.

2. Sabra, p. 205, 207.

3. King, vol. 2, p. 81.

4. Rashed, vol. 5, pp. 733- 735.

(خط راست نبودن خطوط ساعات) دربارهٔ همهٔ خط‌های ساعت، به جز خط نصف‌النهار، درست است، بلکه نشان داده است که هر یک از این خط‌ها بین دو خط راست با زاویهٔ خیلی کوچک قرار می‌گیرند و بنابراین خود این خط‌ها نیز تقریباً راست هستند و ابراهیم در انتقاد خود از یونانیان قدری بی‌انصافی کرده است.

۴۳- عبارت «و خداوند داناتر است» ترجمهٔ عبارت «والله اعلم» است که فقط در نسخهٔ برلین^۱ آمده است، و در نسخهٔ مجلس و متن تصحیح شده توسط راشد وجود ندارد.

منابع:

ابراهیم بن سنان، کتاب فی آلات الأظلال، در:

Die Schrift des Ibrāhīm b. Sinān b. Tābit über die Schatteninstrumente, Übersetzt und erläutert von Paul Luckey (Phil. Diss. Tübingen, 1941), (Arabische Texte) herausgegeben von Jan P. Hogendijk, Publications of the Institute for the History of Arabic-Islamic Sciences, Series Islamic Mathematics and Astronomy, vol. 101, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, Frankfurt am Main, 1999;

ابن هیثم، ابو علی محمد بن حسن، الرسالة فی الرخامات الأفقیة، برلین، نسخهٔ خطی به شمارهٔ

۴۲۹۷/۱؛

برگرن، ج. ل.، گوشه‌هایی از ریاضیات دورهٔ اسلامی، ترجمهٔ محمد قاسم وحیدی اصل و علیرضا جمالی، ویراستار: محمد هادی شفیعیها، تهران، انتشارات فاطمی، چاپ اول، بهار ۱۳۷۳ ش.؛

بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد، التفهیم لأوائل صناعة التنجیم، تصحیح جلال‌الدین همایی، تهران، مؤسسهٔ نشر هما، چاپ چهارم، ۱۳۶۷ ش.؛

حائری، عبدالحسین، فهرست کتابخانهٔ مجلس شورای ملی، جلد دهم (بخش چهارم)، تهران، چاپخانهٔ مجلس شورای ملی، فروردین ۱۳۵۲ ش.؛

راشد، رشدی، الرياضیات التحلیلیة بین القرن الثالث والقرن الخامس للهجرة، ترجمهٔ بدوی المبسوط، بیروت، مرکز دراسات الوحدة العربية، ۲۰۱۱ م.؛

قربانی، ابوالقاسم، نسوی نامه، تهران، مؤسسهٔ مطالعات و تحقیقات فرهنگی، چاپ دوم، ۱۳۷۰ ش.؛

مسعودی، شرف‌الدین محمد بن مسعود، جهان دانش، مقدمه، تحقیق و تصحیح: جلیل اخوان زنجانی، تهران، مرکز نشر میراث مکتوب، ۱۳۸۲ ش.؛

۱. ابن هیثم، برلین، گ ۱۶۱.

Kennedy, E. S., "Parallax Theory in Islamic Astronomy", *Isis*, vol. 47, Part I, no. 147, March 1956, pp. 33-53;

King, David. A., *In Synchrony with the Heavens, Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, Brill, Leiden, Boston, 2004;

Rashed, Roshdi, *Les Mathématiques Infinitésimales du IXe au XIe Siècle*, 5 vols., Al-Furqān Islamic Heritage Foundation, London, 1414/1993-1427/2006;

Sabra, A. I., "Ibn al-Haytham", *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 6, New York, 1981.



فرم اشتراک سالانه میراث علمی اسلام و ایران

علاقه‌مندان می‌توانند با توجه به شرایط زیر و تکمیل فرم، برای اشتراک اقدام کنند:
- اشتراک یک‌ساله دو فصلنامه میراث علمی اسلام و ایران (با احتساب دو شماره) ۴۰,۰۰۰ تومان (چهل هزار تومان).

- هزینه ارسال بر عهده متقاضی است.

شماره حساب برای پرداخت در ایران:

حساب سپهر ۰۳۰۹۶۷۹۰۷۴۰۰۳ بانک صادرات شعبه غرب انقلاب- شناسه ۵۵۷، به نام مرکز نشر میراث مکتوب

- لطفاً فرم پر شده و اصل رسید واریز وجه را به نشانی زیر ارسال فرمایید:

تهران، خیابان انقلاب، بین خیابان ابوریحان و دانشگاه، ساختمان فروردین، شماره ۱۱۸۲، طبقه دوم، مرکز پژوهشی میراث مکتوب، شناسه پستی: ۱۳۱۵۶۹۳۵۱۹

تلفن: ۰۰۹۸-۲۱-۶۶۴۹۰۶۱۲

دورنگار: ۰۰۹۸-۲۱-۶۶۴۰۶۲۵۸

پست الکترونیکی: miraselmi@mirasmaktoob.ir

پایگاه اینترنتی: <http://www.mirasmaktoob.ir>

- در صورت بروز هرگونه مشکل در زمینه اشتراک، با مرکز تماس بگیرید.

- رونوشت رسید بانکی را تا پایان اشتراک نزد خود نگه دارید.

✂.....

نام خانوادگی	نام
عنوان	نام سازمان
	نشانی
تلفن	کدپستی
پست الکترونیک	دورنگار

Abstracts of Persian Articles

A Survey of the Contents of *Qānūn-e Sanjarī*

M.-M. Kaveh-Yazdi & M.-R. Arshi

The mathematical treatise entitled *Qānūn-e Sanjarī* was composed in Arabic by Ḥussayn ibn Ibrāhīm Samarqandī who lived in the first half of the 11th century CE. His other work *Risāla fī Istikhrāj al-Masā'il al-'Adadīya* was composed in Persian and devoted to solving problems by different methods. *Qānūn-e Sanjarī* first provides definitions of arithmetic terms and 54 theorems relating to arithmetic. In the second section, it provides 43 problems with their solutions (the solutions are not provided here).

Persian Translation and Commentary of Ibn al-Haytham's Treatise on Horizontal Sundials

Pouyan Rezvani

Ibn al-Haytham (965- ca. 1040) composed treatises on different mathematical and astronomical subjects including sundials. His treatise on horizontal sundials entitled *Risāla fī'l-Rukhāmāt al-Ufuqīya* was edited and translated into French by Roshdi Rashed (2006) who also published a summary of the treatise in 2011. A Persian translation of this treatise is provided here with an introduction and commentary.

Editorial

History of science is an account of man's intellectual activities, the story of the endeavors that have led to the discovery of the laws of nature and applying them in the service of mankind. Around 20 years ago an Institute for the History of science was established in the University of Tehran and trains historians of science. Two journals in this field are regularly published in Iran. Some books are composed or translated into Persian on this subject time to time. However, for a researcher who wishes to obtain information on a specific topic, there is no descriptive or analytic bibliography in this field in Persian and one is obliged to search for the sources.

Moreover, the dominant perception of history of science is the history of physical sciences and does not include the humanities.

It is evident that science develops in the human society and depends on the social situation and conditions. Education, economy, history, laws, religion, linguistics, philosophy, technology (architecture, printing, agricultural techniques, transportation, instrument making, etc.) are all creative intellectual activities that influence on the development of physical sciences, and themselves are subject to the scientific laws.

In order to compose the history of science in general, or even history of a specific branch of science in Iran, we first should prepare analytic and descriptive bibliographies of history science in Iran. A prerequisite to such an attempt is collecting miscellaneous pieces of information that may be published in a periodical like our journal or in an independent newsletter.

By gradual accumulation of the pieces of information, during some years, composing such a reference book will be possible as a useful source that facilitates the works of historians of science.

Gh.-H. Sadri-Afshar

Contents

Editorial	
Gh.-H. Sadri Afshar	1
Abstracts	2
Persian	
Papers	
The Geometric Studies of Some Mosaic Design Compositions and Puzzles Presented in a Thirteenth Century Treatise	
Reza Sarhangi, tr. Narges Assar zadegan	3
The Origins of Alchemy in Islam	
Eric John Holmyard, tr. Narges Yousefi	18
The Equation of Time – Early Days	
Kevin Karney, tr. Pouyan Rezvani	24
Two Medieval Approaches to the Equation of Time	
E. S. Kennedy, tr. Marzieh Shams-Yousefi and Mohammad Bagheri	35
Anthyphairctic Ratio Theory in Medieval Islamic Mathematics	
Jan P. Hogendijk, tr. M.-M. Kaveh-Yazdi	45
A Survey of the Contents of <i>Qānūn-e Sanjārī</i>	
M.-M. Kaveh-Yazdi & M.-R. Arshi	66
Book Review	
Persian Translation of Islamic Scientists' entries in the <i>Dictionary of Scientific Biography</i> , vol. 2	
Hanif Ghalandari	107
Manuscripts	
Persian Manuscripts in The Institute of Oriental Manuscripts in Saint Petersburg	
Boris Norik, tr. Mohammad Bagheri	111
In Memoriam	
Sarton (1884-1956) and the Arabic-Islamic Legacy	
Sami Kh. Hamarneh, tr. Gh.-H. Sadri Afshar	116
The Centenary of Hassan Saffari's Birth	
Arian Molaeyan	134
Treatises	
Persian Translation and Commentary of Ibn al-Haytham's Treatise on Horizontal Sundials	
Pouyan Rezvani	141

Scientific Staff

H. Amini, A.-M. Gamini, H. Ghalandari,
Y. Karamati, Y. Mahdavi, Sh. Mohammadifar,
S. Nikfahm Khubravan, P. Rezvani

Advisory Board

P. Azkaei, H.-R. Giahi Yazdi
T. Heidarzadeh (USA), H. Masumi Hamedani, M. Mohaghhegh
M.-J. Nategh, Y. Sobuti, H. Taromi, S. H. Nasr (USA), M.-E. Zaker
A. Babaev (Azerbaijan), J. L. Berggren (Canada), G. van Brummelen (Canada)
S. Demidov (Russia), A. Djebbar (France), R. C. Gupta (India), J. P. Hogendijk
(The Netherlands), R. Lorch (England), M. Mawaldi (Syria), F. J. Ragep (Canada)
R. Rashed (France), G. Saliba (America), S. R. Sarma (Germany), J. Sesiano (Switzerland)
M. Yano (Japan), Hakim Syed Zillur Rahman (India)

**Cover photo: figure of a horary quadrant above the entrance of Kandilli
observatory (Istanbul)**

Unit 9, Second floor, no. 1182, Farvardin building,
Between Daneshgah and Abu Rayhan St.,
Enghelab Eslami Ave., Tehran, Iran

post code: 13156-93519

Tel: +98-21-6649 0612

fax: +98-21-6640 6258

www.mirasmaktoob.ir

miraselmi@mirasmaktoob.ir

miraselmi90@gmail.com

ISSN: 2322-3669



Miras-e Elmi-ye
Eslam va Iran

Semiannual Journal on the Scientific Heritage
of
Islam and Iran

vol. 5, no. 2, Autumn 2016 & Winter 2017

Managing Director: **Akbar Irani**
Chief Editor: **Mohammad Bagheri**
Managing Editor: **Hamid Bohlul**
Publisher: **Written Heritage Research Institute**

Tehran, Iran

Scientific Heritage of Islam & Iran

10

Miras-e Elmi-ye Eslam va Iran



SEMIANNUAL JOURNAL ON THE SCIENTIFIC HERITAGE
OF ISLAM AND IRAN



The Written Heritage Research Institute

ISSN 2322-3669

VOL. 5, NO. 2, AUTUMN 2016 & WINTER 2017