رسالهٔ *نهایة الایضاح* میرزا محمد علی قائنی

محمد رضا عرشی[۱]

مقدمه

میرزا سید محمد علی بن محمد اسماعیل حسینی بیرجندی قائنی اصفهانی (۱۲۲۴-۱۳۰۵ق) یکی از چند تن دانشمند صاحب نظر و برجستهٔ ریاضی ایران در سدهٔ ۱۳ه است. وی در رشته‌های مختلف ریاضی آثار و رسائل ارزنده‌ای به زبان فارسی و عربی دارد و با اخترشناسی زمان خود آشنا بود (حائری، ش ۸۷، ص ۳۰۸). به واسطهٔ شرح‌هایی که بر آثار دیگران دارد، می‌توان قائنی را به حق، عبدالعلی بیرجندی ثانی نامید (همایی، ص ۸۵۶). از زندگی او اطلاع زیادی در دست نیست ولی خوشبختانه اکثر آثار وی به قلم خودش موجود است.

محمد حسن خان اعتماد السلطنه در کتاب المـآثر والآثار (ص ۲۰۰) در مورد وی می‌نویسد: «فیلسوفی معتبر و به‌خصوص در هندسه و نجوم به استادی مسلم بود. از خط نستعلیق او هر کلمه را به چندین سطر می‌بایست ستودن. نسخه‌ای از مثنوی معنوی رومی (نسخهٔ ش ۲۲۶ سلطنتی) می‌گویند در سی سال نوشته (تکمیل ۱۲۶۶ق) و به مغفرت مآب حاج فرهاد معتمدالدوله داده است. شطر اعظم از عمر آن حکیم، مسلم در اصفهان و تهران مصروف افتاد. نواب والا سلطان اویس میرزا معتمدالسلطنهٔ ثانی والی حالی مملکت فارس و نواب عبدالعلی میرزا احتشام الدوله (معتمد الدولهٔ دوم فرزند فرهاد میرزا معتمد الدوله) در خدمت آن بزرگوار زمان بسیار تلمذ کرده‌اند. سال ۱۳۰۵ به دارالخلافه از سرای سپنج رحلت گزید و در

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

مشهد امامزاده یحیی مدفون گردید».

سید جلال الدین طهرانی در گاهنامهٔ سال ۱۳۱۱ هجری شمسی (ص ۱۸۸) به اجمال از وی یاد می‌کند و دو اثر شفق و فلق و حواشی تنقیح المناظر او را نام می‌برد. همچنین آقا بزرگ تهرانی در کتاب الذریعه (ج ۹، ص ۷۰۵) به معرفی او پرداخته است. مرحوم عبد الحسین حائری در سال‌های ۱۳۴۹ و ۱۳۵۰ هجری شمسی در مجلهٔ وحید به طور مبسوط به قائنی، آثار و شاگردان وی پرداخته است (نک: مجلهٔ وحید، شماره‌های ۸۶-۸۷-۸۹-۹۰-۹۱-۹۳-۹۴-۹۵). آقای سید احمد علی بشارت که از نوادگان قائنی است، در کتاب خاندان قائنی با استفاده از مقالات استاد حائری و همایی و معلم حبیب آبادی و شجره نامه‌های خانوادگی و ... به بررسی زندگی‌نامه و آثار قائنی و سایر وابستگان به این خاندان پرداخته است.

قائنی در علوم فلسفی، هیئت و ریاضیات استاد بود و خط نستعلیق، شکستهٔ تعلیق و شکستهٔ نستعلیق را نیز استادانه می‌نوشت. بنا به یاداشتی به خط وی، در بین اوراق رسالهٔ نهایة الایضاح، نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۳۳ مجلس (گ ۱۵۱)، در ۱۵ ربیع الاول ۱۲۲۴ هجری قمری متولد شده است. جدش که شاعر بوده مادّه تاریخی بدین مضمون برای تاریخ تولد وی سروده است:

جستم ز خرد ز سال تاریخش گفت　　　مه در وسط ربیع و در فصل بهار

جدّ وی میرزا کوچک قائنی از شهرستان قائن بیرجند، به اتفاق فرزندش میرزا محمد اسماعیل، به شهر اصفهان آمده است. میرزا محمد اسماعیل که از فضلای سادات و از طبقهٔ عرفای ممتاز عهد خود به شمار می‌رفته پس از فراغت از تحصیل، در آن‌جا مقیم و متأهل شده است و میرزا محمد علی و پنج برادر و یک خواهر وی به نام‌های میرزا محسن، میرزا ابو الحسن، میرزا علی رضا، میرزا مهدی، میرزا یحیی و بیگم صاحب همه در اصفهان متولد شده‌اند. میرزا محمد علی قائنی تا آخر عمر ازدواج نکرده است (بشارت، ص ۳۶). محمدعلی قائنی بر نسخه‌ای از مفتاح الحساب کاشانی که در کتابخانهٔ مجلس موجود است و در سال ۱۲۶۵ هجری قمری کتابت شده حاشیه نوشته است.

قائنی نزد ملا علی محمد اصفهانی (و ۱۲۹۳ق) درس خوانده است (معلم حبیب آبادی، ص ۸۶۰). وی در بعضی از آثار خود از علی محمد اصفهانی با نام استاد یاد کرده و مسائل و مطالبی از وی نقل کرده است. اویس میرزا احتشام الدوله فرزند حاج معتمد الدوله فرهاد میرزا (و ۱۳۱۱ق) و برادرش عبد العلی میرزا ظهور علی احتشام الدوله (و ۱۳۲۱ق) نزد وی درس خوانده اند. شاگرد نامدار او میرزا عبدالله ریاضی (و ۱۳۱۱ق) فرزند محمد مازندرانی است که سال‌ها در اصفهان نزد وی درس خواند و پیش از سال ۱۲۶۹ق به تهران آمد و به تدریس و تألیف پرداخت و به ارتباط و همکاری با استادش نیز ادامه داد (حائری، ش ۹۴، ص ۱۰۱۲). وی در دوشنبه دوم

ربیع الثانی ۱۳۱۱ هجری قمری وفات یافت و قبرش در مقبرهٔ صفائیه متصل به چشمه علی است (معلم حبیب آبادی، ص ۸۶۰).

آثار و تألیفات قائنی

قائنی آثار زیادی در ریاضیات و نجوم دارد که خوشبختانه اکثر آن‌ها به خط خودش موجود است. با بررسی آثار وی مشخص می‌شود که او به ریاضیات قدیم خصوصاً هندسه تسلط زیادی داشته و با ریاضیات و نجوم جدید نیز آشنا بوده است. تألیفات زیر از قائنی شناخته شده است:

۱. رسالهٔ جیب و ظل (فارسی): این رساله دارای یک مقدمه و سه باب است. از مطالعهٔ آن بر می‌آید که مؤلف با آثار فرنگیان آشنا بوده است زیرا در مقدمهٔ کتاب می‌نویسد «این کتاب مشتمل است بر تحقیق معنی جیب و ظل و طریق عمل به آن به قاعدهٔ اهل نجوم و طریق عمل از جدول جیب و ظل فرنگیان و طریق استخراج جیب و ظل ایشان». نسخهٔ ظاهراً منحصر به فرد آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۴۶۲ در کتابخانهٔ مرکزی دانشگاه تهران موجود است و عکس قائنی نیز به صفحهٔ اول نسخه الصاق شده است (حائری، ش ۹۰، ص ۳۶۰-۳۶۱؛ درایتی، ج۲، ص ۱۰۲۱).

۲. ترسیم الشکل البیضی والهلالی علی خط محدود (عربی): این رساله که در زمینهٔ ریاضیات است، در رمضان ۱۲۹۳ هجری قمری نوشته شده است. نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۳۴۰۶/۴ در کتابخانهٔ ملک، موجود است (درایتی، ج۲، ص ۱۱۵۸).

۳. ترسیم دوائر عرضی و طولی فلکی (فارسی): این رساله که در زمینهٔ ریاضیات است، در سال ۱۲۹۳ هجری قمری به دستور احتشام الدوله اویس میرزا قاجار نوشته شده است. نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۳۴۰۶/۵ در کتابخانهٔ ملک موجود است (همو، ج۲، ص ۱۱۵۸).

۴. تقریرات (فارسی): این رساله در زمینهٔ هیئت است و قائنی آن را برای شاگردش میرزا عبدالله ریاضی نوشته است. نسخه‌ای از آن به شمارهٔ ۱۲۰۸۷/۷ در کتابخانهٔ آستان قدس رضوی موجود است (همو، ج۴، ص ۲۱۴).

۵. مشارق الاضواء (عربی): این رساله در زمینهٔ هیئت است و قائنی آن را قبل از سال ۱۲۷۵ق به نام ناصر الدین شاه نوشته و سپس در سال ۱۲۹۷ق نسخه‌ای از آن را برای فرهاد میرزا رونویسی کرده و نام وی را در مقدمه افزوده است. سید جلال الدین طهرانی در حاشیهٔ نسخهٔ مشارق الاضواء شمارهٔ ۴۷۰۰ مجلس آن را رسالهٔ صبح و شفق نامیده است. بروکلمان به دلیل عدم شناخت قائنی، به اشتباه این اثر را به عبد العلی بیرجندی نسبت داده است. چند نسخه از این رساله به شماره‌های ۶۳۱۰ (به خط مؤلف) و ۲۷۳۶/۱ و ۶۴۲/۵ و ۶۳۱۱ در کتابخانهٔ مجلس و به شمارهٔ ۱۰۵۱/۱ در کتابخانهٔ علامه طباطبایی شیراز موجود است (همو، ج۹، ص ۵۶۴). نسخهٔ دیگری به شمارهٔ ۶۴۱۲۱ و به خط شاگردش، محمد موسوی دزفولی در کتابخانهٔ مجلس نگهداری می‌شود (حائری، ش ۹۰، ص ۴۶۳-۴۶۶).

۶. رساله در بیان طلوع فجر و شفق (فارسی): متن این اثر به درخواست میرزا عبد الله ریاضی از روی رسالهٔ مشارق الاضواء برگزیده شده است. بنابراین مؤلف نامی بر این رساله ننهاده است، در عنوان رساله آمده است: «در معرفت کمیت و کیفیت مابین طلوع فجر و طلوع مرکز شمس و غروب شفق و کیفیت تزاید و تناقص مابین الطلوعین بر حسب بودن مرکز آفتاب در اجزای منطقة البروج و در بیان آنکه کدام جزء از اجزای منطقة البروج زمان مابین الطلوعین است» (همو، ش۹۰، ص ۴۶۸). چند نسخه از این رساله به شماره‌های ۱۲۲۳۵/۷ (به خط مؤلف) و ۱۲۰۸۷/۶ (به خط میرزا عبدالله ریاضی) در کتابخانهٔ آستان قدس رضوی و به شمارهٔ ۶۰۹۲/۱ در کتابخانهٔ مجلس با حواشی فارسی و عربی از مؤلف و اسدالله منجم هزارجریبی (شاگرد میرزا عبدالله ریاضی و زنده در سال ۱۳۵۷ق) موجود است (درایتی، ج۷، ص ۸۸۵).

۷. المسئولات (عربی): در زمینهٔ هندسه است. در این رساله ۱۶۳ مسئلهٔ دشوار و پیچیدهٔ هندسی را طرح و دعوی‌ها را با برهان اثبات و حل می‌کند (حائری، ش۹۰، ص ۴۶۱). چند نسخه از این رساله به شمارهٔ ۶۳۳۷ (به خط مؤلف) در کتابخانهٔ مجلس و شماره‌های ۱۶۱۵۲ (کتابت ۱۰ شعبان ۱۲۸۰ق) و ۱۶۰۶۶ در کتابخانهٔ آستان قدس موجود است (درایتی، ج۹، ص ۵۰۸).

۸. سؤال و جواب (=مسئولات) در هیئت (فارسی): بنا به نوشته ای در پایان نسخهٔ شمارهٔ ۶۰۹۲/۲ مجلس از میرزا اسدالله منجم آملی هزارجریبی، این رساله پاسخ سوالات میرزا عبد الله ریاضی است (حائری، ش۹۰، ص ۴۷۰ ؛ درایتی، ج۶، ص ۲۳۹).

۹. فوائد متفرقة ریاضیات (عربی): نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۵۳۷/۳ مجلس (به خط مؤلف) به تاریخ شعبان ۱۲۸۶ هجری قمری موجود است (درایتی، ج۷، ص ۱۲۱۷). حاشیه‌ای از این رساله (گ ۱۱۹) نشان می‌دهد مؤلف در این تاریخ در روستای شِورین همدان بوده است.

۱۰. برهان الخطائین (عربی): نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۵۳۷/۵ مجلس (به خط مؤلف) موجود است (همو، ج۲، ص ۴۷۷).

۱۱. حرکت شمس در سال‌ها و ماه‌های محمد شاهی (فارسی): نسخهٔ این رساله به خط مؤلف و به شمارهٔ ۱۵۲۴۶/۳ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (همو، ج۴، ص ۶۱۴).

۱۲. تحقیق در اقسام زمان حقیقی در تقاویم و فرق مین تایم (زمان وسطی) و سن تایم (زمان شمسی و حقیقی) (فارسی): قائنی این گفتار را بر اساس تقویم سال ۱۸۶۰ میلادی (مطابق با ۱۲۷۷ق) و با تطبیق بین ماه‌های دو تاریخ نوشته است. نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و تاریخ ۱۲۹۹ق و به شمارهٔ ۴۹۱۱/۲ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (حائری، ش۹۱، ص ۶۱۲ -۶۱۳).

۱۳. تعیین سمت قبله در صفحهٔ اسطرلاب (فارسی): رسالهٔ کوتاهی است و نسخهٔ آن به خط مؤلف به تاریخ ۱۲۹۹ و ۱۳۰۰ق و به شمارهٔ ۴۹۱۱/۳ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (حائری،

ش۹۱، ص ۶۱۳). این رساله صنعت اسطرلاب نیز نامیده شده است (درایتی، ج۷، ص ۱۹۴).

۱۴. حاشیه بر کتاب تنقیح المناظر لذوی الابصار والبصائر کمال الدین فارسی: نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۱۶۷ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (حائری، ش۹۰، ص ۴۶۱).

۱۵. حاشیه بر رسالهٔ تحریر رسالهٔ کره و اسطوانهٔ ارشمیدس: قائنی در حواشی این نسخه تحقیقات بسیار با خط شکسته نستعلیق زیبای خود دارد و برای پاره‌ای از دعاوی، و قضایای هندسی براهین دقیق آورده است. نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۶۴۱۲ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (همو، ش۹۱، ص۶۱۱-۶۱۲).

۱۶. تنقیح و تصحیح رسالهٔ کیفیة تسطیح الکرة ابو الفتوح ابن صلاح همدانی (رسالهٔ برهان): نسخه‌ای از آن به شمارهٔ ۶۰۲/۱ و به خط میرزا عبد الله ریاضی که از روی نسخهٔ مورخ ۸۹۲ق محمود بن محمد بن قاضی زاده رومی (و ۹۳۱ق) رو نویسی و به دست قائنی تنقیح و تحشیه شده، در کتابخانهٔ مجلس موجود است. نسخهٔ دیگری از آن به شمارهٔ ۶۳۲۹/۱ در کتابخانهٔ مجلس نگهداری می شود (همو، ش۸۷، ص ۳۱۱- ۳۱۴).

۱۷. فایدة فی البرهان علی أن الابصار لیس بخروج الشعاع (عربی): نسخه‌هایی از این رساله به شمارهٔ ۶۰۱/۲ (به خط مؤلف) در کتابخانهٔ ملک و به شمارهٔ ۵۵۲۶/۳ (کتابت در ۱۵ شعبان ۱۲۸۶ق) در کتابخانهٔ آستان قدس موجود است (درایتی، ج۸، ص ۸۶۶).

۱۸. رسالة فی ان کل ما یستعلم من المجهولات بالشکلین المغنی والظلی یمکن ان یستعلم بالمسطر والفرجار من غیر حساب (عربی): نسخه‌ای از آن به شمارهٔ ۶۰۱/۴ در کتابخانهٔ ملک موجود است و مرحوم عبد الحسین حائری آن را جزو آثار قائنی آورده است (حائری، ش۸۹، ص۳۱۱). با بررسی رساله مشخص شد، قائنی بر این رساله چند حاشیه دارد ولی نام قائنی در عنوان این رساله وجود ندارد (نک: قائنی، نسخهٔ خطی ش ۶۰۱ ملک).

۱۹. رساله در استخراج جدول لوگاریتم جَیب (فارسی) که لگاریتم اعداد نیز نامیده می شود (منزوی، ج۴، ص ۲۷۲۹): قائنی این رساله را از افادات استاد خود علی محمد اصفهانی فراهم کرده است و در اصل تعلیقیه‌ای بر رسالهٔ استادش است که نسخه‌ای از آن به خط مؤلف و به شمارهٔ ۶۰۱/۵ در کتابخانهٔ ملک موجود است (قائنی، نسخهٔ خطی ش۶۰۱ ملک). نسخه‌های دیگری از آن به شماره‌های ۳۴۰۷/۲ (درایتی، ج۸، ص ۱۰۷۱) در کتابخانهٔ ملک و ۲۷۳۶/۶ (به خط محمد موسوی دزفولی) در کتابخانهٔ مجلس موجود است (حائری، ش۹۱، ص ۶۱۴). یک نسخهٔ دیگر و شرح آن از میرزا عبدالله ریاضی به شمارهٔ ۱۲۱۱۲ در کتابخانهٔ آستان قدس نگهداری می‌شود (منزوی، ج۴، ص ۲۷۲۹).

۲۰. رساله در پرگار و مسطر (عربی): استاد حائری به این اثر اشاره کرده است (حائری، ش۸۷، ص ۳۱۱) ولی نسخه یا منبعی از آن ذکر نکرده است. احتمالاً نسخه‌ای از آن در کتابخانـهٔ مجلـس بوده است.

۲۱. حاشیهٔ تحریر اُکَر مانالاووس. این حواشی را میرزا عبد الله ریاضی از قول قائنی در حاشـیهٔ نسخهٔ شمارهٔ ۸۲۴ طباطبایی مجلس آورده است. در این نسخه عکس ظاهراً منحصر به فرد عبد الله ریاضی نیز وجود دارد (همو، ش۹۱، ص ۶۱۵).

۲۲. حاشیه بر شرح خفری بر تذکرهٔ نصیریه: سید جلال الدین طهرانی در نسخهٔ شـمارهٔ ۴۷۰۰ مجلس از این حواشی یاد می‌کند (همو، ش۹۱، ص ۶۱۵).

۲۳. حاشیه بر مفتاح الحساب کاشانی که نسخهٔ آن به شمارهٔ ۲/ ۱۵۵۳۷۲ در کتابخانهٔ مجلس موجود است (عربی) (درایتی، ج۴، ص ۴۵۳). این نسخه بـه خـط محمـود بـن محمـد اسـماعیل حسینی قائنی بیرجندی است و در سال ۱۲۶۵ هجـری قمـری کتابـت شـده اسـت. ایـن نسـخه در اختیار قائنی بوده و او بر آن حاشیه نوشته است. یکـی از حاشـیه‌ها تـاریخ سـوم صـفر ۱۲۷۳ق در اردکان را دارد (گ۴۴پ). یک قطعـه عکـس وی نیـز در صـفحهٔ اول الصـاق شـده اسـت (قـائنی، مجموعهٔ نسخهٔ خطی، ش ۱۵۵۳۷، گ ۱۱۹-۱۱۸).

۲۴. نهایة الایضاح فی شرح باب المساحة من المفتاح (عربی). این رساله شرح مقالـهٔ چهـارم مفتاح الحساب جمشید کاشانی است. نگارش آن در ۱۵ صفر سال ۱۲۷۳ هجری قمری در قصبهٔ اردکان یزد به پایان رسیده است. قائنی در دیباچهٔ رساله، آن‌را به نام ناصرالدین شاه قاجـار کـرده و از وزیر وقت علوم، علیقلی میرزا اعتضاد السلطنه تمجید کرده است. بعداً در شنبهٔ اول محرم ۱۲۹۵ق در بهبهان نسخهٔ دیگری از آن را برای اویس میرزا حاکم بهبهان نوشته و نام او را در دیباچـه زیـر نـام ناصرالدین شاه افزوده است (خود این نسخه را نیافته‌ایم). از این رساله چندین نسخه بـه شـرح زیـر به جا مانده است.

۱. نسخهٔ شمارهٔ ۲۲۳ مجلس سنا

این نسخه در ۱۰۳ برگ به خط نسخ بدیع بن مصطفی مولوی اصفهانی درب امامی در روز دوشـنبه ۲۱ ربیع الثانی ۱۲۷۹ق در مدرسهٔ نیماورد اصفهان کتابت شده است. در صـفحهٔ ع آمـده کـه روز پنجشنبه ۲۶ محرم ۱۲۷۹ق آن را آغاز کرده است. این نسخه در تملک حسین علی عمید دفتر پسـر آقا غلامرضا در ۱۳۱۲ق با مهر مصطفی بن محمد علی است. عنـوان و نشـان شـنگرف، جـدول و شکل مشکی و شنگرف است. تعداد سطرهای هر صفحه ۲۳ و به ابعاد ۷×۱۴ سـانتی متـر و ابعـاد کتاب هم ۱۴×۲۳ سانتی متر است. کاغذ آن سفید و جلد آن تیماج سـبز ضـربی یـک لایـی اسـت (نک: دانش پژوه، ص۱۰۴).

۲. نسخهٔ شمارهٔ ۶۳۸۳ مجلس

این نسخه که بازنویسی شدهٔ نسخهٔ اصلی کتاب است به خط شکستهٔ نستعلیق مؤلف (در ۲۶۴ صفحه شامل ۱۳۳ برگ با ۸ برگ سفید در اول و آخر نسخه) در روز سه شنبه ۱۵ ذیقعدهٔ سال ۱۲۹۸ق در شهر تهران به پایان رسیده است. حاشیه‌هایی به خط میرزا عبد الله ریاضی از مؤلف و میرزا نصیر و بیرجندی دیده می‌شود. حاشیه‌های قائنی با نشان‌های «منه دام عزه» و «منه رحمه اللّه» مشخص شده است. میرزا عبداللّه خود نیز حاشیه‌هایی بر کتاب نوشته است. از برگ ۱۱۲ تا آخر، بر هر برگ یک شکل هندسی رسم شده و بر صفحهٔ دیگر چند سطر توضیح در مورد آن شکل نوشته شده است. در برگ ۱۱۱ یادداشتی از قائنی حاکی از مقابلهٔ نسخه به کمک میرزا عبداللّه وجود دارد. یک قطعه عکس ۴×۶ مؤلف نیز بر پشت نخستین صفحهٔ کتاب الصاق شده است (تصویر ابتدای مقاله). سه لوح صفحهٔ اول و حواشی صفحه‌های ۱ و ۲ و ذیل صفحهٔ ۲۲۰ (برگ ۱۱۰ پ) مُذهّب و عناوین شنگرف است. تمام صفحات دارای جداول با قلم‌های آبی طلایی و لاجوردی است. قطع کتاب وزیری و به ابعاد ۱۷×۲۵ سانتی متر و جلد آن از تیماج مشکی ابری نقاشی شده با آب طلا و دارای مقوای ضخیم است. هر برگ ۱۹ سطر دارد (نک: حائری، ج۱۹، ص ۴۸۷).

۳. نسخهٔ شمارهٔ ۵۲۰ سپهسالار

این نسخه به خط نستعلیق خوش مؤلف کتابت شده است و هیچ خط خوردگی ندارد. عنوان و نشان‌ها شنگرف و صفحه‌ها در جدول زر و لاجورد است. در صفحهٔ آغاز با زر و لاجورد نام مالک به صورت «مالک اعتضادالسلطنة در ۱۲۹۷» حاشیه سازی شده و کتاب در همان سال وقف کتابخانهٔ مسجد سپهسالار شده است. کاغذ آن شبیه پوست آهو است و جلد آن تیماج سرخ مقوایی ضربی به ابعاد ۱۴×۲۲ سانتی متر و ابعاد کاغذ آن هم ۷/۵×۱۵ سانتی متر است (نک: دانش پژوه، ج۵، ص ۷۳۵).

۴. نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۳۳ مجلس

این نسخه به خط نستعلیق مؤلف در ۳۰۱ صفحه در روز شنبه ۱۲ محرم ۱۲۹۴ق در بهبهان کتابت شده است. قطع آن خشتی به ابعاد ۱۲×۲۰ سانتی متر و جلد آن تیماج قرمز است. تعداد سطرهای هر صفحه ۱۵ و کاغذ آن فرنگی است. علاوه بر اشکال هندسی که در اثناء آن موجود است، در آخر نیز ۲۱ شکل هندسی مختلف به آن پیوست شده است (نک: حائری، ج۴، ص ۲۳۴).

۵ . نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۲۴۶/۱ مجلس

این نسخه به خط نستعلیق در قرن ۱۳ هجری توسط مؤلف در ۲۵ برگ (از پشت برگ ۲ تا پشت برگ ۲۷) نوشته شده است. (طباطبائی، ص ۸۷۳).

محتویات رساله *نهایة الایضاح*

مقالهٔ چهارم مفتاح الحساب غیاث الدین جمشید کاشانی (و ۸۳۲ق) با عنوان «فی المساحة» دربارهٔ اندازه‌گیری ابعاد، مساحت و حجم شکل‌های هندسی است. کاشانی در این مقاله علاوه بر بیان قاعده‌های مفید برای محاسبهٔ سطح و حجم، مهارت و دقت نظر خود را در فن محاسبه نشان داده است. این مقاله در یک مقدمه و ۹ باب نوشته شده است. رسالهٔ نهایة الایضاح فی شرح باب المساحة من المفتاح شرح مطالب این مقاله است. قائنی در این کتاب اصطلاحات باب مساحت را که کاشانی به کار برده است شرح می‌دهد. وی برای قضیه‌ها و ادعاهای هندسی که کاشانی بدون برهان و شکل آورده برهان می‌آورد و شکل‌های بسیار دقیق رسم می‌کند و از مآخذ بسیاری استفاده می‌کند. قائنی در پایان کتاب ۲۱ شکل رسم کرده که هم از جنبهٔ دقت علمی و هم از نظر فنی و هنر معماری بسیار بدیع و اعجاب انگیز است. وی مطالب کاشانی را با واژهٔ «قال» و شرح و توضیحات خود را با واژهٔ «اقول» بیان می‌کند و از کاشانی با القابی چون «العالم الفاضل والنحریر الکامل امام المحاسبین وقدوة المهندسین» نام می‌برد. محتویات رساله به قرار زیر است.

مقدمه: در تعریف مساحت و اصطلاحات به کار رفته در آن.

قائنی به کمک کتاب شرح فوائد البهائیه، تألیف عمادالدین کاشانی، مطالبی در مورد کمیت‌های پیوسته و گسسته آورده و کمیت‌های پیوسته را به سه نوع دسته بندی کرده است: خط، سطح و حجم. سپس واحدهای طول مانند، ذراع، قصبه، اشل، قدم و انگشت و جو که کاشانی نام برده و نسبت بین سه ذراع هاشمی، ید و حدید را نقل می‌کند. قائنی در مورد اندازه گیری مساحت اجسام مطلبی را از عیون الحساب محمد باقر یزدی بیان می‌کند. سپس به شرح مطالب کاشانی در مورد تعریف نقطه، خط و انواع آن مانند طول، عرض و عمق و خطوط مستقیم متوازی و سطوح مستویهٔ متوازی،

خطوط غیر مستقیم و مستوی، زاویهٔ مسطحه و زاویهٔ مجسّمه (فرجه) و واحد اندازه گیری زاویه می‌پردازد. در مورد تعریف خط مستقیم، اشاره می‌کند که تعریف مورد استفادهٔ کاشانی از ارشمیدس است و این همان تعریفی است که نصیرالدین طوسی درتجرید الکلام به کار برده است. سپس در بحثی طولانی و فلسفی به نظریات نظام‌الدین اعرج نیشابوری و عبدالعلی بیرجندی و ارشمیدس در رسالهٔ تکسیر دایره اشاره می‌کند. وی در بخشی از این مطالب می‌گوید که خط مستقیم در شرایط مختلف اسامی گوناگونی چون ضلع، ساق، مسقط الحجر، عمود، قاعده، جانب، قطر، وتر، سهم و ارتفاع می‌پذیرد و سپس هر واژه را شرح می‌دهد. توضیحات وی در مورد سطح مستوی و مستدیر با استناد به مطالب تذکرة النصیریة و تحریرات طوسی است. برای شرح مطالب زاویهٔ مسطحه و انواع آن و زاویهٔ مجسمه از نظرات طوسی در تذکره و هیئت و اعتراض قطب الدین شیرازی به آن‌ها در نهایة الادراک استفاده و به نظریات امام رازی در ملخص و ابن سینا در شفا اشاره می‌کند. مثلاً قائنی به نقل از تذکره می‌گوید که تعریف زاویه به صورت «زاویهٔ مجسّمه بین دو خط مستقیم متلاقی در یک نقطه» زاویه را در مقولهٔ مقدار کمّی قرار می‌دهد.

باب اول: در مساحت مثلث و آن‌چه مربوط به آن است و دارای ۳ فصل است.

فصل اول: تعریف مثلث و انواع آن. در این قسمت پس از بیان تعریف مثلث و ارتفاع، مرکز مثلث (محل برخورد سه نیمساز مثلث) تعریف می‌شود که قائنی در هر مورد توضیحاتی آورده است.

فصل دوم: محاسبهٔ مساحت مثلث و استخراج ابعاد آن. کاشانی چندین قاعده به شرح زیر برای مساحت مثلث آورده است. قائنی شرح مفصلی در این قسمت نوشته و از شرح فوائد البهائیة و اصول اقلیدس استفاده کرده است.

۱. حاصل ضرب قاعده در نصف ارتفاع. قائنی از شرح بهائیة برهانی نقل کرده است.

۲. حاصل ضرب عمود خارج شده از مرکز مثلث در نصف محیط (p). به عبارت دیگر $S = p.r$ (r = شعاع دایرهٔ محاطی).

قائنی برای این فرمول، اثبات مختصری از قضیهٔ اول کتاب بنی موسی (في معرفة مساحة الأشكال البسيطة والكرية) آورده است.

۳. قاعدهٔ هرون که از طریق ترجمهٔ کتب یونانی به تمدن اسلامی راه یافته است. کاشانی ذکری از منبع نکرده است. قائنی اثبات مختصری از قضیهٔ هفتم کتاب بنی موسی آورده است.

$$p = \frac{۱}{۲}(a + b + c) \rightarrow S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

در قسمت بعدی این فصل چگونگی مشخص کردن پای ارتفاع وارد بر یک ضلع و محاسبهٔ فاصلهٔ پای عمود تا دو رأس مجاور و محل قرار گرفتن پای عمود در داخل یا خارج مثلث و طول

ارتفاع مثلث مورد بحث قرار گرفته است. قائنی با رسم شکل، برهان‌های جامعی در هر مـورد آورده است. در مورد تشخیص نوع مثلث هر جا که از قضایای اصول اقلیدس استفاده شده، آن‌ها را اثبات کرده است. در اثبات قضیهٔ کسینوس‌ها هم مطلبی از کتاب فتوحات غیبیـهٔ محمـد بـاقر یـزدی نقـل کرده است.

مثلاً: اگر سه ضلع معلوم باشند، فاصلهٔ پای ارتفـاع AH از رأس B یعنـی BH از ایـن رابطـه بـه دست می‌آید.

$$BH = \frac{a^۲ + c^۲ - b^۲}{۲a}$$

این فرمول در اصل همان رابطه کسینوس هاست:

$$b^۲ = a^۲ + c^۲ - ۲ac.\cos B$$

قائنی با رسم شکل، برهان‌های جامعی در هر مورد آورده است.

روش دیگر استفاده از جیب است که مقدار آن ۶۰ برابر سینوسی است که اکنون مـورد اسـتفاده قرار می‌گیرد، زیرا ریاضیدانان دورهٔ اسلامی شعاع دایرهٔ مثلثاتی را ۶۰ واحـد می‌گرفته‌انـد. قـائنی در این مورد اشاره می‌کند که نصیرالدین طوسی مقدمهٔ مفیدی در مورد قضـیهٔ سـینوس‌ها در فصـل دوم مقالهٔ سوم کتاب کشف القناع آورده است. سپس این قضیه را اثبات می‌کند.

قائنی همچنین روش دیگری همراه با اثبات آن از شرح تذکرهٔ عبدالعلی بیرجندی ذکر کرده اسـت. در این روش از دایره محیطی مثلث و رابطهٔ سینوس‌ها که به صورت زیر است استفاده شده است:

$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$$

مطلب بعدی در مورد حل مثلث است، بدین معنی که با داشـتن اجـزای معلـوم از مثلـث سـایر اجزای آن را بیابیم (۵ حالت). اجزای اصلی مثلث، سه ضلع و سه زاویه‌اند که با توجه به آن‌ها بـرای حل مثلث، چهار حالت به وجود می‌آید: معلوم بودن سه ضلع، معلوم بـودن دو ضـلع و زاویـهٔ بـین آن‌ها، معلوم بودن دو زاویه و ضلع بین آن‌ها و معلوم بودن دو ضلع و زاویهٔ مقابل بـه یکـی از آن‌هـا. کاشانی علاوه بر چهار حالت فوق، حالت سه زاویه را نیز در نظـر می‌گیـرد و چـون در ایـن حالـت مسئله بی شمار جواب دارد، برای پیداکردن اضلاع مثلث، طول یکی از آن‌ها را یک اختیار می‌کند و بقیه را بر حسب آن محاسبه می‌کند. در حالت سه ضـلع بـرای پیـداکردن زاویـه‌ها از جیـب کمـک می‌گیرد. قائنی در این بخش از شرح تذکرهٔ بیرجندی بهره برده است.

$$r = \frac{bc \sin A}{a + b + c} \quad , \quad S = r.p$$

۴. فرمول چهارم مساحت مثلث استفاده از جیب زاویه است. کاشانی این فرمول را از ابـداعات

خود می‌داند. ولی این فرمول در آثار قبل از وی نیز وجود دارد و احتمالاً کاشانی بدون اطلاع از آثار قبلی، به طور مستقل آن‌را به‌دست آورده است.

$$r=\frac{bc\sin A}{a+b+c} \quad , \quad S=r.p$$

نکتهٔ قابل ذکر این که کاشانی این دو فرمول را با هم مقابله نمی‌کند تا به فرمول مساحت مثلث به صورت زیر دست یابد.

$$S=\frac{۱}{۲}bc.\sin A$$

فصل سوم: در مساحت مثلث متساوی الاضلاع و محاسبهٔ طول‌های مربوط بـه آن است کـه کاشانی برای آن چهار فرمول عرضه کرده است.

$$S_۱=\sqrt{\frac{a}{۵\frac{۱}{۳}}\times a^۳} \qquad S_۲=\sqrt{\frac{h^۴}{۳}} \qquad S_۳=\sqrt{(\frac{a}{۲})^۴\times ۳}$$

فرمول دیگر به این صورت است که: مربع یکی از اضلاعش را در عدد شصتگانی «**که نح ن مد لز**خامسه» ضرب می‌کنیم. مقدار این عدد با ۱۱ رقم اعشار در دستگاه اعشاری بـه صـورت زیـر است.

$$S_۴=a^۲\times (\text{که نح ن مد لز خامسه})=(\frac{۲۵}{۶۰}+\frac{۵۸}{۶۰^۲}+\frac{۵۰}{۶۰^۳}+\frac{۴۴}{۶۰^۴}+\frac{۳۷}{۶۰^۵})a^۲=۰/۴۳۶۰۱۲۷\times a^۲$$

قائنی بر فرمول سوم ایراد گرفته و ادعا کرده کاشانی به جای $\frac{a}{۲}$ از مقدار a استفاده کرده است. با بررسی نسخه‌های مفتاح الحساب مشخص شد که این ایراد بی مورد است. ظـاهراً نسـخه‌ای کـه قائنی در اختیار داشته کلمـهٔ «نصـف» از عبـارت «نصـف أحـد اضـلاعه» افتـاده اسـت. کاشـانی فرمول‌ها را بیان کرده ولی آن‌ها را ساده نکرده است. قائنی برهان‌هایی همراه با رسم شـکل بـرای هـر یک از فرمول‌ها آورده است.

قـائنی عـلاوه بـر ۴ فرمـول کاشـانی، فرمـول $S=\sqrt{\frac{۳a^۴}{۱۶}}$ را هـم آورده اسـت کـه سـاده شـدهٔ فرمول‌های فوق است.

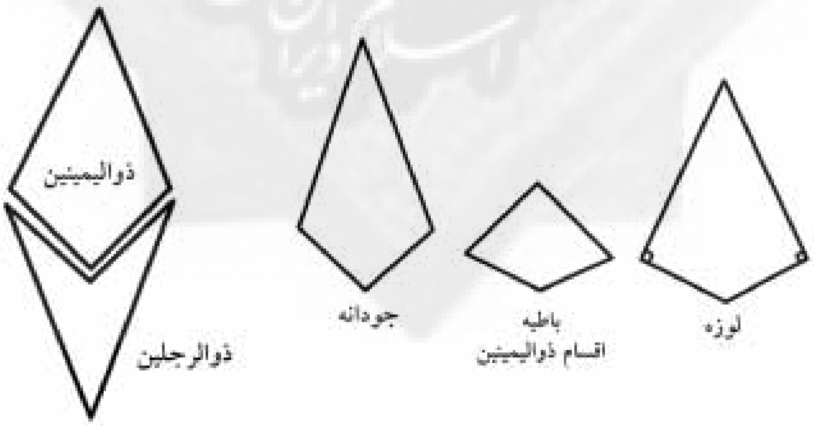
قائنی برای هر یک از پنج فرمول برهان‌هایی آورده اسـت. برهـان فرمـول خـودش چنـین اسـت: (قائنی تناسب اول را بدون ذکر دلیل آورده است).

$$\frac{S^۲}{a^۴}=\frac{\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۱۶}}{۱}\Rightarrow S^۲=(\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۱۶})a^۴=\frac{۳}{۱۶}a^۴\Rightarrow S=\sqrt{\frac{۳a^۴}{۱۶}}$$

همچنین وی برهان دستورهای محاسبهٔ طول ارتفاع مثلث و شعاع دایره‌های محـاطی و محیطـی کتاب را آورده است.

باب دوم: در مورد مساحت چهارضلعی‌ها و اجزای آن است و دارای ۵ فصل است.

فصل اول: تعریف چهارضلعی. کاشانی چهارضلعی را به صـورت سـطح محـدود بـه چهـار خـط مستقیم تعریف کرده است. قائنی در این مورد بحث و مطالبی در مورد خطـوط متـوازی ذکـر کـرده است. کاشانی چهار ضلعی‌ها را از نظر تساوی ضلع و زاویه به چهار دستهٔ کلی تقسیم کرده اسـت. او چهار ضلعی متساوی الاضلاع و متساوی الزوایا را مربع، چهار ضلعی متساوی الزوایا و مختلف الاضلاع را مستطیل، چهار ضلعی متساوی الاضلاع و مختلف الزوایا را معیّن (لوزی) دانسته و بقیه را که مختلف الاضلاع و مختلف الزوایا هستند، در دستهٔ چهارم قرار داده است. از جملهٔ این چهـار ضلعی‌ها شبه معیّن (متوازی الاضلاع)، ذوزنقه (ذوزنقـهٔ واحـده یـا قـائم الزاویـه، ذوزنقـهٔ متسـاوی الساقین و مختلف الزنقتین)، ذوالیمینین (بادبادک)، ذوالرجلین (دو پایه) و منحرف (غیر مشـخص) هستند. ذوالیمینین چهارضلعی [محدبی] است که دو ضلع مجاور آن با هم مساوی و دو ضلع دیگر آن نیز با هم مساویند ولی با دو ضلع اول تفاوت دارند. ذوالرجلین چهارضلعی [مقعری] اسـت کـه چون بر ذوالیمینین افزوده شود، آن‌را تمام کند و به صورت معیّن در آورد. کاشانی چهار ضـلعی‌های غیر مشخص را منحرف نامیده است.



کاشانی این شکل‌ها را برای بحث خود در باب نهم که در مـورد سـاخت انـواع طـاق و مقـرنس است لازم داشته، بنابر این آن‌ها را در این قسمت تعریف کرده است. وی در همین رابطـه می‌گویـد: اگر در ذوالیمینین دو زاویهٔ مساوی قائمه باشند بنّاها آن را «لوزه»[1] و اگر منفرجه باشـند نجارهـا آن را

۱. در کاشی‌کاری‌های ایرانی این نوع ذوالیمینین را که دو زاویهٔ قائمه دارد «ترنج» می‌نامند و نقش چهار ترنج از نقوش معروف کاشی‌کاری ←

«جودانه» و اگر حاده باشند ما آن‌را «باطیه» می‌نامیم. قائنی برهان ادعاهای کاشانی را با رسم شکل آورده است.

فصل دوم در مورد مساحت مربع و مستطیل و محاسبهٔ طول‌های مربوط به آن است. در این فصل رابطه‌هایی که بین طول قطر و ضلع مربع وجود دارد بیان شده است. از جمله اگر ضلع مربع را در عدد «**ا کد نا ی ز مو** خامسه» ضرب کنیم، قطر آن به دست می‌آید. همان‌طور که می‌دانید قطر مربع به ضلع a برابر با $a\sqrt{۲}$ است و لذا این عدد مقدار شصتگانی عدد $\sqrt{۲}$ است. بنابر این کاشانی مقدار عدد $\sqrt{۲}$ را تا ۵ رقم کسری شصتگانی به صورت زیر محاسبه کرده که همهٔ ارقام شصتگانی آن درست و در پایهٔ دهدهی تا ۹ رقم بعد از ممیز درست است.

$$\sqrt{۲} = ۱ + \frac{۲۴}{۶۰} + \frac{۵۱}{۶۰^{۲}} + \frac{۱۰}{۶۰^{۳}} + \frac{۷}{۶۰^{۴}} + \frac{۴۶}{۶۰^{۵}} \approx ۱٫۴۱۴۲۱۳۵۶۲۲۴$$

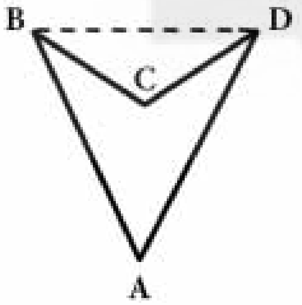
فصل سوم در مورد مساحت معیّن (لوزی) و ذوالیمینین (بادبادک) و تعیین طول‌های مربوط به آن هاست. کاشانی دو شیوه برای محاسبهٔ مساحت معیّن و یکی برای مساحت ذوالیمینین بیان کرده است.

$$S_{\text{معین}} = c^{۲} - \left(\frac{a}{۲} - \frac{b}{۲}\right)^{۲} \quad c = \text{ضلع} \quad a,b = \text{قطرها}$$

$$S_{\text{معین}} = \frac{ab}{۲}$$

$$S_{\text{ذوالیمینین}} = \frac{۱}{۲}\left[(a^{۲} + b^{۲}) - \left(\frac{c}{۲} - \frac{d}{۲}\right)^{۲}\right] \quad a,b = \text{ضلع} \quad c,d = \text{قطرها}$$

قائنی به کمک قضیهٔ ۸ از مقالهٔ اول و قضیهٔ ۱ از مقالهٔ دوم اصول اقلیدس این فرمول‌ها را اثبات کرده است.



فصل چهارم در مساحت شبه معیّن (متوازی الاضلاع) و ذوزنقه و محاسبهٔ طول‌های مربوط به آن است. قائنی در این قسمت از شرح بهائیه مطالب مفصلی آورده و از اصطلاح «متوازی الاضلاع» نیز استفاده کرده است.

→
ایرانی است. برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به مقالهٔ محمد باقری با عنوان «برخی خواص هندسی نقش چارترنج» در خبرنامهٔ تاریخ علم، شمارهٔ ۲۰ و ۲۱، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، ص ۳۲-۳۷.

فصل پنجم در مساحت ذوالرجلین (دو پایه) و منحرف است که برای این کار از تبدیل شـکل‌ها به تعدادی مثلث و جمع جبری مساحت آن‌ها کمک گرفته شـده اسـت. مـثلاً در مـورد ذوالـرجلین ABCD، مساحت دو مثلث ABD و BCD را محاسبه و از هم کم می‌کنیم یا با رسم قطـر AC آن‌را به دو مثلث متساوی تقسیم و با محاسبهٔ مساحت یکی و دو برابر کـردن آن، مسـاحت کـل شـکل را تعیین می‌کنیم.

کاشانی از شکلی منحرف به نام «قَشّا» نام برده ولی آن را رسم نکرده است و می‌گوید ایـن روش را نمی‌توان برای آن به‌کار برد. قائنی می‌گوید که «قشّا» نام مهندسی است که اولین بار مسـاحت آن را بدون استفاده از قطر به‌دست آورده و راجع به آن فصلی نوشته است. به همین دلیل این شکل قشـا نامیده شد. قائنی نیز این شکل را رسم نکرده است.

باب سوم در مساحت چند ضلعی‌ها و اجزای آن است و دارای ۵ فصل است.

فصل اول: در تعریف چند ضلعی‌ها که به صورت سـطوح محـدود بـه خطـوط مسـتقیم بـیش از ۴ تاست.

فصل دوم: در مساحت چند ضلعی‌ها و محاسبهٔ طول‌های مربوط بـه آن، از طریـق تبـدیل چنـد ضلعی به تعدادی مثلث است. برای این کار قطرهایی را که از یک رأس چند ضلعی می‌گذرند رسـم می‌کنیم. مجموع جبری مساحت این مثلث‌ها برابر با مساحت چند ضلعی است. لازم به ذکر اسـت که تعداد مثلث‌های ایجاد شده از رسم قطرهای یک رأس n ضلعی محدب برابر بـا ۲ - n اسـت کـه کاشانی در این مورد سخنی نگفته است ولی قائنی آن را ذکر کرده و برهـانی بـرایش آورده اسـت. در مورد مساحت چندضلعی‌های منتظم از شعاع دایرهٔ محاطی استفاده شده است.

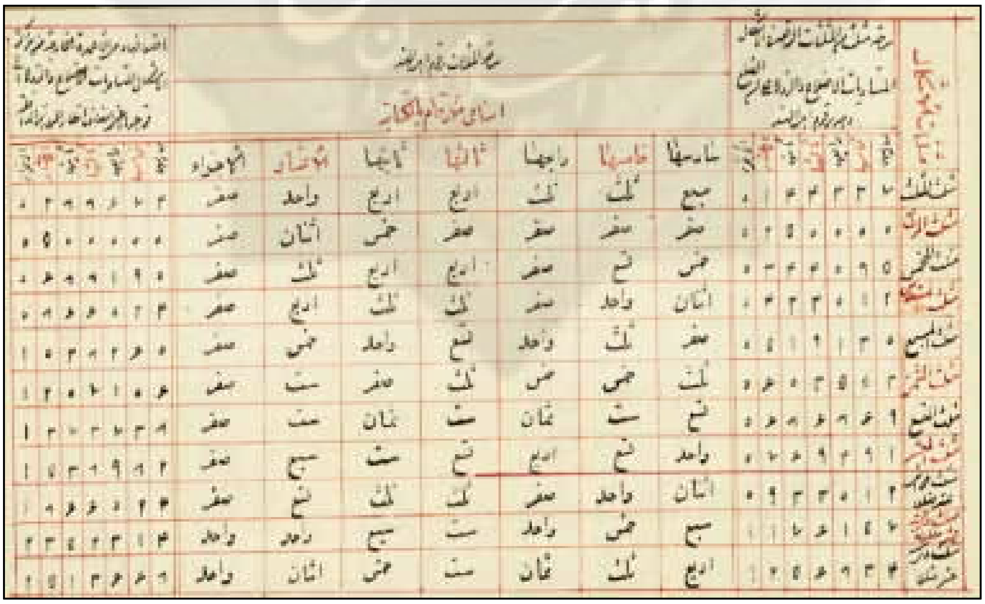
فصل سوم: در مورد چند ضلعی‌های منتظم و محاسبهٔ طول‌های مربوط به آن است. کاشانی قطر دایرهٔ محاطی و محیطی چند ضلعی منتظم را به ترتیب قطر اقصر و قطر اطـول نامیـده اسـت و بـرای محاسبهٔ شعاع دایرهٔ محاطی (r) و شعاع دایرهٔ محیطی (R) بر حسب ضلع چند ضلعی (a) و تعـداد اضلاع (n) فرمول‌هایی به صورت زیر عرضه کرده است:

$$\frac{S}{a^{۲}}=\frac{n}{۴}\cot\frac{۱۸۰^{\circ}}{n} \quad \text{و} \quad r=\frac{a}{۲}\cot\frac{۱۸۰^{\circ}}{n} \quad \text{و} \quad R=\frac{a}{۲\sin\frac{۱۸۰^{\circ}}{n}}$$

وی مقدار $\frac{n}{۴}\cot\frac{۱۸۰^{\circ}}{n}$ را برای چند ضلعی‌های منتظم دارای ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۱۶ ضلع به دو صورت شصتگانی و دهـدهی محاسـبه و بـرای اسـتفادهٔ سـریع‌تر، آن‌هـا را در جدولی گرد آورده است. خلاصهٔ این جدول به همراه مقادیر دهدهی در جدول زیر آمده است.

چند ضلعی منتظم	مساحت												
	اجزاء	دقائق	ثوانی	ثوالث	روابع	خوامس	اجزاء	دقیقه	ثانیه	ثالثه	رابعه	خامسه	ضریب دهدهی
مثلث	ة	که	نح	ن	مد	لز	صفر	۲۵	۵۸	۵۰	۴۴	۳۷	۰/۴۳۳۰۱۲
۵ ضلعی	ا	مجـ	یجـ	مجـ	ز	ح	۱	۴۳	۱۳	۴۳	۷	۸	۱/۷۲۰۴۷۷
۶ ضلعی	ب	له	کجـ	د	یز	مب	۲	۳۵	۲۳	۴	۱۷	۴۲	۲/۵۹۸۰۷۶
۷ ضلعی	جـ	لب	ب	٥	یح	م	۳	۳۲	۲	۵	۱۸	۴۰	۳/۶۳۳۹۱۴
۸ ضلعی	د	مط	مب	ک	یه	لب	۴	۴۹	۴۲	۲۰	۱۵	۳۲	۴/۸۲۸۴۴۷
۹ ضلعی	و	ی	ند	لد	یح	یو	۶	۱۰	۵۴	۳۴	۱۸	۱۶	۶/۱۸۱۸۲۵
۱۰ ضلعی	ز	ما	لط	ط	و	له	۷	۴۱	۳۹	۹	۶	۳۵	۷/۶۹۴۹۰۹
۱۲ ضلعی	یا	یا	مو	ح	نه	کد	۱۱	۱۱	۴۶	۸	۵۵	۲۴	۱۱/۱۹۶۱۵۲
۱۵ ضلعی	یز	لح	لب	ل	کجـ	یط	۱۷	۳۸	۳۲	۳۰	۲۳	۱۹	۱۷/۶۴۲۳۶۳
۱۶ ضلعی	ک	و	لجـ	ما	لط	مو	۲۰	۶	۳۱	۴۱	۱۹	۱۶	۲۰/۱۰۹۳۵۸

قائنی اشاره می‌کند که محاسبات جدول به کمک تانژانت زاویه آسان‌تر از محاسبه با سینوس آن است و خود جدولی بر همین اساس به صورت زیر آورده است:



جدول مساحت هر یک از مثلث‌های حاصل از تقسیم چند ضلعی منتظم وقتی که ضلع چند ضلعی یک باشد. در ستون چپ ارتفاع مثلث آمده که دو برابر اندازهٔ مساحت مثلث است (نسخهٔ شمارهٔ ۶۳۸۳ مجلس، گ۲۹ر).

فصل چهارم: در مورد شش ضلعی منتظم است. در این فصل قائنی چندین دستور به صورت‌های زیر برای مساحت آن و برای رابطهٔ بین شعاع دایرهٔ محاطی و ضلع آن عرضه کرده است.

$$S_1 = \frac{\sqrt{27a^4}}{2}\ ,\ S_2 = \sqrt{12r^4}\ ,\ S_3 = 6\times\frac{a^2\sqrt{3}}{4}\ ,\ S_4 = a^3\times 6a + \frac{1}{8}a^3\times 6a\ ,\ 2r = \sqrt{3a^2}$$

قائنی در هر مورد با رسم شکل برهانی آورده است.

فصل پنجم: در مورد هشت ضلعی منتظم است. در این فصل هم چندین دستور به صورت‌های زیر برای مساحت و رابطهٔ بین شعاع دایرهٔ محاطی و ضلع آن عرضه کرده است.

$$S = (2r)^2 - a^2\ ,\quad S = 2a^2 + \sqrt{2a^2}\times 2a$$

$$a = \sqrt{2(2r)^2} - 2r\ ,\quad 2r = \sqrt{2a^2} + a$$

قائنی در مورد مساحت هشت ضلعی منتظم برهانی را از کتاب عیون الحساب نقل و اشاره می‌کند که برهان محمد باقر یزدی طولانی است.

باب چهارم: در مورد مساحت دایره، قطاع دایره، قطعهٔ دایره، حلقه و غیره و اجزای آن است و دارای ۵ فصل است.

فصل اول: در تعریف دایره، قطاع و قطعهٔ دایره، اهلیلجی، حلقهٔ مسطحه، هلالی و نعلی است.

قائنی دایره و اجزای آن مانند سهم، وتر، مرکز و ... را توضیح داده و از تحریر اصول اقلیدس و تحریر اکر مانالاووس استفاده کرده است.

فصل دوم: در مورد مساحت و محیط دایره است. کاشانی محیط دایره را از ضرب قطر آن در عدد $3\frac{1}{7}$ به‌دست می آورد و اشاره می کند که ارشمیدس مقدار این ضریب (عدد پی) را در محدودهٔ $3\frac{10}{71} < \pi < 3\frac{1}{7}$ پیدا کرده است و سپس اشاره می‌کند که خودش مقدار دقیق‌تر آن‌را در الرسالة المحیطیة به صورت «**ج ح کط مد** ثالثه» به‌دست آورده است. مقدار این عدد در دستگاه دهدهی با ۱۱ رقم کسری دهدهی برابر مقدار زیر است. قائنی اثبات این تقریب را از کتاب تحریر تکسیر دایرهٔ ارشمیدس بیان کرده است.

$$\pi = 3 + \frac{8}{60} + \frac{29}{60^2} + \frac{44}{60^3} = 3/14159259259$$

کاشانی سپس در مورد مساحت دایره به فرمول‌های زیر اشاره می‌کند:

$$S_1 = \frac{22}{7}\times\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{11}{14}\times d^2\ ,\ \ S_2 = \frac{\text{محیط}}{\text{قطر}}r^2 = \pi r^2$$

ارشمیدس کسر $\frac{۲۲}{۷}$ را که مقدار تقریبی عدد پی است در قضیهٔ دوم مقالهٔ تکسیر دایره آورده و قائنی توضیحات کاملی در مورد آن نوشته است. وی اشاره می‌کند که بعضی از محاسبه کنندگان فرنگی قطر دایره را صدهزار سه مرتبه (یعنی صد هزار هزار هزار) گرفته‌اند و آن عدد یک با ۱۱ صفر در سمت راست آن (یعنی برابر با $۱۰^{۱۱}$) است و بدین وسیله عدد پی را برابر با

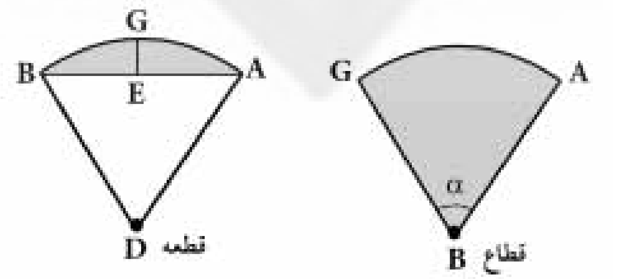
۳/۱۴۱۵۹۲۶۵۴۸۱

به‌دست آورده‌اند. خودش نیز برای پیدا کردن مقدار عدد پی قطر دایره را برابر با صد هزار شش مرتبه (یعنی صد هزار هزار هزار هزار هزار) می‌گیرد که برابر با عدد یک و ۲۰ تا صفر در سمت راست آن (یعنی برابر با $۱۰^{۲۰}$) است و با این کار مقدار پی را برابر با عدد ۳/۱۴۱۵۹۲۶۵۳۵۸۹۷۹۳۲۳۸۴۷ به‌دست می‌آورد.

کاشانی در پایان این مبحث سه جدول عرضه کرده که در اولی مقدار محیط و مساحت دایره، بر حسب اندازهٔ قطر آن از عدد ۱ تا ۶۰ آمده است. در جدول‌های دوم و سوم مقدار محیط و مساحت دایره بر حسب اندازهٔ قطر، از عدد ۱ تا ۱۰ به‌صورت دهدهی آمده است.

فصل سوم در مورد مساحت قطاع و قطعهٔ دایره و محاسبهٔ طول‌های مربوط به آن است. مساحت قطاع به‌صورت حاصل ضرب نصف قطر دایره در نصف کمان قطاع است. قائنی اشاره می‌کند که این مطلب در انتهای قضیهٔ اول رسالهٔ تکسیر دایرهٔ ارشمیدس آمده است. مساحت قطعه از تفاضل مساحت قطاع و مساحت مثلث مرکزی به‌دست می‌آید. برهان این مطلب نیز در قضیهٔ چهارم کتاب بنی موسی آمده است. با نمادهای امروزی، اگر r شعاع دایره و α زاویهٔ مرکزی قطاع (قطعه) باشد، آن‌گاه:

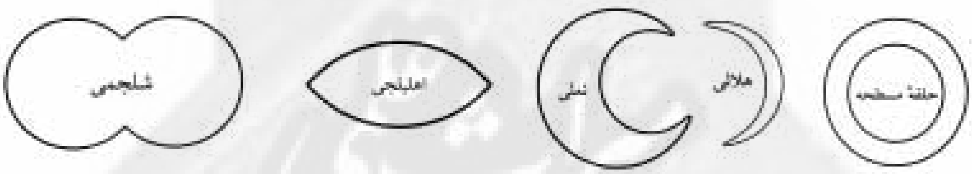
$$\text{مساحت قطاع}=\pi r^{۲}\cdot\frac{\alpha^{\circ}}{۳۶۰}$$



در بندی به نام «تنبیه»، قائنی به مطلبی از کتاب عیون الحساب اشاره می‌کند و می‌گوید: «مساحان اهل تنجیم در مساحت دایره وقتی که قطر دایره را ۱۲۰ و محیط آن‌را ۳۶۰ گرفته‌اند، دچار خطا شده‌اند؛ چرا که اگر قطر را ۱۲۰ بگیریم محیط برابر $۳۷۷\frac{۱}{۷}$ می‌شود و اگر محیط را

۳۶۰ بگیریم قطر $۱۱۴\frac{۶}{۱۱}$ می‌شود». اما به حساب کاشانی اگر قطر را ۱۲۰ بگیریم محیط ۳۷۶٫۹۹۱۱ و اگر محیط را ۳۶۰ بگیریم قطر برابر با ۱۱۴٫۵۹ می‌شود. قائنی سپس به نظر شارح بهائیه اشاره می‌کند و می‌گوید که: «استخراج کمان از وتر و عکس آن احتیاج به اعمال دقیق دارد». سپس بحث جامعی در این مورد می‌آورد و اشاره می‌کند که اگر در مورد چند ضلعی‌هایی مانند مربع و مستطیل از ضرب دو پاره خط مستقیم، مساحت حاصل می‌شود، در مورد دایره چنین نیست زیرا ارشمیدس در محاسبهٔ مساحت دایره نصف قطر آن‌را در نصف محیط آن ضرب می‌کند که یکی از آن دو، طول مستقیم و دیگری مستدیر است.

فصل چهارم: در مورد مساحت سایر سطوحی است که محیط آن‌ها خطوط مستدیره است از قبیل: شلجمی، اهلیلجی، نعلی، هلالی، حلقهٔ مسطحه و قطعهٔ حلقهٔ مسطحه. قائنی به‌طور جامع به اثبات این مساحت‌ها پرداخته است.



فصل پنجم: در بیان جدول جَیب و چگونگی عمل به آن است. کاشانی مقدار جیب زاویه‌ها از صفر تا ۹۰ درجه تا مرتبهٔ ثانیه را، به صورت اعداد شصتگانی عرضه کرده است. علت این که اعداد در دستگاه شصتگانی عرضه شده آن است که محاسبات مربوط به نسبت‌های مختلف کمان‌ها در زیج‌ها کوتاه‌تر شود. کاشانی چگونگی استفاده از این جدول را نیز با ذکر مثالی بیان کرده است. قائنی به تفاوت این جدول و جدولی که در زیج خاقانی آمده اشاره کرده است.

باب پنجم: در مساحت سایر سطح‌ها است که کاربرد آن‌ها در طاق‌ها و عمارات است.

از شکل‌هایی که در این باب مورد بررسی قرار گرفته و فرمول‌هایی برای مساحت آن‌ها عرضه شده است می‌توان از شبه مستدیر، مطبل، مدرج، ذوات الشرفات و ذوات الاضلاع مستدیره نام برد. کاشانی اشاره می‌کند که برای محاسبهٔ مساحت این شکل‌ها می‌توان آن‌ها را کامل کرد تا به یکی از

شکل‌های باب‌های قبلی تبدیل شوند و از طریق آن‌ها مساحتشان را به دست آورد. قائنی مطالب کاشانی را به اختصار توضیح داده است.

باب ششم: در مساحت سطوح مستدیر مانند استوانه، مخروط و کره و اجزای آن است و دارای ۶ فصل است.

فصل اول شامل تعاریف اجسام مختلف فضایی مانند استوانه، منشور، مخروط قائم، مخروط مایل، مخروط مضلّع (هرم)، معیّن المجسّم (فرفره)، کره، قطعهٔ کره، فلکه و حلقهٔ مربعه است. برای تعریف این اجسام ابتدا یک تعریف کلی در مورد سطح مورد نظر آمده و سپس حالت‌های خاص آن بررسی شده است. مثلاً در مورد استوانه، ابتدا سطح استوانه‌ای به‌صورت مستدیر و دوار تعریف شده و سپس جسم حاصل از تلاقی این سطح با دو صفحهٔ متوازی یا غیر متوازی، عمود بر محور استوانه یا مایل نسبت به آن استوانهٔ قائم، استوانهٔ مایل و ... نامیده شده است. اما ریاضیدانان دورهٔ اسلامی که منشاء آثارشان در این زمینه کارهای دانشمندان یونانی بوده، مستقیماً جسم مورد نظر را تعریف می‌کردند که کاشانی نیز از این شیوه پیروی کرده است. کاشانی علاوه بر جسم‌های معمول، فلکه و حلقهٔ مربعه را نیز تعریف کرده است.

مثلاً کاشانی منشور را چنین تعریف می‌کند: استوانه‌ای است که قاعده‌های آن دو مثلث متساوی است ولی قائنی می‌گوید منشور جسمی است که چند متوازی الاضلاع به آن محیط شده است و آن را به انواع مثلثی، مربعی، مخمسی و... تقسیم می‌کند.

قائنی تمام سطوح و اجزای این اجسام را توضیح داده و از کتاب‌های الشمسیة فی الحساب نیشابوری، فی معرفة مساحة الاشکال البسیطة والکریة بنی موسی، اصول اقلیدس، مخروطات آپولونیوس و اُکر ثاوذوسیوس استفاده کرده است.

فصل دوم: در مورد مساحت سطح استوانه است که در سه حالت قائم، مستدیر و مایل دستورهایی عرضه شده است.

فصل سوم: در مورد مساحت سطح مخروط است. در این فصل مساحت مخروط ناقص هم آمده است. ریاضیدانان دورهٔ اسلامی هرم را نوعی مخروط می‌دانستند و آن را مخروط مضلع می‌گفتند و به همین علت بخش جداگانه‌ای در مورد آن آورده نشده است.

فصل چهارم: در مورد مساحت کره و تعیین طول قطر آن است.

فصل پنجم: در مورد مساحت قطعهٔ کره و محاسبهٔ طول‌های مربوط به آن است.

فصل ششم: در مورد مساحت ضلع الکره (قاچ کروی) است.

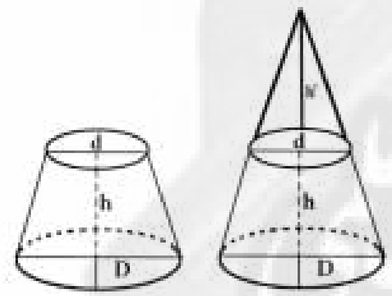
قائنی به کمک کتاب عیون الحساب یزدی و کره و استوانهٔ ارشمیدس و کتاب بنی موسی، بعضی دستورها را اثبات کرده وبعضی اثبات‌ها را به منابع ارجاع داده است.

باب هفتم در مورد محاسبهٔ حجم اجسام است و دارای ۸ فصل است.

فصل اول: در مورد محاسبهٔ حجم انواع استوانه است. کاشانی ایـن مطلـب را در چهـار خـط آورده است ولی قائنی به کمک شرح بهائیه و با رسم شکل در ۶ صفحه حجـم انـواع اسـتوانه و منشـور را بیان کرده است.

فصل دوم: در مورد محاسبهٔ حجم مخروط و تعیین ارتفاع آن است. قائنی به کمک شـرح بهائیـه حجم انواع مخروط را با رسم شکل اثبات کرده و طول ارتفاع را در هر حالت به‌دست آورده است.

فصل سوم: در مورد محاسبهٔ حجم مخروط ناقص اسـت. کاشـانی حجـم مخـروط نـاقص را از تفاضل حجم مخروطی با قاعدهٔ پایین مخروط و حجم مخروط بـا قاعـدهٔ بـالایی آن به‌دسـت آورده است.



$$V = \frac{\pi}{3}\left[\frac{1}{4}D^2(h+h') - \frac{1}{4}d^2h'\right]$$ حجم مخروط ناقص

لازم به ذکر است که ارشمیدس رسـاله‌ای بـه‌نام در کره و استوانه دارد. ثابت بـن قـرّه از مطالـب ایـن رساله و رسالهٔ تکسیر دایرهٔ او اسـتفاده کـرده و خـود رساله‌ای به نام فـی مسـاحة المسـطّحة والمجسّـمة نوشته است که تنها نسخهٔ خطی شـناخته شـدهٔ ایـن رساله به شمارهٔ ۴۸۳۲/۶ در کتابخانـهٔ ایاصـوفیه در شهر استانبول ترکیه موجود است و فیلم این رسـاله در کتابخانـهٔ مرکـزی دانشـگاه تهـران بـا شـمارهٔ ۴۳۷/۶ ف وجود دارد. ثابت بن قرّه در این رساله دو روش برای محاسبهٔ حجم مخروط ناقص عرضه کرده که یک روش آن ابداع خود اوست. در اینجا به ذکر این دو روش می پردازیم.

فرمول اول: حجم مخروط ناقص به قطرهای قاعدهٔ d و D و ارتفاع h

$$V = \frac{\pi h}{12}(D^2 + Dd + d^2)$$ حجم مخروط نـاقص

فرمول دوم: که از ابداعات خود اوست و امروزه نیز در کتاب‌های هندسه به‌کار می‌رود.

$$V = \frac{h}{3}\sqrt{(S^2 + SS' + S'^2)}$$ حجم هرم ناقص

با توجه به این‌که کاشانی روش‌های فوق را ذکر نکرده است، احتمالاً وی اطلاعی از رسالهٔ ثابت بن قرّه نداشته است و گرنه به کمک روش ابداعی ثابت بن قـره بـه آسـانی می‌تـوان حجـم مخـروط ناقص و هرم ناقص را به‌دست آورد. قائنی برای ادعای کاشانی برهانی ذکـر کـرده ولـی او هـم روش ثابت بن قره را نقل نکرده است.

فصل چهارم: در مورد محاسبه حجم فضل مخروط و فضل معیّن المجسّم (فرفره) است. قـائنی به کمک قضیهٔ **۲۳** از مقالهٔ اول کتاب کره و استوانهٔ ارشمیدس حجم معـیّن المجسّـم را بیـان کـرده است.

فصل پنجم: در حجم کره است. در این فصل کاشانی پنج فرمول برای محاسبهٔ حجـم کـره آورده است. در بیان امروزی این دستورها r شعاع کره، d قطر کره و s مساحت دایرهٔ عظیمه است.

۱. نصف قطر در یک سوم مساحت کره:

$$V = \frac{d}{۲} \times \frac{۱}{۳}(۴\pi r^{۲})$$

۲. دو سوم قطر کره در مساحت دایرهٔ عظیمه‌اش:

$$V = \frac{۲}{۳}(d).(\pi r^{۲})$$

۳. مکعب قطر در عدد δ **لا کد نز ک** رابعه، که دسـتور مـورد نظـر در دسـتگاه دهـدهی چنـین است:

$$V = d^{۳}(۰ + \frac{۳۱}{۶۰} + \frac{۲۴}{۶۰^{۲}} + \frac{۵۷}{۶۰^{۳}} + \frac{۲۰}{۶۰^{۴}}) = d^{۳} \times ۰/۵۲۳۵۹۸۷۶۵۴۳۲$$

۴. یک ششم مکعب قطر ضرب در نسبت محیط به قطر:

$$V = \frac{\pi}{۶} d^{۳}$$

۵. دو سوم مکعب قطر ضرب در نسبت مساحت دایرهٔ عظیمه به مربع قطر:

$$V = \frac{۲}{۳} d^{۳} \times \frac{s}{d^{۲}}$$

در قسمت پایانی این فصل، کاشانی حجم کره را بر حسب حجم استوانه و مخـروط بیـان کـرده است. حجم کره مساوی حجم استوانه‌ای است که قاعدهٔ آن مساوی با دایرهٔ عظیمهٔ کره و ارتفـاع آن، دو سوم قطر کره است. همچنین حجم کره چهار برابر حجم مخروطی است که قاعدهٔ آن برابـر دایـرهٔ عظیمهٔ کره و ارتفاع آن برابر شعاع کره است.

قائنی اثبات فرمول‌ها را به کمک کتاب کره و استوانهٔ ارشمیدس آورده است.

فصل ششم: در مساحت قطاع کروی و قطعهٔ کروی است. قائنی به کمک کتاب کره و استوانه بـه اختصار توضیحاتی داده است.

فصل هفتم: در مساحت اجسامی است که قاعده‌های آن‌هـا چنـد ضـلعی‌های منـتظم هسـتند. کاشانی در این فصل حجم پنج جسم منتظم افلاطونی را که به قرار زیرند محاسبه کرده است:

۱. چهار وجهی با **۴** وجه مثلث متساوی الاضلاع

۲. مکعب با ۶ وجه مربع

۳. هشت وجهی با ۸ وجه مثلث متساوی الاضلاع

۴. دوازده وجهی با ۱۲ وجه پنج ضلعی منتظم

۵. بیست وجهی با ۲۰ وجه مثلث متساوی الاضلاع؛

و دو جسم نیم منتظم که عبارتند از:

۱. چهارده وجهی با ۸ وجه مثلث متساوی الاضلاع و ۶ وجه مربع (شکل دوم پایان مقاله)؛

۲. سی و دو وجهی با ۲۰ وجه مثلث متساوی الاضلاع و ۱۲ وجه پنج ضلعی منتظم (شکل چهارم پایان مقاله)؛

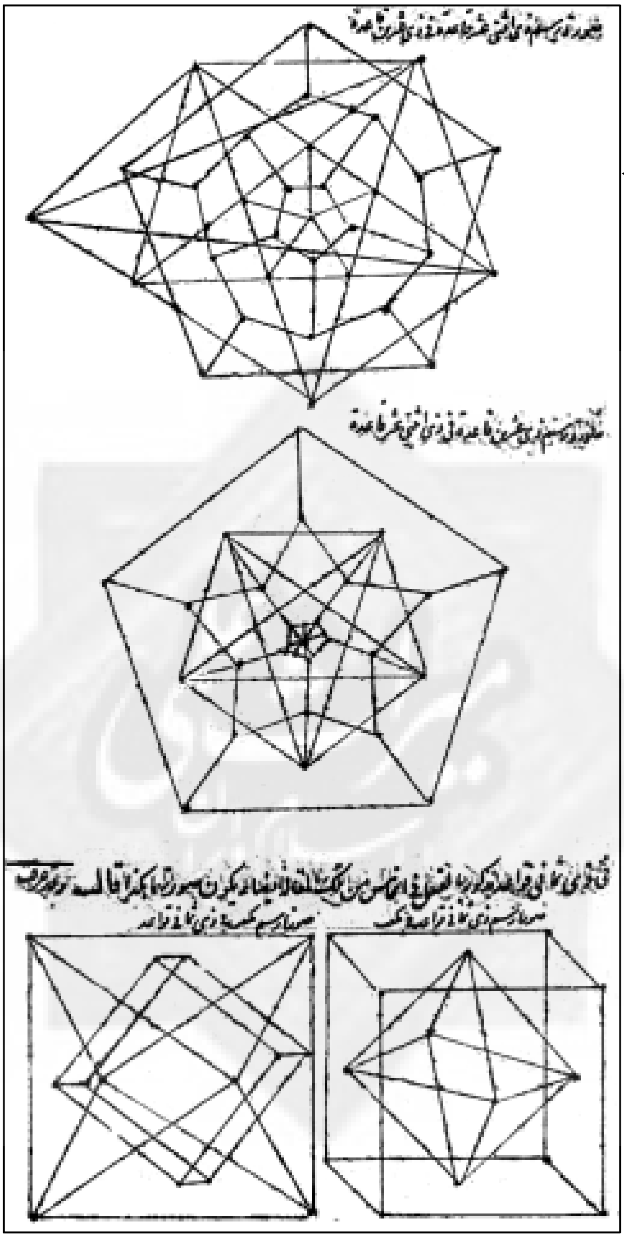
برای هر یک از این شکل‌ها فرمول‌هایی شامل ضرایبی در دستگاه شصتگانی عرضه شده است. همچنین رابطه‌هایی را که بین شعاع کرهٔ محیطی و ضلع هر چند وجهی وجود دارد، آورده است. به عنوان مثال طول یال ۱۲، ۲۰ و ۳۲ وجهی منتظم را به‌صورت زیر محاسبه کرده است.

$$a_{12}=\sqrt{\frac{5}{12}(2r)^2}-\sqrt{\frac{1}{12}(2r)^2} \qquad a_{20}=\sqrt{\left[R-\sqrt{\frac{1}{20}(2R)^2}\right]^2+\frac{1}{5}(2R)^2}$$

$$a_{32}=\sqrt{\frac{1}{16}(2r)^2\times 5}-\sqrt{\frac{2}{16}(2r)^2}$$

قائنی علاوه بر شکل‌های گستردهٔ این اجسام در متن کتاب و بیان برهان‌های لازم، در پایان کتاب نیز ۲۱ شکل رسم کرده و ویژگی‌های آن‌ها را به اختصار بر شمرده است که از لحاظ هنری مهمند. کاشانی در پایان این فصل جدولی شامل خلاصهٔ مطالب را عرضه کرده است. وی در مورد این جدول اشاره می‌کند که معمولاً در کتاب‌های مربوط به اندازه گیری سطح و حجم، فرمول محاسبهٔ حجم این اجسام را نمی‌نویسند و می‌گوید که او این دستورها را از کتاب اصول اقلیدس استخراج کرده است. قائنی بعضی از داده‌های جدول را نیز اصلاح کرده است (از جمله سطرهای ۵ و ۶ و ۷ و ۱۱).

فصل هشتم: در مورد محاسبهٔ حجم سایر اجسام است. مثلاً حجم استوانه‌ای که یک مخروط به آن اضافه یا کم شده است. برای این منظور، حجم هر دو را محاسبه و با هم جمع یا از هم کم می‌کنیم. برای حجم اجسام غیر مشخص آن‌ها در ظرفی پر از آب می‌اندازیم. حجم آب خارج شده از ظرف همان حجم جسم است.



۱
۲
۳
۴

(نسخهٔ ۶۳۸۳ مجلس، گ۸۳پ)

۱- شکل دوازده وجهی محاط در بیست وجهی
۲-شکل بیست وجهی محاط در دوازده وجهی
۳- شکل هشت وجهی محاط در مکعب
۴- شکل مکعب محاط در هشت وجهی

باب هشتم: در تعیین حجم بعضی از اجسام به کمک وزن آن‌ها و بر عکس است.

کاشانی پس از شرح چگونگی محاسبهٔ حجم اجسام به‌وسیلهٔ وزن آن‌ها از طریق وسایلی خاص، دو جدول عرضه کرده است که در آن‌ها نام سی جسم از قبیل طلا، جیوه و سرب را ثبت کرده و در مقابل آن‌ها در یک جدول دیگر وزن آبِ هم حجم صد مثقال از هر جسم و در دیگری وزن هر جسم را در صورتی که حجم آن مساوی با حجم صد مثقال طلا باشد آورده است.

کاشانی در پایان این باب اشاره می‌کند که عمادالدین بغدادی معروف به ابن خوام دو جدول از نسبت‌های فلزات و جواهر و بعضی از مایعات را از کتاب میزان الحکمهٔ عبدالرحمان خازنی اقتباس کرده و در رسالهٔ الفوائد البهائیة فی القواعد الحسابیة آورده است و کاتبان این جدول‌ها را در بسیاری از نسخه‌های خطی غلط ثبت کرده‌اند و وی این جدول‌ها را از روی کتاب میزان الحکمة تصحیح کرده است. کمال الدین فارسی، که شاگرد ابن خوام بوده، و عمادالدین کاشانی به ترتیب رساله‌هایی به نام‌های اساس القواعد فی اصول الفوائد و ایضاح المقاصد لفرائد الفوائد در شرح فوائد البهائیة نوشته‌اند. کاشانی می‌گوید که هیچ یک از این دو شارح نیز این اشکالات را بر طرف نکرده‌اند و حتی کمال الدین فارسی در شرح خود می‌گوید که راهی برای تصحیح این جدول ها وجود ندارد. قائنی قسمتی از جدول را که در نسخه‌ها افتادگی دارد بازسازی و در مواردی داده‌ها را اصلاح کرده و مطالبی راجع به وزن مخصوص اجسام از ابوریحان بیرونی نقل کرده است.

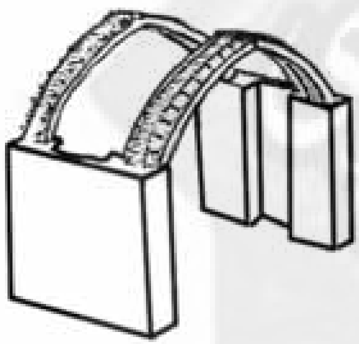
مرحوم مریم کریمی دانشجوی کارشناسی ارشد تاریخ علم با استفاده از نسخهٔ شمارهٔ ۱۵۳۳ کتابخانهٔ مجلس و نسخهٔ شمارهٔ ۲۳۳ مجلس سنا روی باب نهم رسالهٔ نهایة الایضاح کار کرده بود. متأسفانه درگذشت نابهنگامش بر اثر بیماری تومور مغزی در سال ۱۳۸۸ به او مجال نداد کارش را به پایان برساند. قرار بود که این دانشجوی پیگیر و پرکار برای فرصت مطالعاتی شش ماهه به فرانسه اعزام شود. او در اول فروردین ۱۳۶۱ در گرگان به دنیا آمد و تا پایان دبیرستان (رشتهٔ ریاضی ـ فیزیک) در زادگاه خود تحصیل کرد. در سال ۱۳۸۵ دورهٔ کارشناسی فیزیک را در دانشگاه دولتی دامغان به پایان رساند و در همین سال در دورهٔ کارشناسی ارشد پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران پذیرفته شد. عنوان پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد او «ترجمه و تحقیق مقاله‌های پنجم و ششم از کتاب میزان الحکمة تألیف عبدالرحمان خازنی» بود. یادش گرامی و روانش شاد باد.

باب نهم: در حجم بناها و عمارات است و دارای ۳ فصل است.[۱]

کاشانی در ابتدای این باب اشاره می‌کند که: «... اصحاب این فن فقط حجم طاق و ازج را، به صورت ناقص در کتاب‌های خود آورده‌اند و من همهٔ این محاسبات را ذکر می‌کنم، زیرا احتیاج به اندازه گیری حجم عمارات بیشتر از سایرین است». این باب دارای سه فصل است.

فصل اول: در مورد حجم طاق و اَزج است. این فصل با تعریف طاق و ازج آغاز می‌شود. کاشانی در مورد ازج می گوید: قدیمی‌ها ازج را به صورت نصف استوانهٔ مستدیر توخالی توصیف کرده‌اند، ولی من مشابه آن‌را در ساختمان‌های جدید و قدیم مشاهده نکردم و آن چه دیدم آن است که قسمت وسط آن برجسته بوده و طول آن بیشتر از دهانهٔ طاق است.

در قسمت بعدی این فصل، روش ترسیم پنج نوع طاق مختلف با توضیحات کامل آورده شده و شکل‌های مربوط به هر یک رسم شده است. پس از شرح چگونگی ترسیم انواع طاق، دو جدول شامل چهار نوع طاق آورده شده که اعداد درون جدول‌ها ضرایبی هستند که گودی طاق، اندازهٔ نمای طاق، ارتفاع تیزی قسمت مقعر طاق، ارتفاع قسمت محدب طاق و مساحت گودی طاق را با داشتن معلوماتی معین عرضه می‌کنند. جدول اول بر حسب اعداد دستگاه شصتگانی و دومی بر حسب اعداد دهدهی است و هر دو جدول نشان دهندهٔ توانایی کاشانی در انجام محاسبات دقیق است.



نمونه‌ای از ازج

فصل دوم: در مورد حجم و رسم گنبد (قبه) است. در ابتدا گنبد تعریف شده و سپس طریقهٔ محاسبهٔ سطح و حجم گنبد آمده است.

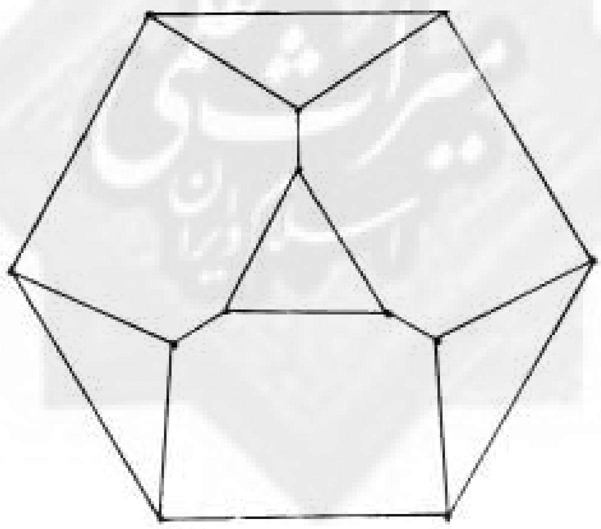
فصل سوم: در مورد حجم و رسم مقرنس است. در این فصل ابتدا مقرنس تعریف شده است. مقرنس سقفی است متشکل از چند ضلعی‌هایی که ضلع هر یک از آن‌ها با ضلع مجاور در وسط متقاطع شده است به طوری که زاویهٔ تقاطع ۴۵ درجه یا مضربی از آن باشد. پس از آن انواع مقرنس که عبارتند از مقرنس ساده، مُطیّن، قوس و شیرازی

۱. آقای سید علیرضا جذبی باب نهم را با عنوان رسالهٔ طاق و اَزج ترجمه و تحشیه نموده که در سال ۱۳۶۶ هـ.ش توسط انتشارات سروش منتشر شده است. همچنین خانم ایوونه دولد سَمپلونیوس (Y. D. Samplonius) اهل هلند از دانشگاه هایدلبرگ آلمان از روی باب نهم دو فیلم انیمیشن با عنوان «جادوی مقرنس» (Magic of Muqarnas) و «قبّه‌ای برای کاشانی» (A Qubba for al-Kāshī) ساخته است و به همین خاطر از طرف شهردار وقت کاشان از وی تقدیر و به عنوان شهروند افتخاری کاشان معرفی شد. محمد باقری این فیلم‌ها را ترجمه و خانهٔ ریاضیات اصفهان آن‌ها را منتشر کرده است.

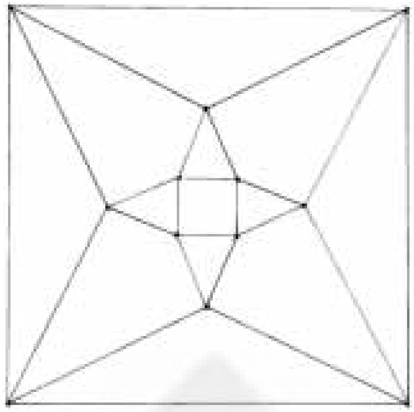
تعریف شده است. در مورد هر یک از انواع مقرنس پس از شرح آن‌ها، طریقهٔ انـدازه گیـری سـطح آن‌ها و رسم و اجرای آن‌ها تشریح شده است. در انتهای این فصل جدولی شامل اعداد شصتگانی و دهدهی در مورد اندازه گیری مقرنس و اجزای آن عرضه شده است.

قائنی مطالب این باب را بدون شرح و توضیحی به همـان صـورت اصـلی آورده ولـی داده هـای بعضی از جدول‌ها را اصلاح کرده است. فقط در قسمت ازج از شرح بهائیه مطالبی ذکـر کـرده و در باب مقرنس مختصر توضیحی داده است.

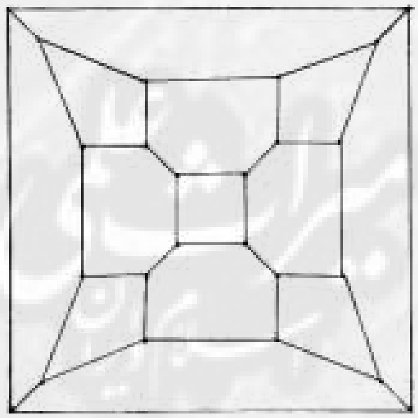
قائنی در پایان کتاب ۲۱ گستردهٔ شکل فضایی از اجسام نیم منتظم رسم کـرده کـه هـم از جنبـهٔ دقت علمی و هم از نظر فنی و هنر معماری بسیار بدیع و اعجاب انگیز است. هر کدام از وجـه هـا، قاعدهٔ یک هرم است و رئوس این هرم ها در مرکز جسم همرسند. این شکل‌ها بدین صورتند:



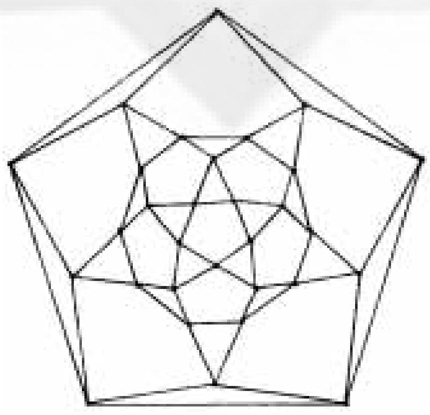
شکل اول: ۸ وجهی با ۴ وجه مثلث و ۴ وجه ۶ ضلعی



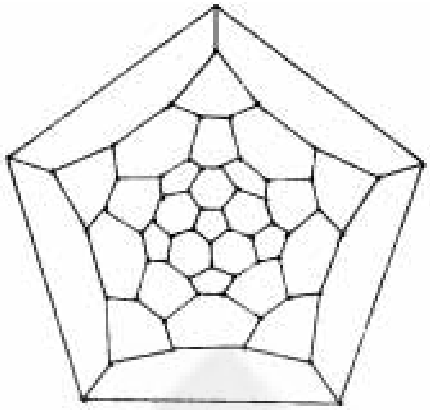
شکل دوم: ۱۴ وجهی با ۸ وجه مثلث و ۶ وجه چهار ضلعی



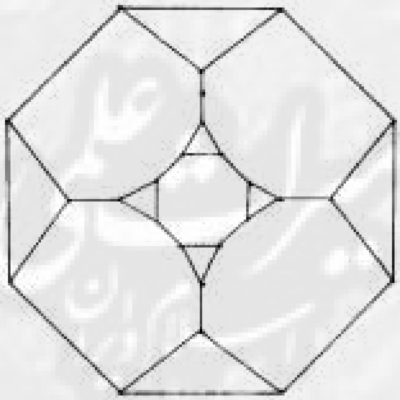
شکل سوم: ۱۴ وجهی با ۶ وجه چهار ضلعی و ۸ وجه شش ضلعی



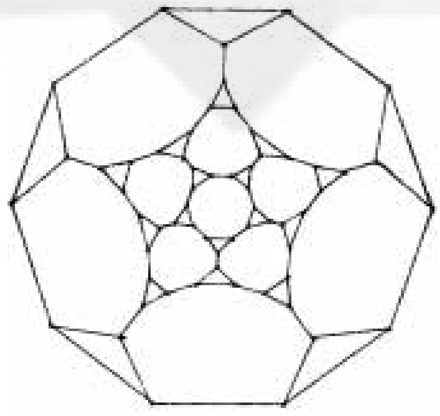
شکل چهارم: ۳۲ وجهی با ۲۰ وجه مثلث و ۱۲ وجه پنج ضلعی



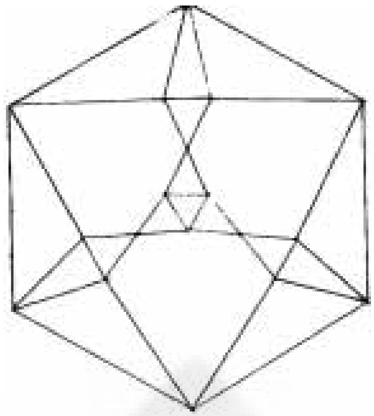
شکل پنجم: ۳۲ وجهی با ۱۲ وجه پنج ضلعی و ۲۰ وجه شش ضلعی



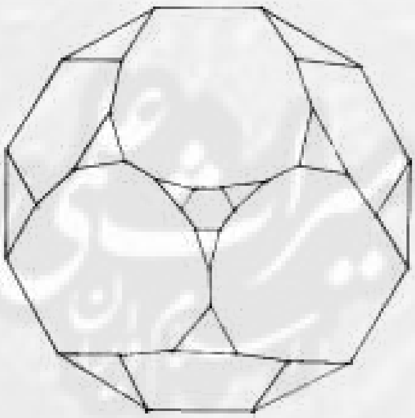
شکل ششم: ۱۴ وجهی با ۸ وجه مثلث و ۶ وجه هشت ضلعی



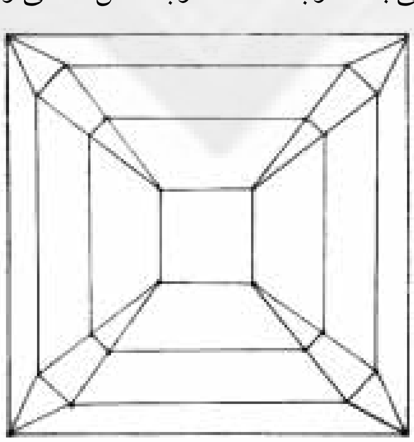
شکل هفتم: ۳۲ وجهی با ۲۰ وجه مثلث و ۱۲ وجه ده ضلعی



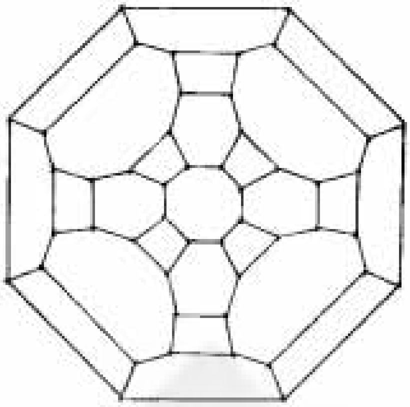
شکل هشتم: ۲۰ وجهی با ۱۶ وجه مثلث و ۴ وجه شش ضلعی



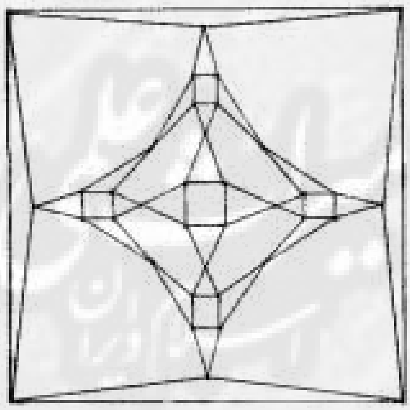
شکل نهم: ۲۰ وجهی با ۱۲ وجه مثلث ۴ وجه شش ضلعی و ۴ وجه دوازده ضلعی



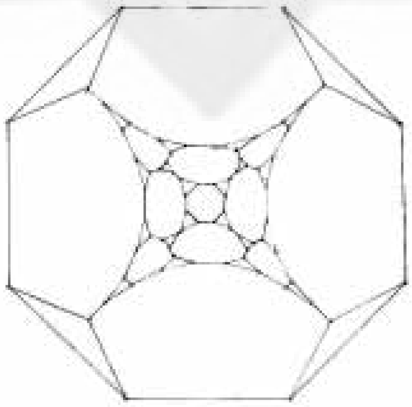
شکل دهم: ۲۶ وجهی با ۸ وجه مثلث و ۱۸ وجه چهار ضلعی



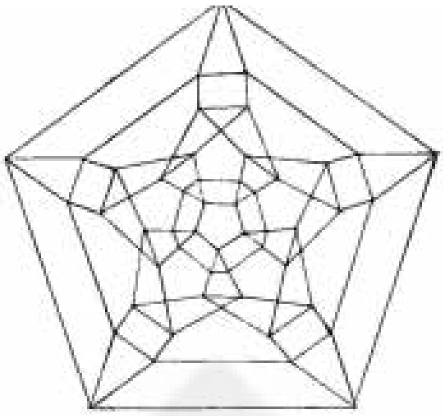
شکل یازدهم: ۲۶ وجهی با ۱۲ وجه چهار ضلعی، ۸ وجه شش ضلعی و ۶ وجه هشت ضلعی



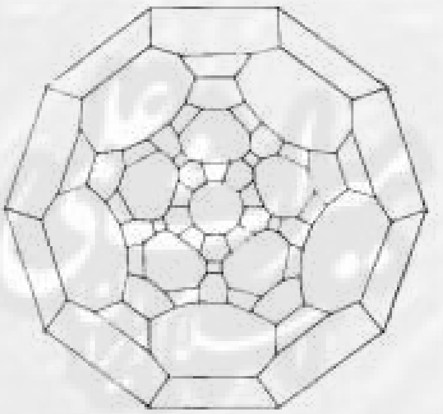
شکل دوازدهم: ۳۸ وجهی با ۲۴ وجه مثلث، ۶ وجه چهار ضلعی و ۸ وجه شش ضلعی



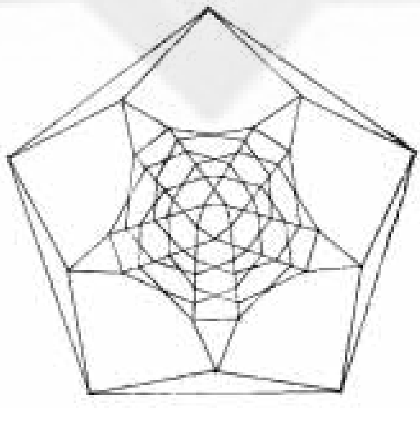
شکل سیزدهم: ۳۸ وجهی با ۲۴ وجه مثلث، ۶ وجه هشت ضلعی و ۸ وجه دوازده ضلعی



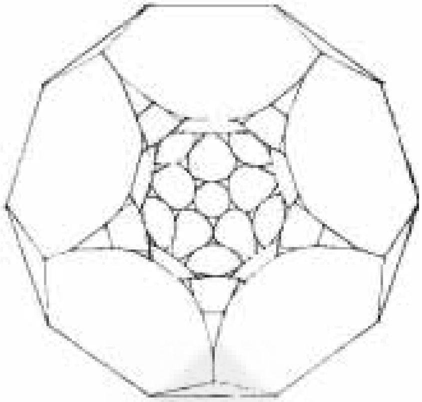
شکل چهاردهم: ۶۲ وجهی با ۲۰ وجه مثلث، ۳۰ وجه چهار ضلعی و ۱۲ وجه پنج ضلعی



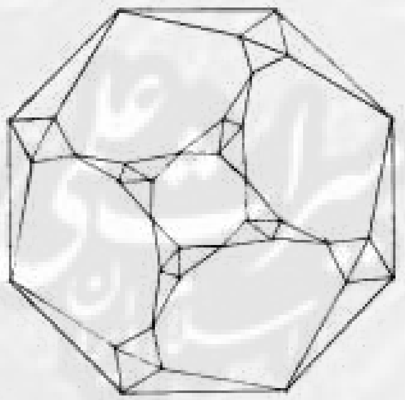
شکل پانزدهم: ۶۲ وجهی با ۳۰ وجه چهار ضلعی، ۲۰ وجه شش ضلعی و ۱۲ وجه ده ضلعی



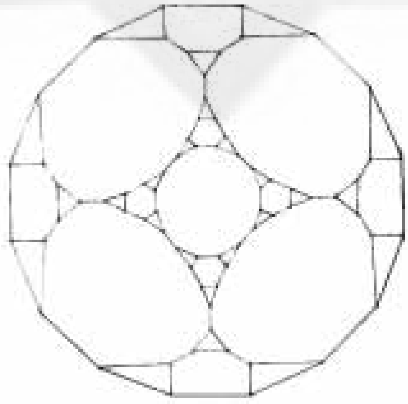
شکل شانزدهم: ۹۲ وجهی با ۶۰ وجه مثلث، ۱۲ وجه پنج ضلعی و ۲۰ وجه شش ضلعی



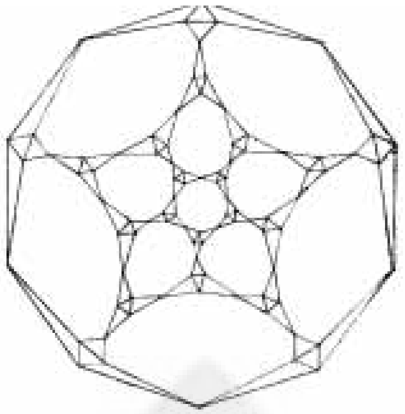
شکل هفدهم: ۹۲ وجهی با ۶۰ وجه مثلث، ۱۲ وجه ده ضلعی و ۲۰ وجه دوازده ضلعی



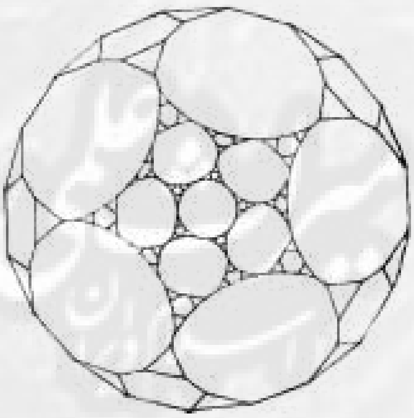
شکل هجدهم: ۳۸ وجهی با ۳۲ وجه مثلث و ۶ وجه هشت ضلعی



شکل نوزدهم: ۳۸ وجهی با ۲۴ وجه مثلث، ۸ وجه شش ضلعی و ۶ وجه دوازده ضلعی



شکل بیستم: ۹۲ وجهی با ۸۰ وجه مثلث و ۱۲ وجه ده ضلعی



شکل بیست و یکم: ۹۲ وجهی با ۶۰ وجه مثلث، ۲۰ وجه شش ضلعی و ۱۲ وجه دوازده ضلعی

منابع

اعتماد السلطنه، محمد حسن خان، چهل سال تاریخ ایران، به کوشش ایرج افشار، ج۱ (المـآثر والآثار)، تهران، اساطیر، ۱۳۶۳ش؛

بشارت، سید احمد علی، کارنامهٔ خاندان قائنی (بشارت)، اصفهان، گل بهار، ۱۳۷۵ش؛

تهرانی، آقابزرگ، الذریعة إلی تصانیف الشیعة، ج۹، بیروت ۱۴۰۳ق؛

حائری، عبد الحسین، «میرزا محمد علی حسینی اصفهانی»، وحید، سال هشتم، ش ۸۶ بهمن ۱۳۴۹؛ ش ۸۷ اسفند ۱۳۴۹؛ سال نهم، ش ۸۹ اردیبهشت ۱۳۵۰؛ سال نهم، ش۹۰ خرداد ۱۳۵۰؛ ش۹۱ تیر ۱۳۵۰؛ ش۹۴ مهر ۱۳۵۰؛

همو، فهرست کتابخانهٔ مجلس شورای ملی، ج ۱۹، تهران، مجلس، ۱۳۵۰ش؛

همو، همان، ج ۴، تهران، مجلس، ۱۳۳۵ش؛

دانش پژوه، محمد تقی و علمی انواری، بهاء الدین، فهرست کتاب های خطی کتابخانهٔ مجلس سنا، ج ۱، تهران، مجلس، بی‌تا؛

دانش پژوه، محمد تقی و منزوی، علی نقی، فهرست کتابخانهٔ مدرسهٔ عالی سپهسالار، ج ۵، تهران، دانشگاه تهران، ۱۳۵۶ش؛

درایتی، مصطفی، فهرستوارهٔ دستنوشت های ایران (دنا)، ج ۲ و ۳ و ۴ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰، تهران، مجلس، ۱۳۸۹ش؛

طباطبائی بهبهانی، سید محمد، فهرست مختصر نسخه‌های خطی کتابخانهٔ مجلس شورای اسلامی، تهران، مجلس، ۱۳۸۶ش؛

طهرانی، جلال‌الدین، گاهنامهٔ ۱۳۱۱ش؛

قائنی، میرزا محمد علی، مجموعه نسخه‌های خطی شمارهٔ ۶۰۱، کتابخانهٔ ملک تهران؛

همو، مجموعه نسخه‌های خطی شمارهٔ ۱۵۵۳۷ کتابخانهٔ مجلس؛

معلم حبیب آبادی، علی، «حاشیه‌ای بر شرح حال حکیم دانشمند ریاضی میرزا محمد علی اصفهانی»، وحید، سال نهم، ش ۹۳، شهریور ۱۳۵۰؛

منزوی، احمد، فهرستوارهٔ کتاب های فارسی، ج ۴، تهران، مرکز دائرة المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۸۲ش.

همایی، جلال‌الدین، «حاشیه‌ای بر شرح حال حکیم دانشمند ریاضی میرزا محمد علی اصفهانی»، وحید، سال نهم، ش ۹۳، شهریور ۱۳۵۰.