نگاهی به آثار راصد دمشقی

(اولین رسایل مستقل ِساعت مکانیکی در تمدن اسلامی)

حسین تولایی خوانساری[1]

چکیده

علم الحیل یا اختصاراً «حِیَل»، یکی از شاخه های علوم در بین مسلمانان بود که موضوع آن بررسی ساختارو ساختن اسباب شگفت انگیز و ماشین های سودمند بوده است. این علم در طبقه بندی علوم درمیان مسلمانان، معمولاً دریکی از شاخه های علوم ریاضی جای گرفته است.در این علم عملاً از انواع ماشین ها، اعم از دستگاه های خودکار ابتکاری، دستگاه های بالا برنده آب، تلمبه ها و دستگاهای مکش آب، فواره ها، آسیاب های آبی وبادی و انواع ساعت های مکانیکی و آبی و ظروف ساخته شده برای تفریح و سرگرمی پادشاهان و ... بحث می شد. در این شاخه از علم ، تعداد انگشت شماری اثر توسط برخی از دانشمندان و مهندسان مسلمان در گذشته نگاشته شده است که باتوجه به کمبود آثار مکتوب در این حوزه از دانش فنی و مهندسی مسلمانان ، قابل توجه هستند. از آثار مهم در حوزۀ ساخت ساعت مکانیکی، دو اثر از راصد دمشقی (۹۲۳-۹۹۳ق) با عناوین الکواکب الدریۀ و نیز کتاب الطرق السنیه است که در این مقاله سعی شده است تا به نوآوری و تحلیل دستگاه های آن، با تکیه بر متن شناسی آن (ضمن معرفی دستنویس کتابخانۀ پاریس از الکواکب الدریه) پرداخته شود.

کلیدواژه: الکواکب الدریه، بنکامات، راصد دمشقی، ساعت مکانیکی، نوآوری مسلمین، تمدن اسلامی.

درآمد

ساعت و زمان سنجی در تمدن اسلامی بویژه برای تعیین اوقات نماز اهمّیت فراوانی داشته است و دانش مواقیتِ نمازهای پنجگانه که مسلمانان هر روز با آن مأنوس بودند، ضرورتِ ساخت و ساز ابزارهای دقیق مانند ساعت را سرعت می‌بخشید. همین امر سبب توجه ویژه‌ی مهندسان به این دستگاه شده تا آنجا که برخی دانشمندان علم الحیل[2] معمولاً بخشی از کتب

[1] . کارشناسی ارشد تاریخ فرهنگ و تمدن ملل اسلامی دانشگاه فردوسی مشهد: historian128@gmail.com

[2] . علم الحيل در مفهوم محدود آن، دانش شناخت ابزارهاي شگردساز و فن ابزارهاي بديع بود، كه سعي داشت با استفاده از قوانين فيزيكي و قوانين مربوط به گازها و تعادل مايعات، پديده‌هاي چشم‌گيري ايجاد كند. كه مردم بی اطلاع را برای مدتی شگفت زده یا سرگرم سازد . از تأمل در آثار و نظرات نويسندگان مسلمان، در مورد جايگاه علم الحيل در طبقه بندي علوم و دانش روزگارشان، اين نتيجه حاصل مي‌شود كه غالب آنان علم‌الحيل را شاخه‌ای فرعي از شاخه‌های گروه علوم رياضي قرارداده‌اند. برخي از اين دانشمندان مانند شمس‌الدين‌آملي، ابن‌سينا و قطب الدين شيرازي، شاخه‌هايی از علم الحيل چون بنكامات، جراثقال، اوزان و مقادير، استخراج آبها (انباط المياه)، ساخت ظروف شگفت آور را، مورد توجه قرار داده و باتوجه به آنچه در *مفتاح السعاده* آمده است، از هركدام از شاخه‌هاي فرعي علم الحيل، تحت عنوان علمي مستقل ياد كرده‌اند.

خود را به ساختار این وسیله اختصاص داده و گاهی آثار مستقلی در این باب پدید آورده اند، و در برخی کتب، ساعت به عنوان رشته ای مستقل با نام علم البنکامات و علم آلات الساعهٔ مورد توجه قرار گرفته است.[1]

حاجی خلیفه در تعریف علم البنکامات، آن را علم شناختن و اندازه گیری زمان ذکر کرده، که هدف از آن آگاهی از اوقات نماز و تهّجد و نظر و تأمّل در امور مملکت و رعیّت است. او ضمن اشاره به بنکام آبی و بنکام ریگی، از بنکام دوری که با چرخ و دولاب می‌گردید و برخی از چرخ های دیگر را به حرکت در می‌آورد، به عنوان وسیله‌ای مفید یاد کرده است[2].

شاید بتوان گفت که یکی از پرکاربردترین و در عین حال پیشرفته ترین ابزارهای سنجش زمان در تمّدن اسلامی ساعت آبی بوده است. ساعت آبی در ساده ترین شکلش از ظرف کوچکی تشکیل می‌شد که در زیر آن سوراخی ایجاد شده بود. هرگاه این ظرف بر سطح آب قرار می‌گرفت، آب از راه سوراخ به آرامی به داخل ظرف وارد می‌شد و پس از چندی آن را پر می‌کرد و در نتیجه، ظرف در آب فرو می‌رفت. طول مّدت پر شدن ظرف به شرایط متعددی بستگی داشت؛ امّادر شرایط مشابه به مقدار کم و بیش ثابت بود. چنین ظرفی را تاس ساعت، پنگان یا فنجان می‌نامیدند.

کلمات منجانه، منغانه، منقاله، منغاله، صورت‌های متفاوت از کلمه پنگان فارسی است که در بلاد اسلامی کاربرد داشت. این کلمه به صورت فنجان معرب شده و فنکال، بنکام و فنجام صورتی دیگر از پنگان و فنجان بوده که در زبان عربی استعمال شده است[3]. جاحظ (د.۲۵۵ق) نویسنده بزرگ عرب می‌گوید : «برخی از کشاورزان با بوی شکوفه‌ها، وقت بامداد را می‌شناسند و مسیحیان روم با حرکات و اصوات خوک‌ها، صحبگاهان را در می‌یابند» وی در همین قسمت اشاره می‌کند به این که شاهان و دانشمندان ما برای تعیین وقت در روز از اسطرلاب ودر شب از بنکامات استفاده می‌کنند.[4]

چون در ساختن و کاربرد این فنجان‌ها ظرافت و دقّت خاصی لازم بود، افراد مخصوصی آشنا با این صناعت بوده‌اند که آنان را «فنجامیین» می‌گفتند و آنان مانند سایر ارباب ِحِرَف حقوق و راتبه خاصی از دارالخلافه می‌گرفتند. ابوالحسن هلال بن محسن صابی موّرخ معروف به هنگام ذکر نسخه مصارفی که به وسیله احمدبن محمد طائی در آغاز خلافت معتضد(د. ۲۸۹ ق) انجام یافته، اصطلاح فنجامیین را در کنار سایر مناصب دولتی به کار برده است «و ارزاق سبعه عشرمن المرسومین بخدمه الدوار و الرسائل الخاصه و القراء و اصحاب الاخبار و الموذنین و المنجمین و الفنجامیین[5]».

پنگان در اشعار و ادب پارسی نیز تبلورداشته است، چنانکه ناصرخسرو(د.۴۸۱ق) شاعر فارسی زبان در اشعار خود، به صندوق ساعت و کلمه پنگان و کاربرد آن اشاره کرده است :

---

[1] . حاجی خلیفه، ***کشف الظنون***، ج ۱، ص۲۵۵.
[2] . همانجا.
[3] . محقق، مهدی، «پنگان»، ***چهارمین بیست گفتار در مباحث ادبی کلامی و تاریخ علوم***، ص۲٤.
[4] . جاحظ ***الحیوان***، ج۲، ص ٤٠٦.
[5] . صابی، هلال بن محسن، ***الوزراء(تحفه الامراء فی تاریخ الوزراء)***، ص۱۱۹

درین صندوق ساعت عمرها را دهر بی رحمت همی برما بپیماید بدین گردنده پنگان ها[1]

که دانست از اول چه گویی که ایدون زمان را بپیمود باید به پنگان[2]

چون در زیر این فنجانها سوراخی بوده که آب یا ریگ به تدریج ازآن خارج می‌شده و پیمایش زمان با آن صورت می‌گرفته است سنایی(د.۵۴۵ق) می‌گوید:

دل و تن چون دل و تن غربال سر و بن چون سر و بن پنگان[3]

ساعت‌های آبیِ پیچیده تر نیز عموماً با اتکا بر همین اصل ساده یعنی جریان ثابت آب بنا می‌شدند و آنها را صندوق ساعت نیز می‌نامیدند. دقّت بیشتر ساعت آبی در گرو یکنواختی جریان آب بود. بنابراین ساعت های آبیِ دقیق‌تر با استفاده از اصول هندسه و مکانیک سیالات ساخته می‌شد و در آن ابزار و ادوات پیچیده به کار می‌رفت. برای انتقال و تبدیل حرکت آب به حرکت شمارگرها و طبل و سنج و... نیز مکانیسم‌های متعدد دیگری استفاده می‌شد. در نتیجه ساعت آبی، دستگاه پیچیده‌ای بود که ساختن آن نیاز به احاطه بر علوم ریاضی و فنون تجربی متعدد داشت.[4]

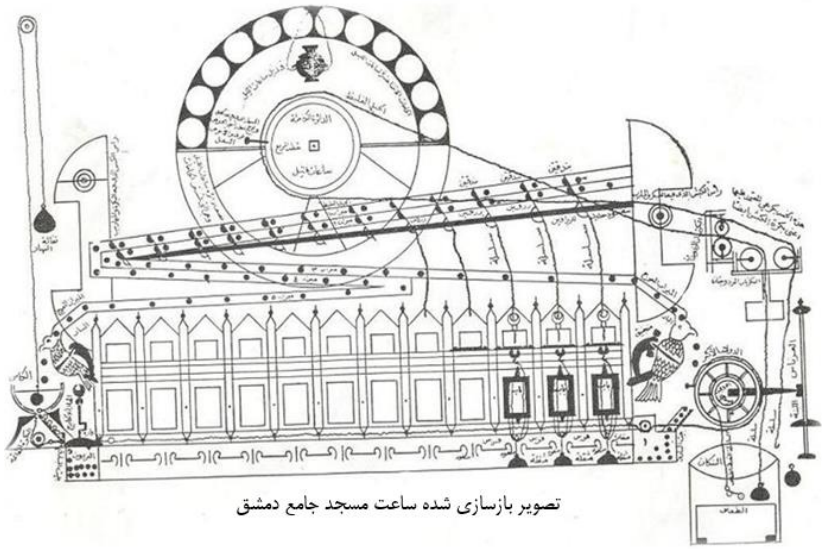
امام محمد غزالی (د.۵۰۵ ق) آنجا که می‌خواهد استواری و اِتقان احکام نظام آفرینش را بیان کند، ضمن اشاره به ظرافت و دقّت به کار رفته درساختن صندوق ساعت که با آب کار می‌کرد، آن را به عنوان مثال محسوسی برای تفهیم مطلب مورد نظر خود استفاده کرده و شرح مفصلی از ساختمان آن را ارائه کرده که قابل توجه است.[5] مقایسه‌ی‌غزالی بین احکام نظام آفرینش و صندوق الساعات، دلیل روشنی بر وجود گسترده این گونه ساعت ها در عصر غزالی(سده پنجم و ششم هجری) بوده است.

فخرالدین رازی (د.۶۰۶ق) نیز در کتاب *التفسیر الکبیر* از کاربرد صندوق ساعات سخن گفته و متذکر می‌شود که، برخلاف تصور ساده لوحان، زنگ صندوق الساعات به سبب سحر نیست، بلکه علت آن از روی تدابیر هندسی بوده است.[6]

ابن جبیر سیاح اندلسی (قرن ششم هجری)، نیز در سفرنامه خود در فصل«ذکر گرامی مسجد جامع دمشق»، در توصیف ساعت شگفت انگیز آن مسجد، گزارش مفصلی آورده و طرز کار آن را توضیح داده است. به گفته‌ی وی، این ساعت، در سمت راست بیرونی باب جیرون در دیوار مشرف بر سنگ فرشی که برابر آن است، در داخل یک اتاق قرار داشته و یک نفر مسئول تنظیم آن بوده است. مردم این دستگاه را منجانه یا میقاته می نامیدند.[7]

---

[1] . ناصرخسرو، *دیوان اشعار*، ص۲۱.
[2] . همان ، ص۳۱۹.
[3] . سنایی، ابوالمجد، ***دیوان اشعار***، ص۳۴۹
[4] . نوربخش، محمدرضا، ***«ساعت مکانیکی در ایران»***، ***مجله آینده***، ش ٦و٧ سال ١٣ شهریورومهر١٣٦٦ ش، ص ٣٩٥.
[5] . غزالی، محمد، ***کتاب الاربعین***، صص۳۰-۳۱.
[6] . دهمان، محمد احمد، ***مقدمه ي علم الساعات و العمل بها***،ص١٩ به نقل از رازی، فخرالدین، ***تفسیر کبیر***،المطبعه الخیریه ج١،ص٤٣٢.
[7] . ابن جبیر، ***سفرنامه ابن جبیر***، صص ۲۱۸-۲۱۹.



تصویر بازسازی شده ساعت مسجد جامع دمشق

ابن بطوطه (قرن هشتم هجری) نیز در سفرنامه‌ی خود در توصیف دروازه های مسجد اموی دمشق در زمینه‌ی باب الساعات آن گزارشی دارد که قابل توجه است.[1]

جعفربن محمد بن حسن جعفری در کتاب *تاریخ یزد* که در سده‌ی نهم هجری نوشته است، از یک دستگاه جالبِ سنجش زمان که وی آنرا رصد نامیده، سخن دارد که در مدرسه رکنیه‌ی یزد که بنای آن به سال ۷۲۵ هـ .ق باز می‌گردد، نصب شده بود. او آن دستگاه را با ذکر جزئیات و کارکردش توصیف کرده است. به نظر می‌رسد این دستگاه بسیار شبیه به دستگاهی بوده که در مسجد اموی دمشق نصب شده بود. به گفته‌ی او، این دستگاه را فردی به نام خلیل بن ابی بکرآملی ساخته بوده است.[2]

نویسندۀ *زینۀ المجالس در* قرن یازدهم هجری، درباب «ذکر امورغریبه و طلسمات» داستانی را نقل می‌کند که علاوه بر این که دربردارنده توصیفی از یک ساعت آبی است، دارای نکات دیگری هم می باشد. به گفته وی « زمانی که ابومطیع بلخی اندیشید که طلسمی غریب و عملی نادر ترتیب داده، نزد امیر برده به وسیله آن هنر، بِدو تقرب جوید، لاجرم فکرت بر ساختن طلسمی گماشته، در اندک مدتی، سه صورت از چوب ساخت که طبلی در گردن انداخته که هرگاه ساعتی از روز برآمدی آن تمثال چوبی برآن طبل زدی».[3]

از این نوع توصیفات در سفرنامه‌ها و متون تاریخی به صورت پراکنده یافت می‌شود که خود دلیلی بر کاربرد زیاد ساعت های آبی‌در بین مسلمانان است. ازاین روست که برخی از مهندسان مسلمان بخشی از آثار حِیَلی خود را به آن اختصاص داده اند.

تا قبل از قرن دهم قمری عملی‌ترین و متداولترین طریقه برای تعیین اوقات استفاده از ساعت آبی بود که تمام مکانیسم حرکت محورها و دستگاه های خودکار آن، از سقوط مقداری آب نتیجه می‌شد. با گذشت زمان از سقوط وزنه به عنوان عامل حرکت استفاده شد و این ابتکار مقدمه‌ای برای ساخت ساعتهای مکانیکی شد. ساعت مکانیکی مخترع شناخته شده–

---

[1] . ابن بطوطه، ***رحله ابن بطوطه***، ج۱، صص۳۱۲-۳۱۳.
[2] . جعفری، جعفربن محمد، ***تاریخ یزد***، صص ۱۰۳- ۱۰۵.
[3] . مجدی، محمدبن ابی طالب، ***زینه المجالس***، ص ۸٤٤.

ایی ندارد و تاریخ اختراعش هم دانسته نیست از این رو درباره کم و کیف تأثیر منابع اسلامی و چینی در تکوین ساعت مکانیکی فرضیه‌های متفاوتی طرح شده است.[1]

ساعت مکانیکی برخلاف ساعت آبی که عملکردش برجریان ثابت آب مبتنی است اساس کار آن را حرکت نوسانی تشکیل می‌دهد. درساعت‌های مکانیکی اولیه محرک اصلی وزنه‌ایی است که سقوطش مجموعه‌ایی از چرخ دنده‌ها را به گردش در می‌آورد اما اگر سقوط وزنه مهار نشود سرعتی فزاینده می‌یابد و تطابق حرکت آلات ساعت را با یکنواختی گذشت زمان برهم می‌زند. بداعت ساعت مکانیکی در همین شیوه مهارکردن چرخ‌ها و سقوط وزنه است. ابزار این کار را چرخ دنگ می‌نامند. چرخ دنگ با حرکت چرخ دنده‌ها به نوسان در می‌آید و با نوسان خود مجموعه‌ی چرخ دنده‌ها را به تناوب از حرکت باز می‌دارد و سپس به حال خود وا می‌گذارد تا دوباره به گردش خود ادامه دهند و در تکرار این عمل لحظه‌ها را می‌شمارد.

کتابشناسی علم البنکامات

بسیاری از دستاوردهای مسلمانان در باب مهندسی و به طور کلی استفاده مسلمانان از تکنولوژی در قرون گذشته، به خوبی شناخته شده نیست. شاید بتوان در این باب دو دلیل عمده را ذکر کرد:

۱ـ در طول دوران اسلامی، مهندسان و فناوران بیش از آنکه اهل کتاب و نوشتن باشند، مردمی عملگرا بودند. به این معنا که آنها آثارشان را اختراع و ایجاد می‌کردند، اما به ندرت این دستاوردها را مکتوب کرده و انتشار می‌دادند. از این رو بیشتر دانش و مهارتشان سینه به سینه و از طریق شاگردانشان انتقال پیدا می‌کرد بدون آنکه آنها را ثبت کنند. گستردگی توانایی و مهارتشان را اکنون می‌توان از طریق رسالات اندکی که از آنها باقی مانده و وسایلی که ساخته‌اند ودر برخی حوزه‌های تکنولوژی حفظ شده، مورد ارزیابی و قضاوت قرار داد.

۲ـ در موارد نادری هم که مهندسان و فناوران مطلبی را در مورد اثر و اختراعشان مکتوب کرده بودند، کتابهای آنان یا مفقود شده یا آسیب جدی دیده است. در چند سال اخیر به سبب گسترش توجه به تاریخ تکنولوژی دربین مسلمانان، تعداد اندک شماری از نسخه‌های خطی مربوط به حوزه تکنولوژی مسلمانان ، شناسایی و تصحیح و چاپ شده است.

دانشمندان مسلمان ضمن ترجمه و مطالعه‌ی منابع یونانی در علم الحیل و علم البنکامات، مجموعه‌ای از متون اصیل را در این علم نگاشتند که برخی از آنها به صورت مستقل در باب ساعتها و به ویژه ساعتهای آبی هستند و برخی دیگر درضمن آثار دیگر و خصوصاُ آثار حیلی آورده شده است.

در اینجا به برخی از مهمترین رساله‌های اصلی در باب علم البنکامات اشاره می‌شود. اگرچه بحث در باب ماهیت این رسالات و بررسی دیگر آثارموجود در این باب نیازمند دقت نظربیشتری بوده و در حوصله این مقدمه نمی‌گنجد.

---

[1] .نک: هیل، دونالد، **«مهندسی مکانیک در میان مسلمانان»** ، ترجمه حسین معصومی همدانی، نشر دانش، شماره ۱۶، سال۳، خرداد وتیر۱۳۶۲ش.

۱- دو رساله منسوب به ارشمیدس

الف) *رساله آلهٔ ساعات الماء ترمی بالبنادق* که همان رساله ساعت آبی منسوب به ارشمیدس می‌باشد.[۱]

ب) *رساله عمل الآلهٔ التیُ تطرح بالبنادق.*[۲]

۲- کتاب *عمل الرخامهٔ المطبلهٔ و صنعهٔ البنادق و عمل الارتفاع و السموت.*

اثر ابوعبدالله محمدبن الحسن بن اخی هشام الشطوی. ابن ندیم در *الفهرست* از این اثر یاد کرده است ولی به زمان دقیق نگارش آن اشاره نکرده است[۳]، از زمان حیات و زندگی نویسنده اثر نیز در منابع نشانی یافت نشد، اما احتمالاً این اثر پیش از قرن چهارم هجری نوشته شده است.

۳ - *کتاب عمل الرخامهٔ المنحرفهٔ*

اثر ابوعبدالله محمدبن الحسن بن اخی هشام الشطوی. ابن ندیم در *الفهرست* از این اثر یاد کرده است ولی به زمان دقیق نگارش آن اشاره نکرده است[۴]، از زمان حیات و زندگی نویسنده اثر نیز در منابع نشانی یافت نشد، اما احتمالاً این اثر پیش از قرن چهارم هجری نوشته شده است.

۴ -*کتاب الرخامهٔ* [۵]

اثرمحمد بن موسی خوارزمی(حدود۱۸۵ق- ۲۳۲ق)، احتمالاً این کتاب همان کتاب عمل الساعات فی بسیط *الرخامهٔ* است، که نسخه خطی آن در کتابخانه ایاصوفیه موجود می‌باشد.[۶]

۵ - *کتاب عمل الرخامات*[۷]

اثر محمدبن کثیر الفرغانی(قرن سوم هجری)، منجم ایرانی و ملقب به حاسب، از مردم صُغد بود. این دانشمند معاصر مأمون عباسی بوده و به امر خلیفه در تصحیح زیج بطلمیوس مشارکت داشت.[۸]

۶ - *کتاب الرخائم و المقاییس*[۹]

---

[۱] . ابن ندیم، ***الفهرست***، ص ۳۲۶
[۲] . همان، ص ۳۴۳
[۳] . همان، ۳۳۹.
[۴] ابن ندیم، ***الفهرست***، ص ۳۳۹.
[۵] . ابن ندیم، ***الفهرست***، ص ۳۳۳؛ ابن قفطی، ***تاریخ الحکماء***، ص ۲۸۶.
[۶] . اذکایی، پرویز، «علم الحیل و فنون آن»، ***مجله تحقیقات اسلامی***، سال سیزدهم شماره۱و۲، بهار و تابستان ۱۳۸۷ش ص ۱۷۳.
[۷] . ابن ندیم، ***الفهرست***، ص ۳۳۷؛ ابن قفطی، ***تاریخ الحکماء***، ص۲۸۶.
[۸] . ابن قفطی، ***تاریخ الحکماء***، ص۲۸۶.
[۹] . ابن ندیم، ***الفهرست***، ص .۳۳۴.

اثر حبش بن عبدالله مروزی مشهور به حبش حاسب (حدود۲۵۰ق) منجم و ریاضی‌دان ایرانی است.

۷ – کتاب فی آلات الساعات التی تسمی رخامات

اثر ثابت بن قره(۲۲۱–۲۸۸ق)، مترجم، منجم، پزشک و فیلسوف قرن سوم هجری. او در دوران اوج نهضت ترجمه می‌زیست و با تسلطی که به زبانهای سریانی و یونانی داشت، یکی از مؤثرترین افراد در این نهضت بود. از او آثاری در حوزهٔ نجوم، فلسفه، ریاضیات باقی مانده است. ابن ابی اصیبعهٔ در *عیون الانباء* از این اثر یاد کرده است.[۱]

۸ – مقالهٔ فی البنکام[۲]

اثر ابن هیثم (۳۵۴– ۴۳۰ق) است. نسخه خطی این اثر در فهرست نسخه‌های خطی کتابخانه وزیری یزد موجود است.[۳]

۹ – کتاب *الاربعین*

نوشتهٔ امام محمد غزالی (متوفی ۵۰۵ هـ‌ق)، که در آن به ساخت پنگان اشاره شده است.

۱۰ – *الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعهٔ الحیل*

تألیف بدیع الزمان جَزَری (متوفی ۶۰۲ هـ ق)، که در نوع (بخش) اول آن استفاده از پنگان ، انواع آن و به طور کلی ساعتهای آبی به تفصیل شرح داده شده است.

۱۱ – *علم السّاعات و العمل بها*

اثر فخرالدین رضوان بن محمد بن علی بن رستم بن هَردوز خراسانی معروف به اِبْنِ ساعاتی (د. ۶۱۸ ق). که در آن ساخت ساعتهای آبی گوناگون از جمله پنگان آمده است.

۱۲– *نتیجهٔ الدولهٔ*[۴]

اثرمحمد الحافظ المخترع یا محمد الاصفهانی(زنده دراواخر سده نهم و اوایل سده دهم هجری)، درباره توصیف چند ابزار و دستگاه مکانیکی در اوایل قرن دهم هجری، به زبان فارسی نوشته شده است. بخش اول این کتاب که رکن نام دارد، درباره ساعت و مشتمل بر مقدمه، سه اصل و خاتمه است. وی در سه اصل، قفصه‌ی ساعت، چرخهای اصلی و چرخهای عقربه‌ای را همراه با تصویرهای دقیق شرح داده و درخاتمه به عیب‌ها و مسائل فرعی ساعت، نظیر روغنکاری اشاره کرده است و در تصویر پایانی،روش نصب ساعت در عمارت و طرحی ازآن را ارائه کرده است.

---

[۱] . ابن ابی اصیبعه، ***عیون الانباء فی طبقات الاطباء***، دارالفکر، بخش دوم،ص، ۲۰۰.
[۲] . همان، بخش سوم، ص ۱۶۲.
[۳] . شیروانی، محمد، ***فهرست نسخه های خطی کتابخانه وزیری یزد***، ج ۵، ص۱۷۸۳.
[۴]. این کتاب در اوایل قرن دهم هجری به زبان فارسی و احتمالاً در خراسان نوشته شده است. اسم نتیجه الدوله در دیباچه و در قسمت های پایانی کتاب تکرار شده است.(بینش، تقی، ***مقدمه نتیجه الدوله***، ص چهارده)

۱۳ – *الطُرقُ السَنّیِه فی الآلات الرّوحانیه:*

از تقی الدین محمدبن معروف، مشهور به راصد(۹۹۳–۹۲۳ق)، دانشمند برجسته و جامع الاطراف قرن دهم بود. وی در چند بخش *الطرق السنّیه*، ابزارهای مکانیکی را که به ساعتها (بنکامات) مربوط می‌شوند، به تفصیل شرح داده است. حاجی خلیفه این کتاب را جزو آثاری که دربارهٔ علم البنکامات نوشته شده، آورده است. تنها نسخهٔ خطی این کتاب، در کتابخانهٔ چستر بیتی ایرلند وجود دارد و احمد یوسف حسن، تصویر آن را در کتاب خود، *تقی الدین والهندسهٔ المیکانیکیهٔ العربیهٔ*، به چاپ رسانده است.

۱۴– *الکواکب الدریهٔ فی وضع البنکامات الدوریهٔ یا رساله فی علم البنکامات*

اثر دیگری از تقی الدین راصد که در ادامه‌ی مقدمه به تفصیل از آن سخن خواهیم گفت.

۱۵ – *رَیحانهٔ الرّوح فی رَسم السّاعات علی مُستویَ السّطُوح*

اثر دیگری از تقی الدین راصد.

۱۶– *مختصرهٔ بالعمل بصندوق الیواقیت.*

اثر ابن ابی‌الفتح صوفی (د. ۹۵۰هـ ق) ستاره‌شناس مصری درباره طرز استفاده ساعت آفتابی ساخته دست ابن شاطر(د.۷۷۷هـ ق) معروف به صندوق الیواقیت است. ابن ابی‌الفتح این رساله را در ده باب نوشت. لوئی ژانن و دیوید کینگ این اثر را به زبانهای فرانسه و انگلیسی ترجمه و با توضیح ریاضی آن منتشر کرده‌اند.[۱]

۱۷ – *کتاب فی صنعهٔ الرخامات*

اثرمحمد بن الصّباح منجم و ماهر در هیئت.[۲] ابن قفطی در *تاریخ الحکماء* از این اثر یاد کرده است ولی به زمان دقیق نگارش آن اشاره نکرده است. از زمان حیات و زندگی نویسنده اثر نیز در منابع نشانی یافت نشد، اما احتمالاً این اثر پیش از قرن هفتم هجری نوشته شده است.

۱۸ – *ذکرعمل الفنجان و ثقال القطار للساعات الزمنیه*

نسخه‌ای از این رساله در کتابخانه ملی پاریس موجود می‌باشد.[۳]

۱۹ – *در عمل رخامهٔ اول اجزای ساعات معوج*

---

[۱] . دیانت، ابوالحسن، «*ابن شاطر*» ، ***دایره المعارف بزرگ اسلامی***، ج ٤، ص ٥٦.
[۲] . ابن قفطی، ***تاریخ الحکماء***، ص۵۹.
[۳] .همان، ص ۶

از نویسنده‌ای ناشناس، به زبان فارسی (در سه صفحه)، نسخه خطی این اثر در کتابخانه ملی ملک موجود است.[۱]

۲۰- *دایرهٔ هندیه و آلات ساعه*

از نویسنده‌ای ناشناس، به زبان فارسی، نسخه خطی این اثر در کتابخانه مدرسه عالی شهید مطهری موجود است[۲].

تقی الدین محمد، راصد دمشقی

تقی‌الدین محمد بن معروف، مشهور به راصد (۹۹۳-۹۲۳ق)، دانشمند برجسته و جامع الاطراف قرن دهم بود. او را به سبب اقامت و سکونت در شهرهای مختلف شام ومصر، راصد شامی، دمشقی و مصری نیز خوانده‌اند.[۳] او در روزگار اقتدار دولت عثمانی می‌زیست و عمده مهاجرتهایش در شهرهای تحت حاکمیت این دولت بود.

تقی الدین در سال ۹۲۳ قمری در دمشق به دنیا آمد[۴]. وی ادعا کرده که در۹۵۳ قمری در قسطنطنیه بوده است.[۵] نخستین شواهد اقامت او در مصر، از لابه لای چند اثرش، از جمله *الطرق السنیه* به دست می‌آید. در این کتاب، او ضمن ستایش علی پاشا (والی مصر و سپس صدر اعظم عثمانی)، خبر از حضور خود در خدمت وی داده است.[۶]

بنابر نوشته حاجی خلیفه، تقی الدین کتاب *رَیحانَه الرّوح فی رَسم السّاعات علی مُستویَ السّطُوح* را در سال ۹۵۷ قمری در یکی از روستاهای شهر نابلس تألیف کرده است.[۷] دوّمین سفر او به قسطنطنیه درسال ۹۷۸ قمری، هم زمان با سال‌های پایانی حکومت سلطان سلیم دوم (حک: ۹۷۴ـ ۹۸۲ق) صورت گرفت که تقی الدین مدتی را در خدمت وی به سر می برد.[۸] با به حکومت رسیدن سلطان مراد سوم (حک:۹۸۲ ـ ۱۰۰۳ق) تقی الدین مورد توجه قرار گرفت و به توصیه‌ی خواجه سعد الدین و محمد پاشا (صدر اعظم)، سلطان مراد به او دستور داد رصدخانه‌ای بسازد. این رصدخانه که ساخت آن از۹۸۳ قمری شروع شد و دو سال طول کشید، درتپه‌های مشرف به قسطنطنیه به نام ارتفاعات توپخانه[۹] قرار داشت. شیوع بیماری طاعون و مرگ بسیاری از مردم در این زمان، از جمله چند شخصیت مهّم[۱۰] و نیز سعایت برخی افراد باعث شد، سلطان از ادامه کار

---

۱. افشار، ایرج و دیگران، ***فهرست نسخه هاي خطي كتابخانه ملي ملك***، ج۶، ص ۳۰۳.
۲. دانش پژوه و دیگران، ***انجمن ايراني فلسفه وعلوم انساني نشريه شماره ٤ فهرست كتابخانه سپهسالار***، ج٤، ص٤٣٨.
3. King, D.a.,"**Taki al- din Mohamad b. Maruf**", Vol. x, p. 132؛
حاجي خليفه، ***كشف الظنون***، ج۲، ص ۹۸۲.
٤. تقی الدین راصد، محمد، ***الطرق السنیه فی الالات الروحانیه***، ص ۱.
٥. همان، ص ۷۷.
٦. تقی الدین راصد، محمد، ***الطرق السنیه فی الالات الروحانیه*** ، ص ۳.
۷. حاجي خليفه، ***كشف الظنون***، ج ۱، ص ۹۴۰.
۸. گیاهی یزدی، حمیدرضا، «*تقی الدین راصد*»، ***دانشنامه جهان اسلام***، ج۷ص ۸۷۶..
۹. همان.
۱۰. حسن، احمدیوسف، ***مقدمه الطرق السنیه***، ص ۲۰.

رصدخانه بیمناک شود و دستور به انهدام آن در ذیحجه سال ۹۸۷ قمری بدهد. این اقدام، موجب آزردگی تقی‌الدین و عزلت او گردید و سرانجام در ۹۹۳ قمری در شهراستانبول (و به نوشته گروهی در دمشق) در گذشت.[۱]

از تقی الدین آثار متعددی در رشته‌های گوناگون علمی چون ستاره‌شناسی، گاه‌شماری و قبله‌یابی، ریاضیات، مکانیک، نورشناسی، پزشکی باقی مانده است.[۲]

آثار راصد دمشقی در حوزهٔ ساعت مکانیکی

تقی الدین در حوزه علم البنکامات و ساعت سازی در سه اثر خود مطالبی را بیان کرده است:

الف) ***الطُرقُ السَنّیه فی الآلات الرّوحانیه*** که درباره ساعتها و ابزارهای بالابرنده آب، وسایل جَرّاثقال و... بحث می‌کند. این کتاب، یک مقدمه و شش باب دارد .در مقدمه، از یک ساعت نجومی معروف به حُقّ القمر یا علبه القمر (جعبه ماه) بحث می شود.

باب اوّل، دربارهٔ ساعتهاست و مؤلف، چهارگونه از ساعتهاي آبي (البنكامات المائيه) و شني (البنكامات الرمليه) را ـ كه پيش از پيدايش ساعت هاي مكانيكي رواج داشت ـ شرح مي دهد. باب دوّم درباره جَرّاَثقال است كه سه گونه آن را شرح می دهد: چرخ هاي دندانه دار، قرقره، طناب و چرخ هاي حلزوني. در باب سوم از چهار نوع ابزارهاي بالا برنده آب سخن دارد. باب چهارم به روش هاي پر كردن مخزن ها و فواره ها با توجه به اصل امتناع وجود خلاء مي‌پردازد. باب پنجم، يازده وسيله مكانيكي جالب را معرفي مي كند كه نمونه هاي آن، در كتاب هاي دو سلف او، *الحيل* بنوموسي و *الجامع بين العِلم و العَمل* جَزَري وجود دارد. باب ششم، سيخ گرداني را توضيح مي دهد كه توسط بخارآب به چرخش در مي آيد.

وي به شيوهٔ اسلاف خود حركت كرده، با اين تفاوت كه ابزارهاي جديد و برخي وسيله ها را كه در كتاب های قبلي به آنها اشاره نشده بود، شرح داده است.

كتاب *الطرق السنيه* از آن رو اهمّيت دارد كه از طرفی حلقه ي تكميل كننده ای در تاريخ تكنولوژي اسلامي و به ويژه علم مكانيك (علم الحيل) به شمار می‌آيد كه به شيوهٔ كتابهايی همچون *كتاب الحيل* بنوموسي شاكر(قرن سوم) و *معرفه الحيل الهندسيه* جزري(قرن ششم)، تقريباً چهار قرن بعد (درسال ۹۵۹ ق)، نوشته شده و در حقيقت استمرار همان سنت است. از طرف ديگر اين كتاب، همزمان با عصر رنسانس اروپا نوشته شده است.

كتاب *الطرق السنيه* توسط احمد يوسف الحسن در سال ۱۹۷۶ق و با همكاري مؤسسه تراث العلمي العربي در يك جلد و ۱۳۵صفحه (۵۹صفحه مقدمه و ۷۶صفحه نسخه خطي) به صورت نسخه برگردان چاپ شد. اين كتاب داراي مقدمه مفصلي از زندگي نامه و آثار تقي الدين راصد

---

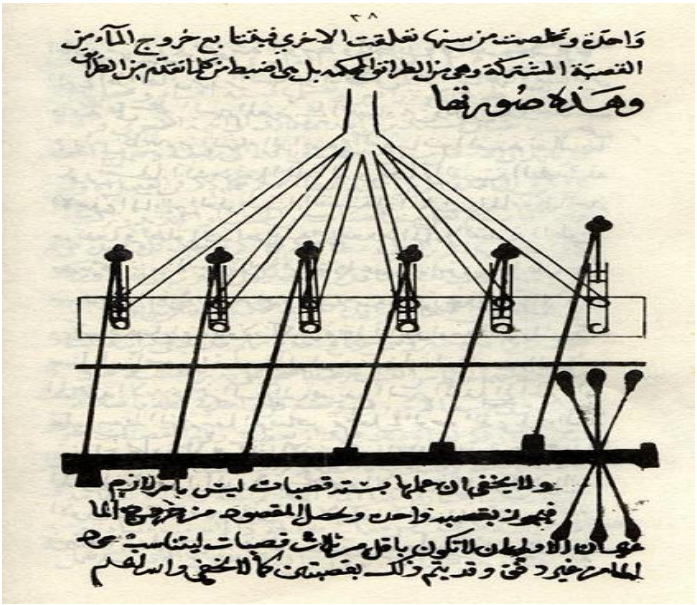
[۱] . محقق، مهدي، ***چهارمين بيست گفتاردر مباحث ادبی كلامی و تاريخ علوم***، صص ۱۴۰-۱۴۲.

[۲] . نک: حسن، احمد يوسف، **مقدمه *الطرق السنيه***، صص ۲۵- ۳۰.

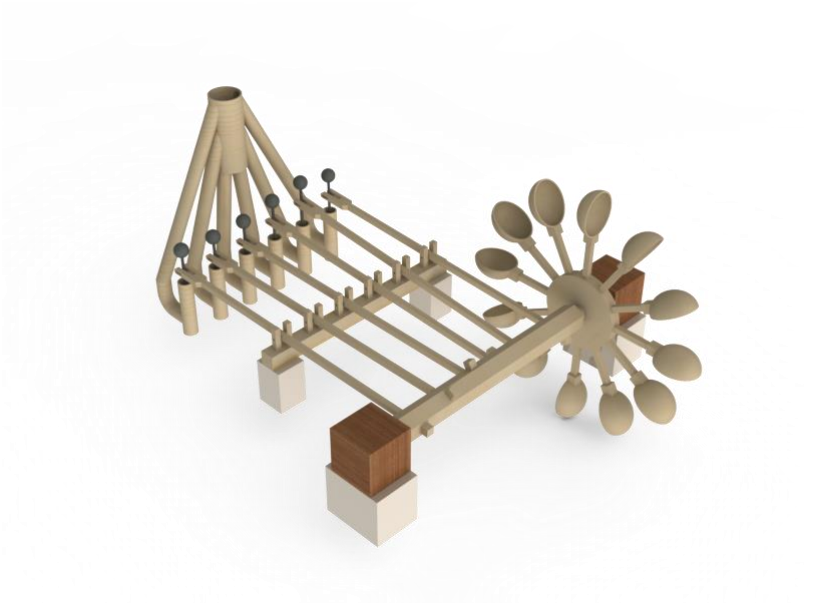
است که توسط يوسف الحسن نوشته شده و مصحح، نسخه خطي اين اثر را نيزدرادامه به صورت ضميمه آورده است.

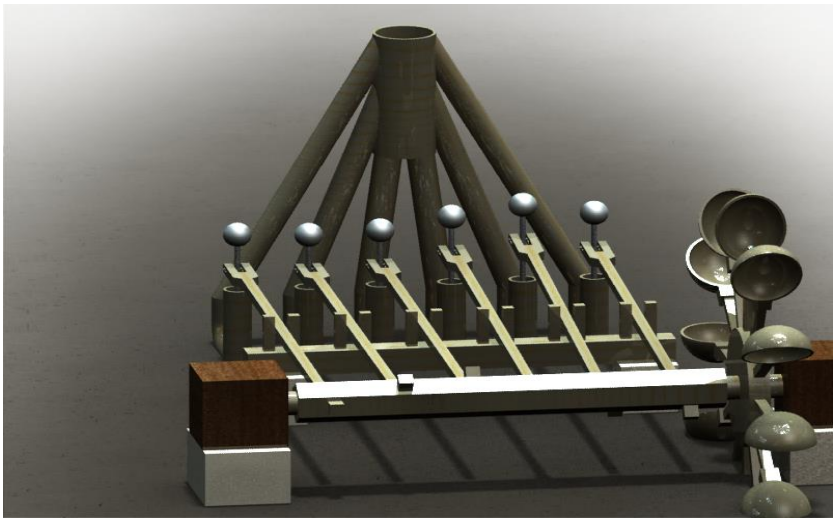
در اين قسمت براي آشنايي بيشتر، تلمبهٔ آبي(ماشين مكش آب) ساخته دست تقي الدين راصد معرفی می‌شود.

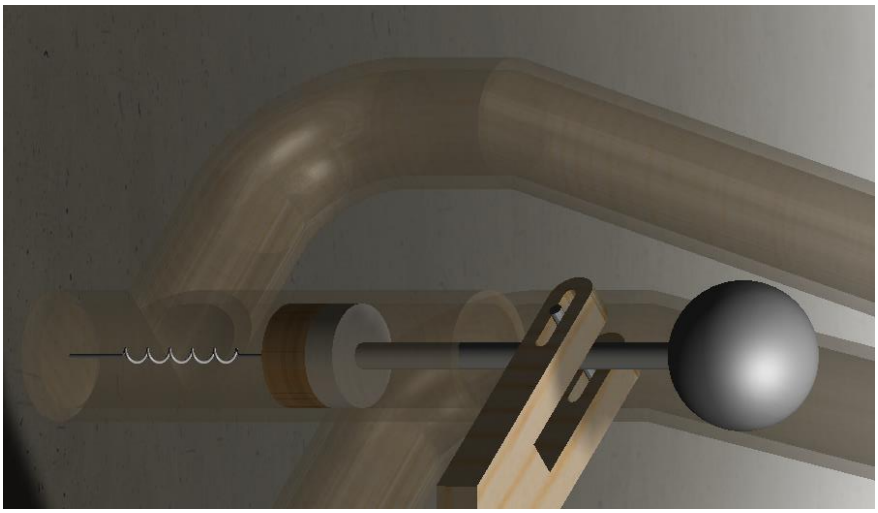
تقي الدين راصد از يک ماشين مكش آب دراثرش، *الطرق السنيه* ياد می‌كند كه عبارت بود از نوعي چرخاب ملاقه اي شكل كه روي جريان آب معمولي قرار می‌گرفت. محور بلندي به صورت افقي به اين چرخ متصل مي شد كه ياتاقان هاي آن را روي سكوهايي قرار می‌دادند . اين محور، داراي شش بادامك بود كه به فاصله هاي مساوي در طول آن قرار داشتند. در مقابل هر بادامك، اهرم ميله اي بلندي قرارداشت كه نقطه اتكاي آن روي ميله اي پايه دار استوار شده بود وانتهاي ديگر آن با ميخي به ميله عمودي پيستونی متصل مي شد، در انتهاي فوقانيِ ميله‌ی پيستون، وزنه اي سربي نصب شده بود و انتهاي آن به پيستوني متصل بود كه به يكي از شش سيلندرقرار گرفته بر روي يك قطعه الوار بزرگ وارد می‌شد . سيلندرها مستقيماً درآب قرار داشتند و در كف هر يك از آنها يك شير و دريچه ی يك طرفه قرار داشت. مجراهای تخليه آب، از كف سيلندرها به طرف بالاي دستگاه مي رفتند و در آنجا با هم مرتبط شده و به صورت يك لوله خروجي واحد در مي آمدند. هنگامي كه چرخاب به گردش در مي آمد، ميل بادامك، پيستون ها را بالا مي كشيد. سيلندر به حالت مكش در مي آمد و آب وارد آنها مي شد. هنگامي كه تأثير ميل بادامك قطع مي شد، وزنه سربي پيستون ها را به سمت پايين هدايت می‌كرد و آب موجود در سيلندر از طريق مجراي خروجي تخليه می شد (نك: تصويرنسخه خطی و تصاوير شبيه سازی شده از ماشين مكش آب تقی الدين راصد)

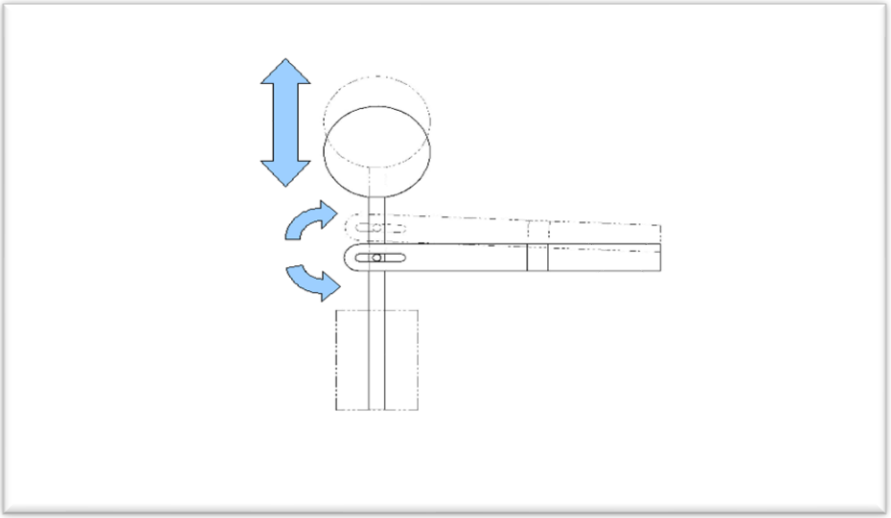


تصویر نسخه خطی تلمبه تقی الدین راصد









ب) *رَیحانَه الرّوح فی رَسم السّاعات علی مُستویَ السّطُوح:* دربارهٔ ساعتهای آفتابی سنگی (رُخامه) و چگونگی ساخت آنها.

ج) *الکواکب الدّریه فی وضع البنکامات الدوریه* یا *رساله فی علم البنکامات*

حاجی خلیفه در *کشف الظنون* به این رساله اشاره کرده است.[1] تقی الدین این کتاب رادر۹۹۶ق هنگامی که قاضی نابلس بود نوشته است. کتاب به وزیر علی‌پاشا، از مقامات دولت عثمانی که در سال ۹۵۶ق به عنوان حاکم مصر منصوب شده بود تقدیم شده است کسی که از آن هنگام به بعد، حامی و مشوق تقی الدین شد. او در دیباچه اشاره می‌کند که از کتابخانه شخصی علی پاشا و مجموعه ساعت‌های مکانیکی اروپایی او بهره برده است.

[1] . حاجی خلیفه، ***کشف الظنون***، ج ۱،ستون ۲،ص ۲۵۶.

در این کتاب وی طرز ساخت ساعتهای مکانیکی را وصف می‌کند که به دو دسته ساعت‌های وزنه ای (البنکامات السراقیهٔ) و ساعت‌های فنری (البنکامات الدوریهٔ) تقسیم می‌شد.[۱] در این کتاب، وی ساختار نوعی ساعت وزنه‌ای را شرح می‌دهد که مجهز به چرخ دنگ دارای شیطنک، مجموعه‌ای از چرخ دنده‌ها، زنگ و نموداری از اهله ماه است. وی همچنین به تشریح ساختار نوعی ساعت فنری با سیلندرمخروطی می‌پردازد که از آن جمله می‌توان به سیستم جدیدی برای زنگ ساعت اشاره کرد. تقی الدین ظاهراً ساعت خاصی برای رصدخانه ساخته بود و در نوشته هایش از نوعی ساعت جیبی در قلمرو عثمانی نیز سخن دارد.[۲]

وی ساعت‌های عقربه‌ای(البنکامات الدوریهٔ) را از بهترین ابزارها در شناخت وقت دانسته ودلیل آن را دقیق بودن آنها می‌داند[۳]. تقی الدین برای این که این دانش، به علّت اشتغالش به کارهای دیگر تباه نشود، همه‌ی معلومات خود را، در کتاب *الکواکب الدریه* تدوین کرد. او همچنین در این کتاب، شماری از ابزارهای دیگر را که در همین رشته پدید آورده، نام برده و هر یک از آنها را با عبارت «این وسیله از اختراعات نویسنده است» یا «ابزارهایی که در این رشته اختراع کرده ام» ذکر کرده و سپس شرح داده است.[۴]

دستنویسهای *الکواکب الدرّیه*

از رساله *الکواکب الدریه* چند دستنویس در فهارس و منابع موجود معرفی شده است:

۱ – نسخه قاهره (دارالکتب،MS میقات ۵۵۷/۱، ۳۵برگ،MS فلک ۳۸۴۵،MS سینا۱۶۶/۱ ، ۴۹ برگ)

۲ – نسخه آکسفورد (کتابخانه بادلین،MS ۹۶۸، ۶۰ برگ).

۳ – نسخه استانبول (کتابخانه دانشگاه،MS ،۹۶۶ و ۱۵۵۲).

۴ – نسخه (کتابخانه ملی فرانسه،MS ،عرب ۲۴۷۸، ۸۵ صفحه) با عنوان *رساله فی علم البنکامات*

۵ – دو رو نوشت دیگر از این نسخه از کتاب به ترتیب در کتابخانه چستربیتی در دوبلین (عربی MS ،۵۲۳۲، ۴۴ برگ) و در کتابخانهٔ Kandilli Rasathanesi در استانبول (MS ۹۶، برگ) وجود دارد. نسخه‌ی اخیر شامل ۵۲ تصویر و هفت مینیاتور است.

دستنویس کتابخانهٔ ملی پاریس

---

[۱] . روح اللهی، حسین، «*تقی الدین راصد*»، ***دایره المعارف بزرگ اسلامی***، ج۱۶، ص ۶۴.
[۲] . حسن، احمدیوسف، ***تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی***، صص ۸۲و۸۳ .
[۳] . حسن، یوسف، ***مقدمه الطرق السنیه***، ص ۲۴.
[۴] . همانجا.

این نسخه به شمارهٔ ۲۴۷۸، دارای ۸۵ برگ، خوش خط و خوانا و باحداقل افتادگی درسال ۹۶۶ق در مصر کتابت شده است که احتمالاً یا به خط مؤلف است، یا از روی خط او کتابت شده است. عنوانها در آن به صورت شنگرف و نسخه دارای۶۴ تصویر است. صفحهٔ آغاز با سرلوح کتیبه به زر و لاجورد، و صفحات مجدول دو لا به زر و آبی.

آغاز: بسمله، یا مَن ابدَعَ الحَرکهٔ و السُکون و اطلع یُدوَّر المعارف من افق غیبهٔ المکنون وجعل فی حرکات هذه الدَوایر و الکرات دقائق الحقائق و دقائق الاشارات و یَسَّر العقول الشریفهٔ لقبول فیضه المدرار و التمتع بتجلیات تلک الانوار اسالک ان تصلی و تسلم علی مَظهَر صفاتک و مُظهِر ایاتک عبدک و رسولک محمد المجتبی و علی آله و اصحابه الموئدین بباهر النباء حقق اللهم فیک امالنا، و اختم بالصالحات اعمالنا انک علی ما تشاءُ قدیر و بالاجابهٔ قمن و جدیر؛ و بعد فانی کنت فی زمن الصبا کلفا بعلم الوضعیات...

انجام: .... فلا یومن علیه الانکسار و یجب ان تکون النار التی یجما بها کثیرهٔ منفرشهٔ و ان لاینفخ علیه بکور بل یروح علیه بالمروحهٔ لیتناسب حموه و هذا العمل اصعب ما فی هذه الصناعهٔ و ادقه و علیک ایها الطالب بمعالجهٔ ذلک و ممارسهٔ و مراجعهٔ التجربهٔ حتی یحصل لک ملکهٔ تقدر بها علی التحصیل المرام والله ولی التوفیق و الاعانهٔ و هو حسبنا و نعم الوکیل نعم المولی و نعم النصیر و لا حول ولا قوهٔ الا بالله العلی العظیم.حدره.

انجامه: مؤلفه افقر عباد الله الرئوف تقی الدین محمد بن معروف خویدم الشرع الشریف بقضا نابلس عفی عنها و ذلک التاسع عشر من شهر شعبان المکرم من عام ست ستین بمحروسهٔ مصر.[۱]

چاپ:

سویم تکلی متن عربی این کتاب را به همراه ترجمهٔ انگلیسی و ترکی آن، در کتاب *تقی الدین و ساعت در امپراتوری عثمانی* در سدهٔ شانزدهم، درسال ۱۹۶۶م. منتشر کرده است.

همچنین در سال ۱۳۹۳ش. متن عربی آن در تهران، بر مبنای نسخهٔ پاریس در ۲۰۰ صفحه، از سوی بنیاد شکوهی منتشر شده است.

همچنین مقاله «ساعت نجومی تقی الدین: بازسازی واقعی» که حاصل تلاش پروفسور سلیم الحسنی و دانشجویانش در دانشگاه منچستر است، حاصل یک پروژهٔ تحقیقاتی است که به صورتی قابل فهم و با شبیه سازی رایانه‌ای قسمت‌های مختلف ساعت نجومی تقی‌الدین را که در اولین بخش رساله توصیف کرده، شرح می‌دهد. مشخصات کتاب حاضر چنین است:

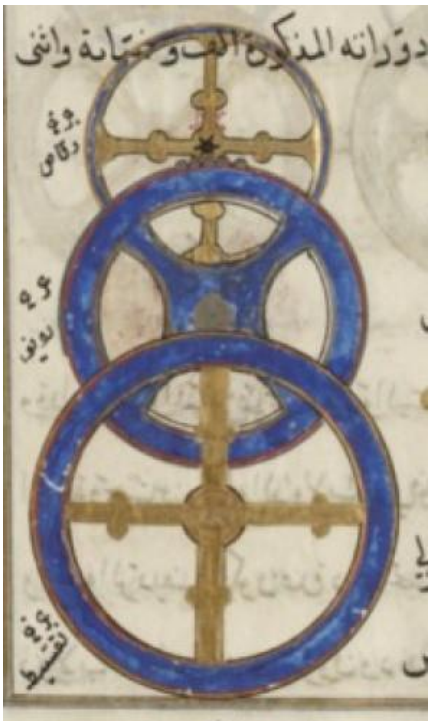
---

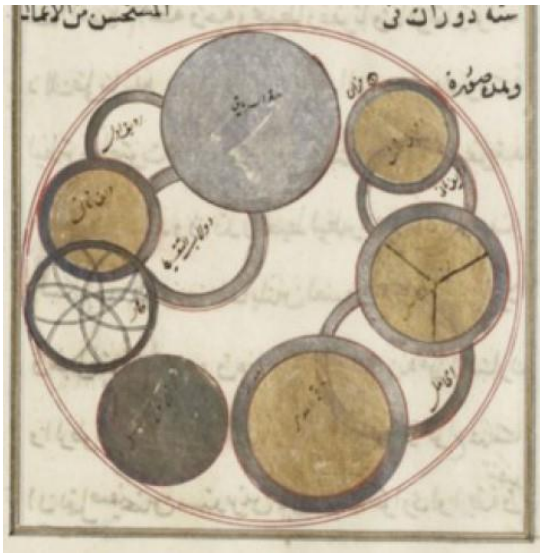
[۱] . در پایان صفحه انجام نسخه عبارت ذیل آمده است : **هذا الفظ شیخ الامام الهمام ذوالاتقان الطراز [کذا] عمل [کذا] کمر [کذا] الزمان جعل الله فی اوج سعادة الوافی [کذا] بحمدالله**

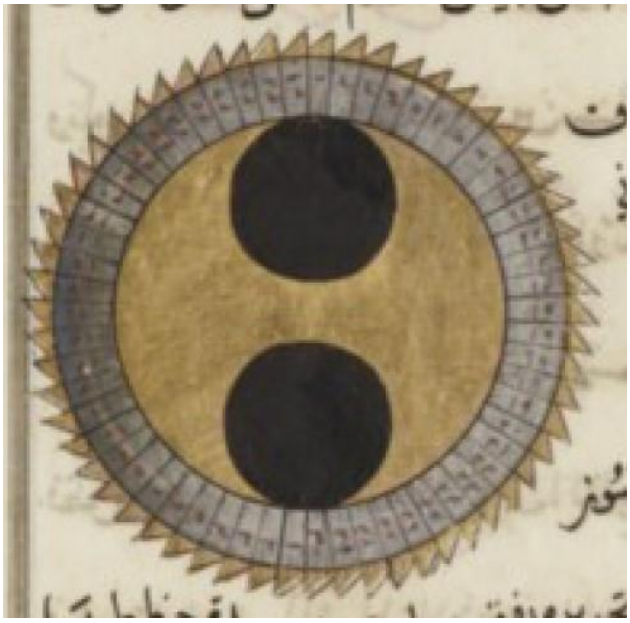
صفحه آغاز دستنویس کتابخانهٔ ملی پاریس، شمارهٔ ۲۴۷۸

صفحهٔ انجام نسخه کتابخانهٔ ملی پاریس، شمارهٔ ۲۴۷۸

تصاویری از نسخهٔ پاریس:

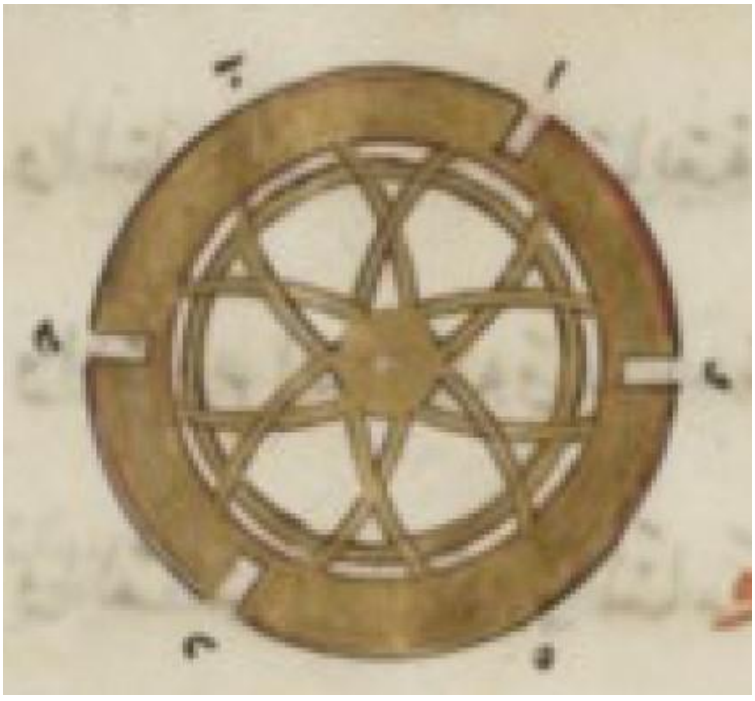






وهو محل الحقه

دولاب القمر
دولاب الواسط



پیوست:[1]

ساعت نجومی تقی الدین: بازسازی واقعی

۱. مؤلف

تقی الدین بن معروف (متولد دمشق در سال ۱۵۲۶ م – وفات در استانبول در ۱۵۸۵م) در کتابش *الکواکب الدریه فی البنکامات الدوریه* ، چهار نوع مهم از ساعتهای معروف در قرن ۱۶میلادی را آنالیز کرده است. ساعت مچی، ساعتهای خانگی، ساعت های نجومی و ساعت‌های بر سربرج. این چنین ماشین‌هایی، مجسم کننده و ترسیم کننده کامپیوترهای مکانیکی قدیمی در ذهن هستند. در مقاله پیش رو ما برای اولین بار بازسازی واقعی از نوعی ساعت نجومی را از طریق تصاویر هندسی و انیمیشن سه بعدی ارائه می‌دهیم.

تصویر۱: ساعت نجومی تقی الدین سمت راست گوشه تصویر مشهور رصدخانه استانبول

منبع: کتابخانه دانشگاه استانبول .MS F1404 , برگه ۵۷a

از رساله *الکواکب الدریه فی البنکامات الدوریه* نسخه‌های خطی متعددی موجود است. آنها به ترتیب در قاهره (دارالکتب،MS میقات ۵۵۷/۱، ۳۵برگ،MS فلک ۳۸۴۵،MS سینا۱۶۶/۱ ، ۴۹ برگ) آکسفورد (کتابخانه بادلین،MS ۹۶۸، ۶۰ برگ) و استانبول (کتابخانه دانشگاه، MS،۹۶۶ و ۱۵۵۲) نگهداری می‌شوند. [۱]

همچنین یک نسخه خطی از همین کتاب (کتابخانه ملی فرانسه،MS،عرب ۲۴۷۸، ۸۵

[1]. برای آگاهی بیشتر خوانندگان، مقاله «ساعت نجومی تقی الدین: بازسازی واقعی» که حاصل تلاش پروفسور سلیم الحسنی و دانشجویانش در دانشگاه منچستر است را ترجمه کرده و در اختیار خوانندگان عزیز قرار می‌دهیم. این مقاله حاصل یک پروژه تحقیقاتی است که به صورتی قابل فهم و با شبیه سازی رایانه‌ای قسمت‌های مختلف ساعت نجومی تقی‌الدین را که در اولین بخش رساله توصیف کرده، شرح می‌دهد:

The Astronomical Clock of Taqi Al-Din: Virtual Reconstruction ***By Salim T S Al-Hassani.*** *Foundation for Science, Technology and Civilisation, Chairman of the Board of Trustees; Emeritus Professor at the University of Manchester, UK.*

صفحه) با عنوان *رساله فی علم البنکامات* موجود است. [۲]

دو رونوشت دیگر از این نسخه از کتاب به ترتیب در کتابخانه چستربیتی در دوبلین (عربی MS ،۵۲۳۲ ،۴۴ برگ) و در کتابخانهKandilli Rasathanesi در استانبول (MS ۹۶، برگ) وجود دارد. نسخه اخیر شامل ۵۲ تصویر و هفت مینیاتور است.[۳] این کتاب را سویم تکلی چاپ و ترجمه کرده است[۴].

کتاب به وزیر علی‌پاشا، ازمقامات دولت عثمانی که در سال ۹۵۶ق(۱۵۴۹ م) به عنوان حاکم مصر منصوب شده بود تقدیم شده است کسی که از آن هنگام به بعد، حامی و مشوق تقی الدین شد.

درخاتمه متن رساله ، نویسنده تأکید می‌کند که کتابش را در سال ۹۶۶ ق (۱۵۵۹م)در نابلس – فلسطین- جایی که او در آنجا قاضی بود نوشته است. علاوه براین او در دیباچه اشاره می‌کند که از کتابخانه شخصی علی پاشا و مجموعه ساعت‌های مکانیکی اروپایی او بهره برده است [۵].

الکواکب الدّریه فی البنکامات الدوریه اولین رساله شناخته شده در جهان اسلام است که درباره ساعت‌های مکانیکیِ اتوماتیک نوشته شده است. با برخورد و تماس با ساعت‌های اروپایی، و ورود آن در آغاز قرن۱۶میلادی به استانبول،[۶] احتمالاً تقی‌الدین به عنوان مهندسی ماهر قصد داشته است تحولی در سنت اسلامیِ ساعت، از لحاظ طراحی و ساخت و تولید به شیوه و ساز وکارهای خودکار و اتوماتیک ایجاد کند.

در این مقاله، ما برای اولین بار، ساعت نجومی طراحی شده به دست تقی الدین برای مشاهده نجومی را بازسازی کرده‌ایم. ما در این بازسازی به توصیفات اصلی مطرح شده توسط نویسنده در اثرش، متکی هستیم، که آن را از طریق آنالیز ریاضی و فیزیکی مورد بحث قرار داده‌ایم. این ساعت، در اولین بخش از *الکواکب الدریه فی البنکامات الدوریه* توصیف شده است. این بخش، از ۵ باب تشکیل شده است. در حقیقت اینکه تقی الدین شروع رساله‌اش را با این ساعت جذاب انتخاب کرده خود گواهی و نشان دهنده اهمیت آن از دیدگاه اوست.

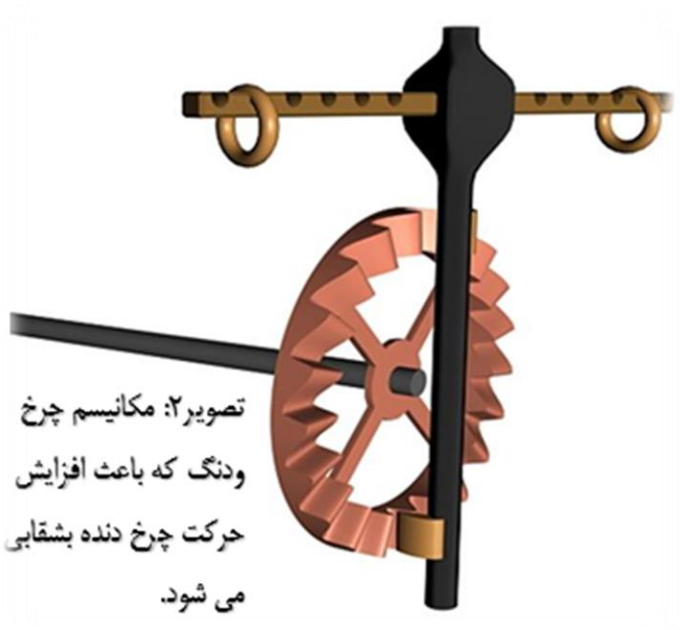
۲. مبادی و اصول ساعت

قبل از قرن شانزدهم میلادی ساعت‌ها همچنان فاقد دقت لازم برای اندازه گیری حرکات سماوی پنداشته می‌شدند، در جایی که پوتولمی (Potlemy) در دستیابی به آن ناکام ماند، تقی الدین طرحی برای ساختن یک ساعت نجومی ریخت که زمان را با نظم قابل توجهی اندازه گیری می‌کرد تا از این طریق در راستای تحقق آرزوی سلطان در آن زمان نیز گام برداشته باشد.

با استفاده از ریاضیات او سه صفحه که ساعت‌ها، درجه‌ها و دقیقه ها را نشان می‌داد طراحی کرد. او در این ساعت استفاده از چندین چرخ دنگ، یک زنگ، مکانیسم متناوب نواخته شدن سرساعت را که در هر ساعت صدا می‌دادند، ارتباط بصری

میان خورشید و ماه، مراحل مختلف ماه (اهله ماه)، وسایلی که وقت را برای نمازگران نشان می‌داد و صفحه‌ایی که نشان دهنده اولین روز از ماه گریگوری بود را گنجاند.

اثر تقی الدین در ساعتهای مکانیکی از مصادیق مهمِ انتقال ظریف دانش میان فرهنگها و پیشرفت تکنولوژی درخاورمیانه در نیمه قرن ۱۶میلادی است. بسیاری از وسایلی که در ساعت او اشاره شده است در ساعت‌های امروزی در سرار جهان موجود است.



تصویر۲: مکانیسم چرخ ودنگ که باعث افزایش حرکت چرخ دنده بشقابی می شود.

برای مثال، چرخ دنگ، که قلب و روح یک ساعت و اداره کننده نظم آن است. چرخ دنگ امکان حرکت را در فرآیندی رو برشد فراهم می‌کند . جالب است بدانیم که خیلی از ساعت‌های مدرن امروزی، همچنان به چنین وسیله ای متکی هستند. در بخش بعدی کتاب، تقی الدین ساعتی مجهز به فنرها را توصیف می‌کند که در حقیقت در پیشرفت ساعتها مورد استفاده قرارگرفتند.

مثال دیگر ساختمان زنگ است. ساعت تقی‌الدین توانایی به صدا در آمدن در یک زمان خاص را داشت. این امر با قرارگرفتن پیچ کوکی بر روی چرخ صفحه مدرج ساعت محقق شد تا هر زمان که شخص می‌خواهد زنگ را بشنود. نه تنها او شروع به ساختن وسیله‌ای کرد که بتواند به طور قابل اعتماد و منظم، زمان را اندازه گیری کند بلکه تقی الدین مفتخر به ساخت وسیله زنگ دار اتوماتیکی است. ابتکاری که ما مسلمانان به جامعه مدرن امروزی اعطا کردیم.

پیشرفتی که بلافاصله ظاهر نشد، منبع نیروی ساعت است. قبل از قرن شانزدهم میلادی ساعتها، با جریان آب کار می‌کردند .قدیمی‌ترین شکل، کلیپسیدرا بود، نوعی ظرف که با خالی شدن آب از آن با آهنگ مداوم، کار می‌کرد، که همراه سطح آب، تعداد ساعتها در کنار آن نشان داده می‌شد. تقی الدین آن را با استفاده از سقوط وزنه‌هایی که می‌توانستند به آسانی به عقب رفته و ساعت را به کار بیاندازند توسعه داد. این سازوکار همچنان به وضوح در ساعتهای امروزی (مخصوص) پدر بزرگها، مورد استفاده است.

تقی‌الدین اذعان می‌کند ساختن چنین وسایل اندازه‌گیری زمان، نیازمند مهارت و استادکاری است. او مواد مورد استفاده و چگونگی طراحی چرخ دنده‌ها را طوری که بدنه اصلی برای کاهش وزن، میان تهی باشد بیان می‌کند. او پیشنهاد ساخت استوانه را داده و تأکید می‌کند که قرقره هایی مورد استفاده قرار گیرند تا استوانه‌ها و چرخ دنده‌ها برای چرخیدن آزاد باشند.

در قرن شانزدهم میلادی، ساعتها در راستای بهبود و پیشرفت، به عنوان ابزارهای نجومی مورد توجه قرارگرفتند. احتمالاً این امر مدیون تقی الدین است کسی که در این رشته و زمینه پیشقدم بود او مانندلانگراف ویلیام چهارم Langraf William (IV) از هسه(Hesse) و تیکوبراهه(Tycho Brahe) از حدود سال ۱۵۸۰ میلادی پیشرفت قابل ملاحظه‌ایی در گسترش ساعتهای نجومی انجام داد.

تقی‌الدین باید از خیلی تکنیکهای ساخت ساعت از طریق مطالعه اثر مردم دیگر(ملل)آگاه بوده باشد. ما مطمئن نیستیم که آیا او برای اولین بار، ساعتی که با نیروی فنر کار می‌کند را اختراع کرده است یا نه. شواهد تاکنون نشان می‌دهد که پیترهینلین(Heinlein Peter) ممکن است اولین شخصی بوده باشد که به ساعت فنری در سال ۱۵۲۴ میلادی دست یافته است. او در سال ۱۵۵۶ میلادی فنر را در درون ساعتش گنجاند و الحاق کرد، در حالی که اولین ساعت فنری تا سال ۱۵۸۰ میلادی در انگلستان دیده نشد.

تصویر۳: سیستم گرانشی بدیعی که به عنوان منبع نیروی ساعت عمل می‌کند.

معقول آن است که بگوییم از مشاهده دیگر ساعتها، تقی الدین توانست چندین جایگزین برای ساخت هر قسمت خاص از ساعت پیشنهاد دهد. شش شیوه برای ساخت مکانیسم متناوب نواخته شدن سرساعت در اولین بخش از باب دوم ارائه شده است. ابتدا شکل ظاهری ساده‌ای ارائه و در ادامه جایگزین‌ها یا نمونه‌های درست و مفصل‌تر از نمونه اول را می‌آورد. شش شیوه و روش همراه با جزئیات مفصل ، اختراع خود اوست. او شیوه‌های ساختن بخش‌های خاص را به کمک آزمون و خطا نه تنها با نتایج سالم بلکه با حفظ صحت و درستی توصیف می‌کند.

تحقیقات مهندسان امروزی روند کاربردی مشابهی را در آثارشان هنگامی که آنها می‌خواهند بهترین راه حل را معین کنند در پی دارد. مانند فصل سومِ اثرتقی‌الدین، که هفت راه در مراحل مختلف ماه، روزهای هفته و درجه‌های روز نشان می‌دهد.

تقی‌الدین در طول مشاهداتش متوجه شدکه سیستم گفتگوی دو جانبه‌ی گویایی وجود دارد. او در سراسر کتابش شیوه‌های مختلف ساخت ساعت ۱۲ و ۲۴ ساعته را بیان می‌کند.

تقی الدین آینده نگری شگفت انگیزی را درمورد نیازهای بشر و امور واقعی و عملی ساعتهای مکانیکی نشان می‌دهد. آنقدرکه تأثیرش بر پیشرفت ساعتهای دیواری و ساعتهای مچی قابل ملاحظه و مشهود است. دانش او و انتخاب دقیقش

در شیوه‌هایی که در ساخت چنین ساعتهایی به کار گرفته است تنها می‌تواند به طور عالی و شایسته به دست چنین شخصی از این دوره‌ی زمانی طراحی و اختراع شود.

این مقاله مطابق وشبیه با ساختار بندی کتاب تقی‌الدین تقسیم بندی شده است. هر فصل یک جنبه تکنیکی از ساختمان ساعت را توصیف کرده است.

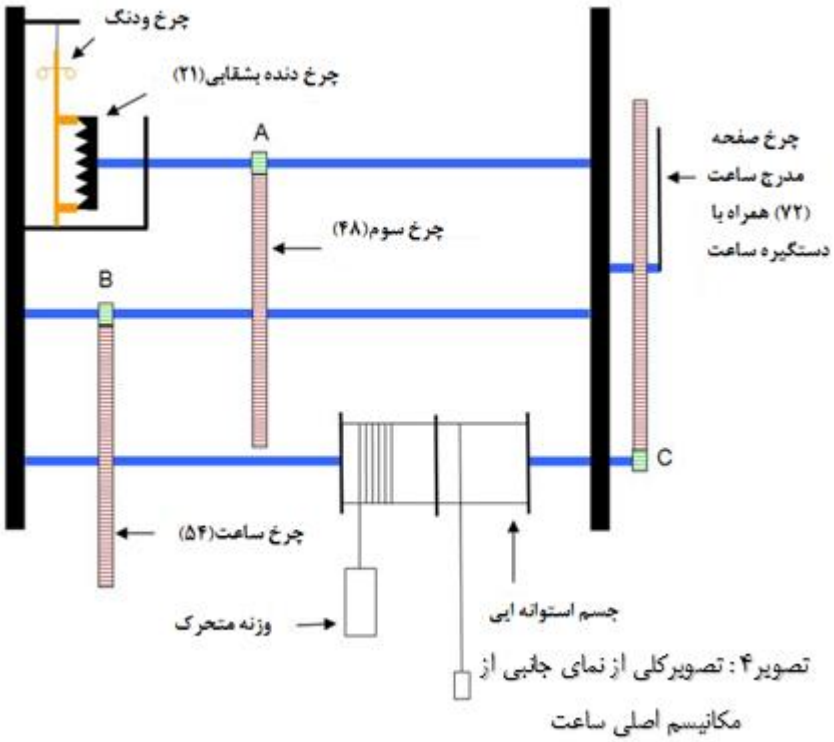
۳. اولین باب:

اولین باب به پنج فصل درباره ساعتهای وزنه‌ای تقسیم بندی شده است. این ساعتها به وزنه‌ای در حال سقوط که به ریسمان متصل است مجهز بودند.

فصل اول:

در این فصل سیستم های چرخشی و دورانیِ چرخِ صفحه‌ی مدرج ساعت نشان داده شده است. تقی‌الدین اشاره می‌کند که آهن، برنج، استیل و چوب مواد مورد استفاده برای ساختن چرخ دنده‌ها هستند. انتخاب ماده، به سایز چرخ دنده (قطر و تعداد دندانه) بستگی دارد شکل ۴ نمودار کلی ازنحوه قرارگرفتن آنها را نشان می‌دهد.

سیستم، مجهز به وزنه و استوانه است .چرخ دنگ با رنگ نارنجی نشان داده شده است. نیرو از طریق چرخ دنده‌های مختلفِ جناغی (سبز) و چرخ دنده‌ها (قرمز)منتقل می‌شود. چرخ مربوط به صفحه‌ی مدرج ساعت با دستگیره ساعت به آن متصل می‌گردد و تعداد ساعتهایی که می‌گذرد را نشان می‌دهد.



تصویر۴ : تصویرکلی از نمای جانبی از مکانیسم اصلی ساعت

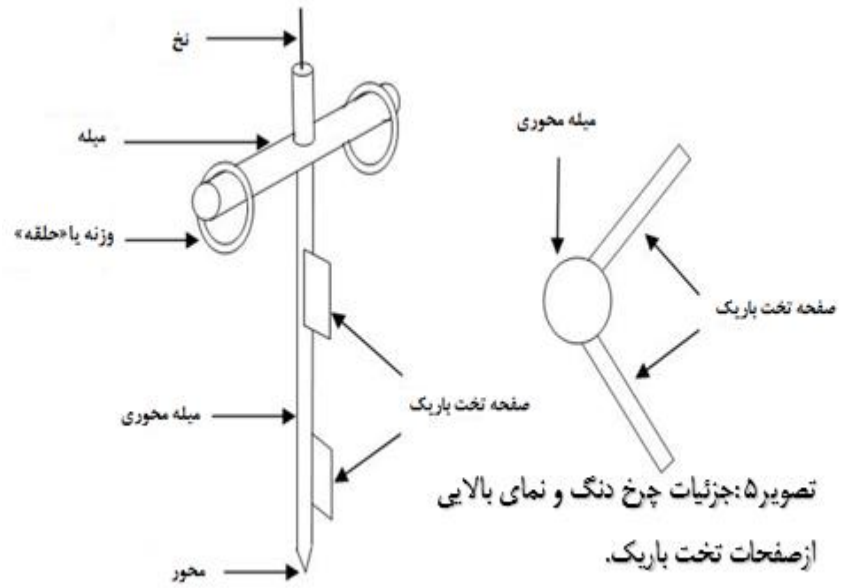
خطوط سیاه ضخیم نشان دهنده ساختمان محافظ ساعت هستند. تعداد دندانه‌ها برای هرچرخ دنده در قلابی نشان داده شده و در هر چرخ دنده جناغی A B C شش دندانه وجود دارد.

گرداننده(ساعت)متشکل‌از استوانه‌ای متصل به طناب است که به وزنه و طنابی که گرد استوانه پیچ و تاب می خورد متصل است، با سقوط وزنه گرداننده می‌چرخد.

نزدیکترین چرخ دنده به گرداننده از همه آهسته‌تر است ولی قویترین چرخ دنده در کشش می‌باشد. چرخ دنده‌هایی که دورتر از گرداننده هستند اکثراً چرخششان با نیروی ضعیفتری انجام می پذیرد.

خود استوانه از ورقه ای لوله شده از برنج که در نقطه‌ای به هم متصل می‌شوند ساخته شده است. درپوش‌ها در هر دو سمت (استوانه) فرورفته‌اند با قرقره‌هایی که در مرکز چرخش استوانه، جایی که یک محور در آن وارد می شود متصل است. استوانه توخالی، وسیله‌ایی جهت کاهش تأثیر فراوان ناشی از سقوط وزنه‌ی در حال گردش است.

مکانیسم مهمی که به دنبال سقوط وزنه‌ی در حال چرخش دخالت دارد معروف به چرخ دنگ است که متشکل از یک میله و لوله‌ی تو پر است که در شکل ۴ نشان داده شده است. میله توصیف شده به عنوان محور اصلی که به صورت قائم قرار گرفته و به تکه‌ایی از ریسمان متصل شده است تا اینکه بنا بر تجربه تا آنجا که ممکن است اصطکاک کاهش یابد. لوله‌ی توپر، مانندِ یک جفت بازو متصل به بالای میله محوری می باشد. در امتداد آن وزنه‌ها یا حلقه–هایی است که می‌توانند در امتداد لوله‌ی توپر سربخورند برای تنظیمِ سرعت در زمانی که لوله تو پر می–چرخد. در امتداد لوله دو صفحه‌ی باریک با زاویه باز وجود دارد. فاصله‌ای که آنها را در طول میله از هم جدا می‌کند، بستگی به قطر چرخ دنده بشقابی دارد. صفحه‌های تخت باریک با دندانه‌های چرخ دنده بشقابی درگیر هستند و آن به این علت است که به ساعت بازده مناسب و خوبی در حرکت بدهند.



تصویر۵:جزئیات چرخ دنگ و نمای بالایی ازصفحات تخت باریک.

تقی‌الدین تغییراتی را در شکل ظاهری چرخ دنده و مسیر انتقال نیرو از یک چرخ دنده به چرخ دنده دیگر پیشنهاد می‌کند. برای مثال استفاده از دو چرخ دنده درجایی که نیرو بتوانند توسط چرخ دنده‌های جناغی منتقل شود یا به عنوان راهی دیگر، استفاده از تسمه و نوار در قسمت دندانه دار چرخ دنده. در این جا او اشاره می‌کند که شیوه قبلی بهترین راه حل ممکن است.

خود چرخ دنده‌ها سطوحی برش دار برای کاهش وزنشان داشتند. آنها معمولاً از برنج ساخته می‌شدند با محورهایی ساخته شده از استیل که به آن کیفیت محکمتری از برنج می‌داد.

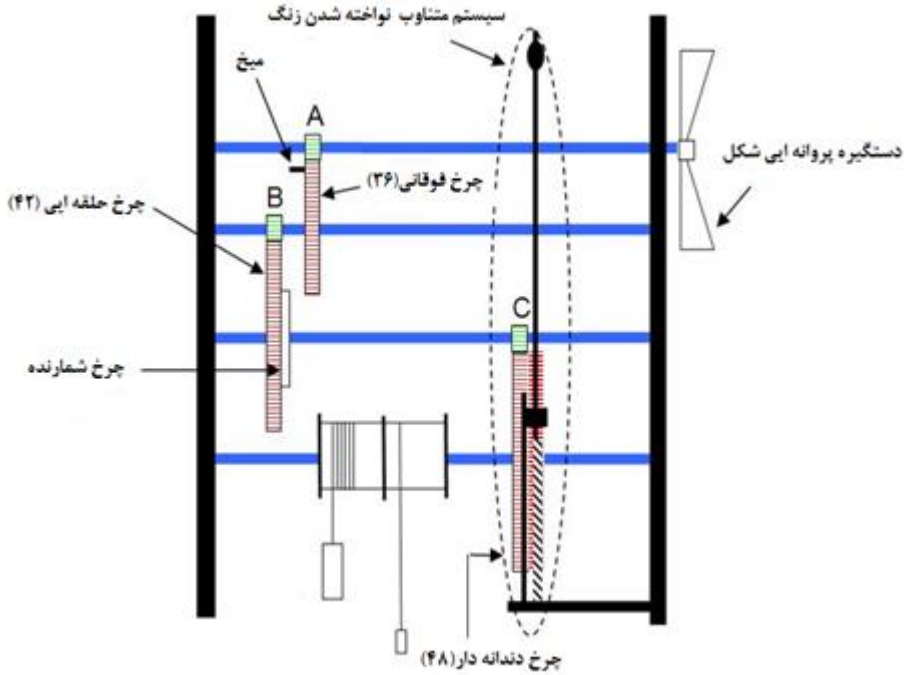
فصل دوم:

جزئیات مکانیسم متناوب نواخته‌شدن سرساعت و «زنگ» در این فصل نشان داده شده است. قبلاً تعداد ساعتهای که می‌گذشت با زنگی، از طریق ضربه خوردن یک چکش نشان داده می‌شد. زمانی که یک ساعت می‌گذشت یک ضربه به زنگ می‌خورد دو ساعت که می گذشت دو ضربه و ... . بعداً زنگ در یک زمان معین وخاص نواخته می‌شد.

– مکانیسم متناوب نواخته شدن سرساعت و «زنگ»:

توصیف پیش رو برای ساعت مدرج دوازده درجه است. این سیستمِ متناوب نواخته شدن سرساعت مستقل از قسمت اول است اما نویسنده معتقد است این مکانیسم، سمت چپ سیستم در شکل ۴ می‌گیرد.

یک گرداننده شبیه به آنچه که در فصل اول بود وجود دارد. این منبع نیرویی، برای سیستمِ متناوب نواخته شدن سرساعت است. بر روی همان محور یک چرخ دندانه داری هست که دارای شش دندانه است که به صورت قائم بر سطح آن قرار گرفته است . در اطراف آن چرخ دنده مخصوصی که چهل و هشت دنده بر آن استوار است وجود دارد که در شکل ۶ نشان داده شده است .



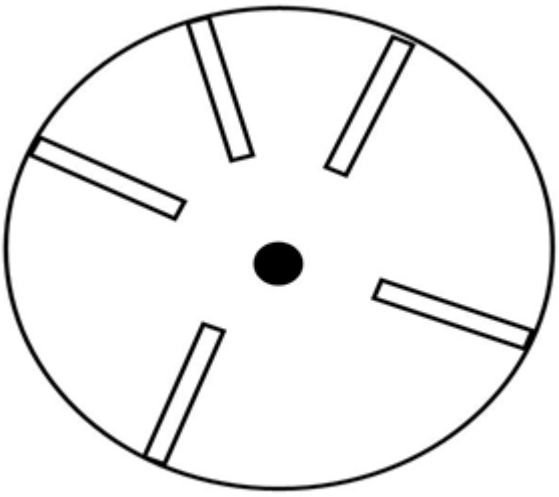
تصویر۶: نمودار کلی‌مکانیسم متناوب نواخته شدن سرساعت

با چرخ دندانه دار یک چرخ دنده جناغی هشت دندانه C در گیر است. در امتداد همان محور یک چرخ حلقه‌ایی (تسمه‌ای) ۳۲ دنده وجود دارد که با آنچه که به عنوان چرخ شمارنده معرفی شده در تماس است. چرخ شمارنده صفحه‌ایی مدور است که قطر آن نصف قطر چرخ حلقه‌ایی است و دارای سوراخ‌هایی بر روی آن است که در شکل ۷ نشان داده شده است. سوراخها متناسب با درجه‌ها و شماره‌های چرخ شمارشگر برای هر ساعت می‌گردد تا ساعت زنگ بخورد. یکبار برای ساعت اول ،دو بار برای ساعت دوم و...

یک چرخ دنده جناغی با ۶ دندانه (B) با چرخ حلقه‌ایی درگیر است. در امتداد همان محور یک چرخ فوقانی (۳۶) متصل است. شش دندانه چرخ دنده جناغی (A) با چرخ فوقانی درگیر است. در انتهای محور، یک دستگیره پروانه‌ایی شکل که به اندازه کافی بزرگ است، برای جلوگیری از حرکت چرخ دنده‌های زیرین از پیش رَوِیِ بسیارسریع متصل شده است.

از محفظه ساعت، اگر چه خیلی مبهم،اما سخن رانده شده است، تقی‌الدین پیشنهاد می‌کند که اسکلت و ساختاری از جنس آهن می‌تواند هر چهارطرف استوانه‌ها را در بگیرد، یک قاعده و یک سقف، که به وسیله میخها و پیچ نگه داشته شده– اند یا به هم جوش خورده اند.

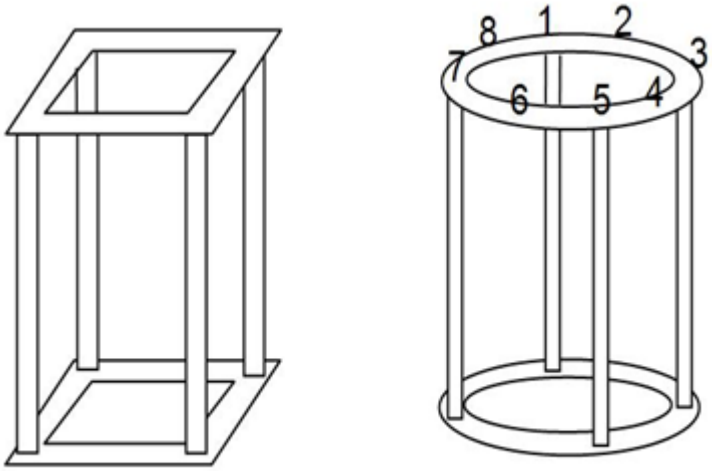
قاعده و سقف می‌تواند به شکل مربع شش ضلعی یا دایره باشند. در گرداگرد سقف تعداد شماره‌های ۱تا۸ به طور منظم حک شده است. دندانه‌های چرخ دندانه دار با یک زبانه (شاهین) درگیر است که در شکل ۹ کشیده شده است. زبانه با فنری که حالت کشسانی دارد و با یک چکش (کوبه)، در ارتباط است. زمانی که چرخ دندانه دار می‌گردد یک دندانه، زبانه را بالا



تصویر۷: چرخ شمارنده

می‌برد تا چکش را به عقب حرکت دهد. هنگامی که دندانه از زبانه جدا می‌شود فنر خود را عقب کشیده برای رسیدن به وضعیت نخستین خود چکش خلاف جهت حرکت کرده و به این طریق جهت نشان دادن ساعت زنگ نواخته می‌شود.

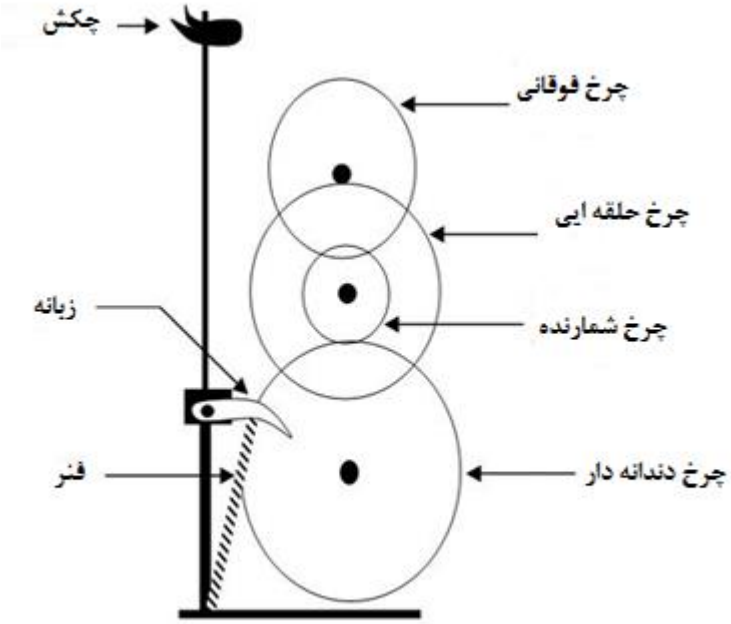
تطابق شماره نواخته شدن زنگ با شماره ساعات توسط اهرم‌ها یا «شیطانک» – نامیده شده توسط تقی الدین– به دست می‌آید. شیطانکها حرکت چرخ ساعت را انتقال می‌دهند جهت رها شدن اهرمِ چرخ شمارشگری که قادر است سیستم



تصویر۸: نمونه هایی از ساختار محفظه ساعت

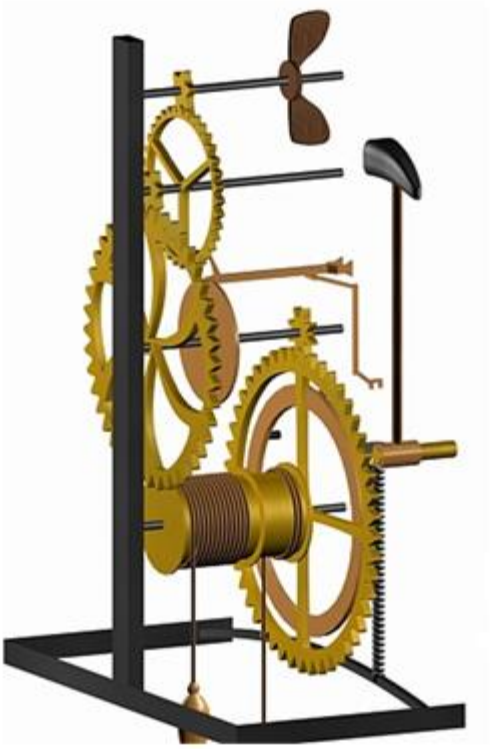
متناوب نواخته شدن سرساعت را با ضربه زدن به زنگ بنوازد.

اهرمِ چرخ ساعت، بر لبه ی ستون اسکلت محفظه ساعت و در یک راستا با میخی بر روی چرخ ساعت استوار است. اهرم چرخ شمارنده بر ستون مرکزی استوار است و نسبتاً بالاتر از چرخ شمارنده قرار گرفته است آنچنان که قادر است در درون شکافهای چرخ شمارنده بیفتد. دو اهرم توسط یک رابطِ محکم، به هم متصل هستند آنچنان که هنگامی که یکی حرکت می‌کند دیگری هم با آن حرکت می‌کند.



تصویر۹ : نمای جانبی از مکانیسم متناوب نواخته شدن سرساعت

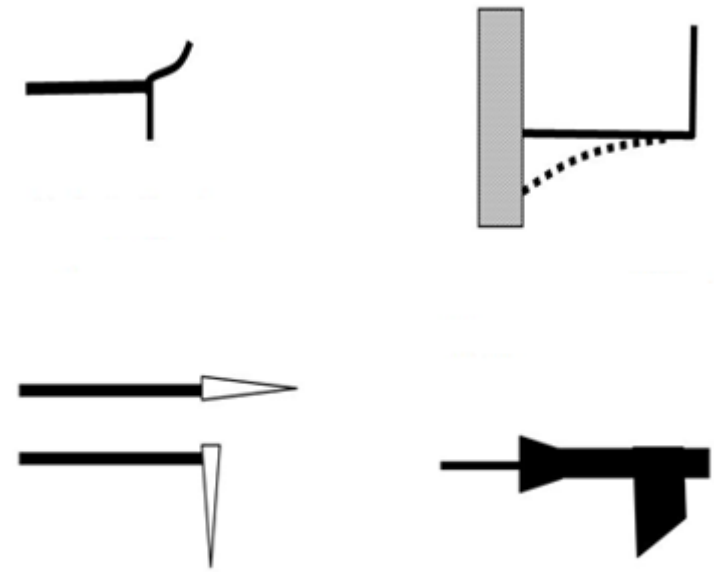
چرخ ساعت یک دور کامل در یک ساعت می‌گردد. در چرخیدن هریک ساعت، میخ چرخ ساعت، اهرم چرخ ساعت را بالا می برد. اهرم چرخ ساعت، اهرم چرخ شمارنده را بالا برده و چرخ شمارنده رها می‌شود. چرخ شمارنده و چرخ دنده‌های متصل به آن شروع به چرخیدن می‌کنند، به این طریق زنگ نواخته خواهد شد. درنتیجه‌ی نظم سوراخها بر روی چرخ شمارنده، اهرم چرخ شمارنده براثر نیروی جاذبه در سوراخ هم جوار بعدی خواهد افتاد و دوباره خواهد ایستاد و هردو شیطانک به جایگاه و موقعیت اولیه خود به عقب بر می‌گردند تا ساعت بعد.


تصویر۱۰: نمای سه بعدی از مکانیسم متناوب نواخته شدن سر ساعت

صحت فاصله‌های میان سوراخها با آزمون و خطا و به صورت دستی تعیین می‌شود. ابتدا چرخ دندانه‌داری که ۶ دندانه دارد (که امکان دارد بیشتر هم داشته باشد) هنگامی که چرخ شمارنده از اهرمش آزاد و جداست، چرخ دندانه‌دار خواهد چرخید و زنگ، توسط چکش نواخته می‌شود. تعداد مرتبه‌هایی که زنگ نواخته می‌شود به وسیله موقعیت‌های سوراخها، در چرخ شمارنده مشخص می‌شود. در آغاز یک سوراخ به عنوان نقطه ارجاع و بازگشت بریده می‌شود، سپس شخص می‌تواند آنرا بگرداند (با اهرمی که طراحی شده است) و مکانیسم برای یکبار نواخته شدن زنگ می‌چرخد. با استفاده از

اهرم، سوراخی جدید علامت گزاری و سپس بریده می‌شود. سپس چرخ شمارنده می‌تواند بچرخد تا صدای زنگ ،دوبار نواخته شود و دوباره می‌توان با استفاده از اهرم سوراخ جدید بریده شود، این روند تکرار می شود تا محل همه ساعات شناسایی شوند.

اهرم‌ها خودشان نوک‌های پیچیده‌ای دارند که برای آویزان شدن و قلاب شدن طراحی شده‌اند برای تأثیر بیشتر، هنگام درگیر شدن با چرخ شمارنده. تقی‌الدین نمونه‌های بسیاری از نوک اهرم ارائه می‌دهد. در اینجا نویسنده اهرم پروانه‌ای را برای درگیر کردن با چرخ شمارنده انتخاب کرده است.

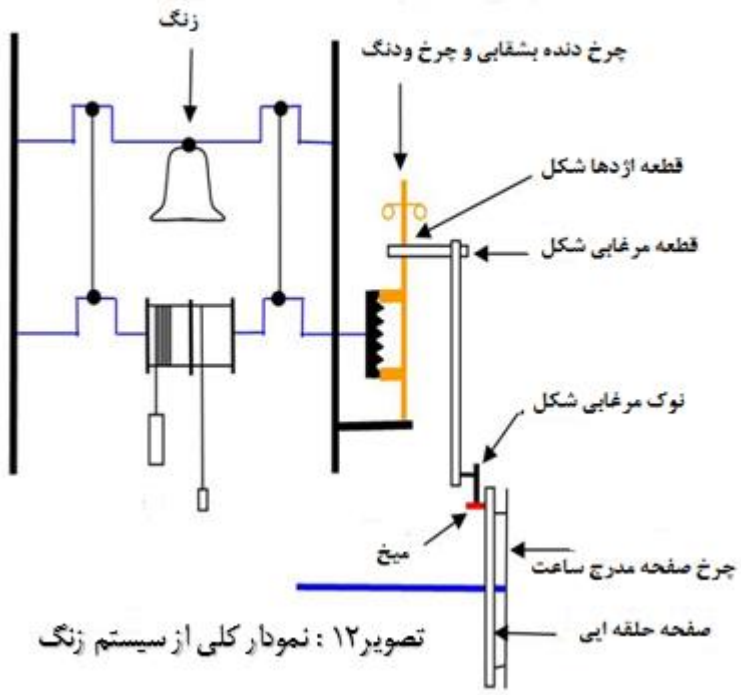


تصویر ۱۱: نمونه هایی از اهرم های با نوکهایی طراحی شده برای قلاب شدن یا درگیرشدن چرخ شمارنده.

– زنگ هشدار

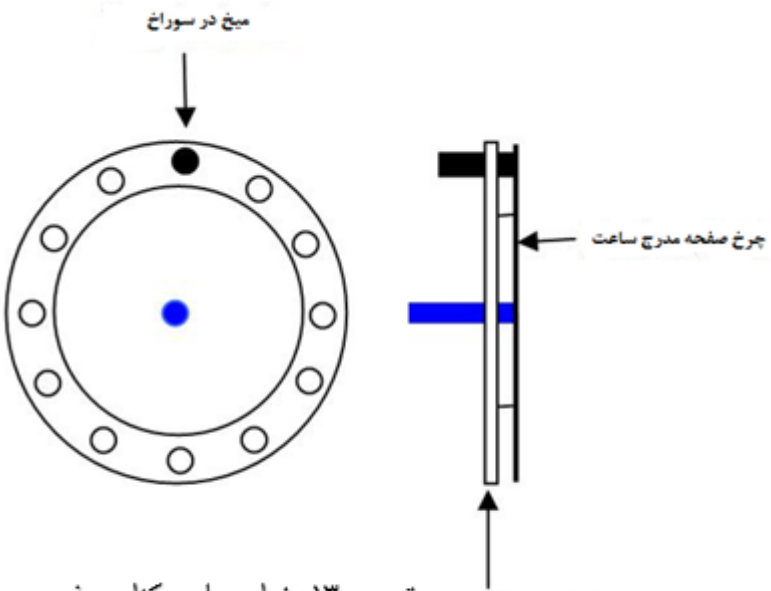
در متن اصلی مکان قرار گرفتن زنگ هشدار مبهم است. اگرچه تقی‌الدین اشاره می‌کند که زنگ هشدار به اندازه کافی کوچک و درست بالای چرخ شمارنده (در فصل اول) میان محور چرخ دنده بشقابی و محور، موازی با چرخ صفحه مدرج ساعت قرار دارد ،توصیف بعدی کاملاً مبهم است.

صفحه‌ای پهن و صاف که با تعدادی میخ و پرچ به پشت چرخ صفحه مدرج ساعت متصل هستند آنچنان که



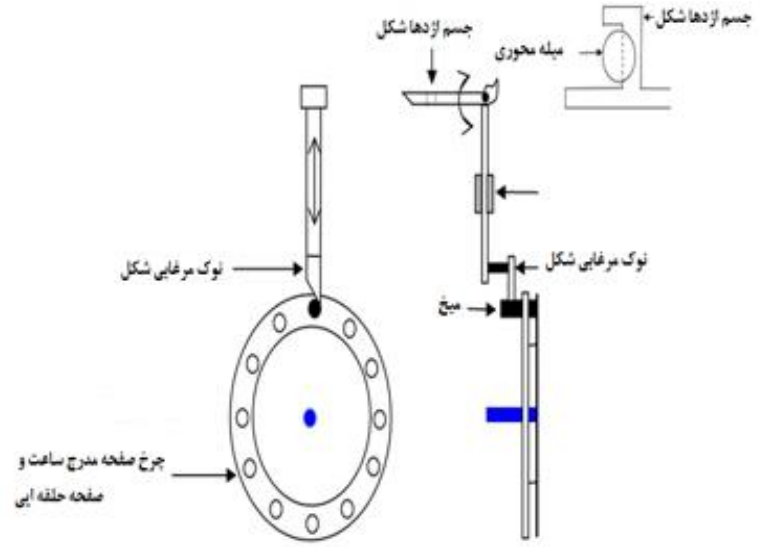
تصویر۱۲ : نمودار کلی از سیستم زنگ

صفحه‌ی صاف کاملاً بالاتر از سطح چرخ صفحه مدرج ساعت قرار می‌گیرد.



تصویر ۱۳ : نمای جلو و کنار چرخ صفحه ابی

در گرداگرد صفحه‌ی صاف سوراخهایی است که امکان ورود یک میخ در آن است. میخ دقیقاً هنگامی که زنگ هشدار باید صدا دهد در سوراخ قرار می‌گیرد بنابراین در ساعت یا درجه‌ای از یک ساعت، میخ در همان زمانی که زنگ هشدار نواخته خواهد شد در جای خود قرار می‌گیرد. این مکانیسم توسط تقی‌الدین، «نوک مرغابی» نام گذاری شد که با (شکل)«مرغابی» و «اژدها» ارتباط دارد. جایی که یک محور و نقطه اتکایی در مرغابی وجود دارد. مکانیسم مرغابی – اژدها از میله محوری جلوگیری می‌کند و از این رو میله و چرخ دنده بشقابی از حرکت باز می‌ایستد. هنگامی که میخ از چرخ صفحه‌ای بیرون می‌آید با نوک مرغابی برخورد می‌کند. میخ، کل مکانیسم را هل داده آنچنان که میخ خودش را از میله محوری جدا می سازد. وزنه‌ی چرخِ زنگ هشدار امکان سقوط یافته، چرخ دنده بشقابی می‌چرخد، اما سقوط و فرودش توسط چرخ دنگ ادامه یافته و در همان حین زنگ نواخته می‌شود.



تصاویر ۱۴و۱۵: مکانیسم موسوم به مرغابی – اژدها و محل ارتباط جسم اژدها شکل با میله محوری

(جسم) اژدها شکل به میله محوری چسبیده است تا از حرکت آن جلوگیری کند. بخشی از میله محوری که با (جسم) اژدها شکل در ارتباط است باید آنرا در خود جای دهد. دوباره تقی الدین چندین مکان و موقعیت برای زنگ پیشنهاد می‌دهد. یک موقعیت، میله‌ای را در کنار زنگ در نظر می‌گیرد آنچنان که میله به عنوان چکش برای به صدا درآوردن زنگ عمل می‌کند. دومین موقعیت ومکان (برای زنگ) شامل

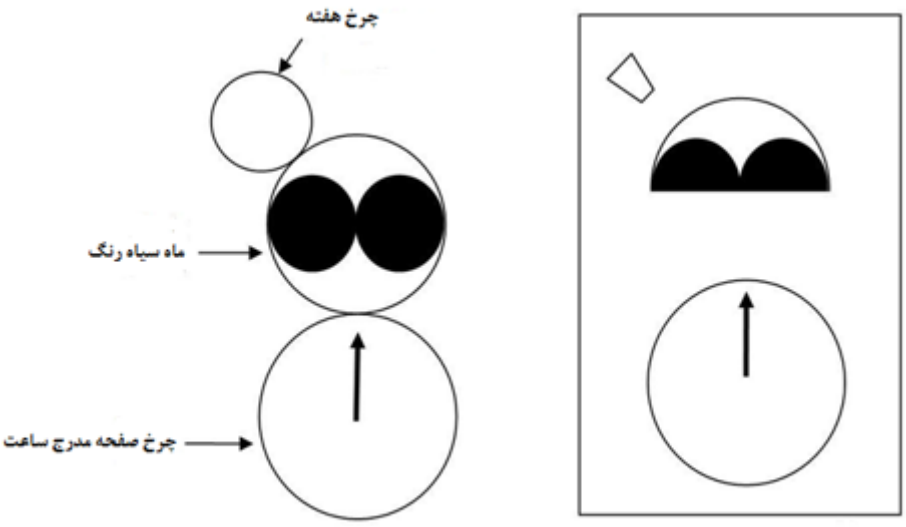
چکشی بیرون زنگ می‌شود. سومین موقعیت در شکل ۱۵ نشان داده شده است و یک انتخاب ساده است از استفاده میله به عنوان یک چکش که می‌تواند مانع حرکت چرخ دنده بشقابی و چرخ زنگ هشدار شود.

فصل سوم:

در این فصل توصیف حرکت اهله ماه، روزهای هفته، موقعیت ماه در گردش قمری و ساعات روز نشان داده شده است.

هفت روش، همراه تصویر ارائه شده است که بیشتر آنها در نمایش شکل ظاهری شبیه به هم هستند و تنها اختلافاتی درساختارچرخ دنده‌ها و جایی که آنها در درون ساعت قرار می‌گیرند دارند. توصیف ذیل بر پنجمین روش طراحی شده توسط تقی الدین تمرکز دارد.

چرخِ صفحه نمایشگر، «ماه سیاه» نامیده شده است و در این که در پیرامون آن دنده‌هایی تعبیه شده است به چرخ شمارنده شبیه است. ۶۰ دندانه برای ۱۲ساعت وجود دارد و تقی‌الدین شیوه و چگونگی ساخت ۶۰ دندانه درگرد آن را با دقت توصیف می‌کند.



تصویر ۱۶ : شکل ظاهری چرخ نمایشگر و تصویری از نمای روبرو

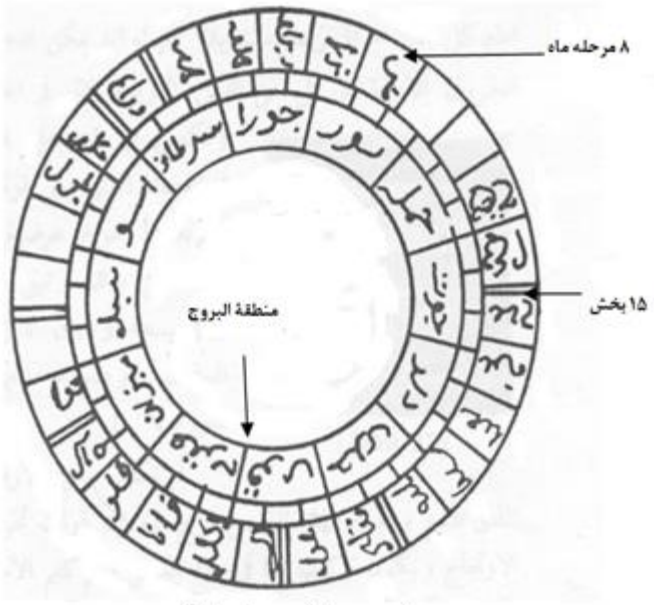
برلبه صفحه‌ی نمایش، دایره‌ای، نصف اندازه «ماه سیاه» رنگ و طول قطر خودش کشیده شده است. این دایره به رنگ سیاه نقاشی شده است و پیرامون و کنارهایش با بوری نقره، سفید شده است. صفحه‌ای مدور با همان سایز و رنگ نظیر دایره نقاشی شده، برروی ماه سیاه ساخته شده است. در هر حال نویسنده اعتقاد دارد که این صفحه و دیسک مخصوص باید سفید رنگ شود تا اهله ماه برجسته نشان داده شود. حلقه‌ای کوچک بر پیرامون آن در جایی که متصل به محور «ماه سیاه» رنگ است، متصل ساخته شده است.

چرخ دنده‌ای هفت دندانه، معروف به چرخ هفته وجود دارد که به هفت قسمت برابر،که در هر قسمت، روزهای هفته نوشته شده تقسیم شده است. چرخ دنده با «ماه سیاه» درگیر است و روزانه می‌چرخد تا روزهای هفته را نشان دهد.

فصل چهارم:

مکانیسم‌های درگیر در قرار گرفتن صحیح مراحل حرکتِ مطلوب، برای صفحه‌ی نمایشگرهای بیرونی در فصل سوم توصیف شده است.

ماهیت همه‌ی علامتهای موجود برروی چرخِ بزرگ مبهم است. نویسنده مشخص کرده است که دایره داخلی، صورت فلکی را نشان می‌دهد نظیر حَمل و عقرب. تقی الدین به اهله ماه اشاره کرده است در حالی که او به مکان تقریبی این اهله بر روی چرخ اشاره نمی‌کند. نویسنده تنها توانسته است ۸ بخش بر روی دایره بیرونی که نشان دهنده ۸ مرحله(اهله) ماه است متصور شود. این همچنان مبهم است که مراحل ۱۵ گانه‌ای که به طور ضمنی و تلویحی اشاره شده چیست.



تصویر ۱۷ : چرخ بزرگ

اگرچه فرایند حرکت ماه پیوسته و مداوم است ۸ مرحله متفاوت وجود دارد که تقی‌الدین به درستی مشاهده کرده است و این تفاوتها همچنان امروزه مورد استفاده هستند. مراحل، درجه‌ای را که ماه روشن شده شده است و شکل ظاهری بخشی را که روشن شده است مشخص می‌کند. به ترتیب مراحل عبارتند از:

۱. ماه نو: ماه قابل مشاهده نیست.
۲. هلال به تدریج کامل می شود: ماه تاحدودی روشن شده اما نه بیشِ نیمی از آن.
۳. یک چهارم اول: نصف قرص ماه قابل مشاهده با نور مستقیم است.
۴. قرص ناتمام ماه به تدریج کامل می‌شود: بیشتر از نصف ماه قابل مشاهده است.
۵. ماه کامل: همه قرص ماه قابل مشاهده با نور مستقیم است.
۶. قرص ناتمام کم نور: شبیه به کامل شدن تدریجی قرص ناتمام (ماه) اما با کاهش نور.
۷. یک چهارم بعدی : تنها نصفی از ماه روشن است.
۸. هلال به تدریج کامل می شود: ماه تا حدودی روشن شده اما نه بیشِ نیمی از آن.

آنگونه که در فصل سوم بیان شد، چرخ بزرگ در پشت چرخ دنده‌های ماه قرار گرفته است. نمای ساعت به چندین بخش چون منطقه البروج، اهله ماه و ۱۵ بخش تقسیم بندی شده است. نمایش اهله ماه اشاره به ساعتهای مکانیکی استانبول در۱۵۵۶ میلادی دارد تا ساعت زیباتر ساخته شود.

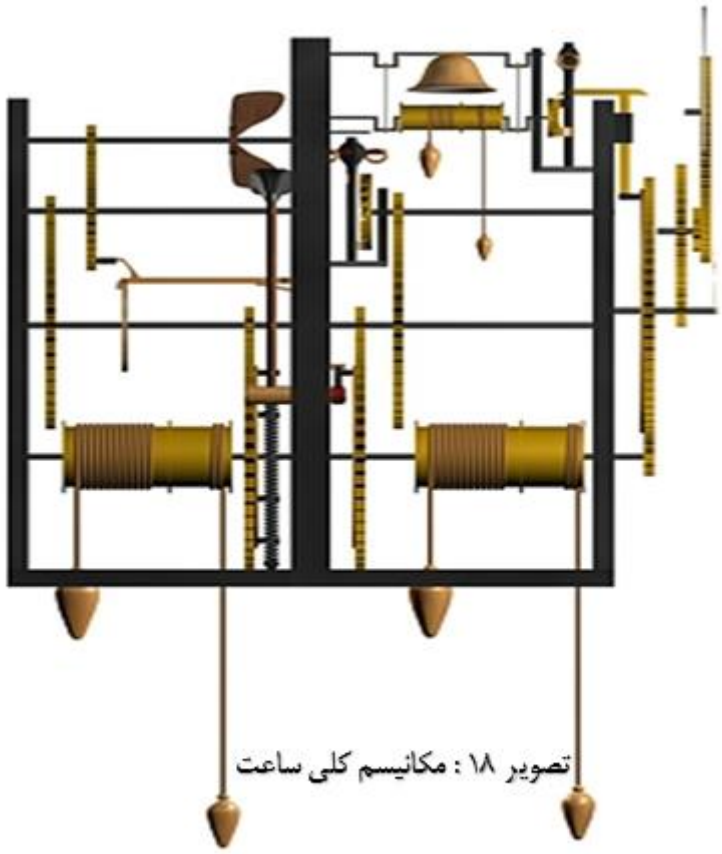
در این فصل مجسمه‌ها و تمثالهایی توصیف شده‌اند برای آشکار و مخفی شدن ضربات حاصل از نواختن، نواخته شدن شیپور، زنگ، رقص و سوت زدن. او چگونگی ساختار و ایجاد حرکات آنها را شرح نداده است.

فصل پنجم:

بهبود در دقت و ساختارهای ساعت در اینجا بحث شده است. همچنین سهولت در نگهداری ساعت و راه های تنظیم آن در ۵ نمونه‌ی داده شده مورد توجه قرار گرفته است. در هرحال تقی‌الدین در زمانی که چنین پیشرفتهایی باید ثبت می شد، در اشاره به اینگونه شرایط ناکام ماند.

توصیفات داده شده تا حدودی مبهم است مانند اشاره او به نکاتی در باب بدنه و اسکلت ساعت که به خوبی در فصول پیشین به آن پرداخته شد. او به موضوعاتی نظیر موقعیتِ قرار گرفتن چرخ دنده‌ها و اجزاء اضافی ضمیمه شده برای اینکه چرخ دنده‌ی بشقابی شکل آزاد و رها شود جهت تنظیم مورد نیاز برای هنگامی که آن خارج از ریتم است اشاره می‌کند.

در نهایت در مقاله دوم کتاب نوع دیگری از ساعت توصیف می‌شود . این مرتبط با ساعت‌هایی است که با «فنر» کار می‌کنند. در حال حاضر این (نوع ساعت) همچنان تحت تحقیق وبررسی است و اگر اطلاعاتی در دسترس است بهتر است به نویسنده ارجاع داده شود.



تصویر ۱۸ : مکانیسم کلی ساعت

End Notes

[1] The list of manuscripts is given in Jalāl Shawqī, *'Us ūl al-hiyal al-handasiya fī al tarjamāt al-âarabiya* [Sources of engineering in Arabic translations]. Kuwait: Kuwait Foundation for the Advancement of Science, 1995, pp. 268-272.

[2] Ahmad Y. al-Hassan, *Taqī al-Dīn wa-âl-handasa al mīkanīkiya al-âarabiya. Maâa kitāb âAl-Turuq al-saniya fī âl-ālāt al-rūhāniya' min al-qarn al-sādis âashar* [Taqī al-Dīn and Arabic Mechanical Engineering. With the book *The Sublim Methods in Pneumatic Machines* from the sixteenth century]. Aleppo: Institute for the History of Arabic Science, 1976, p. 26.

[3] *The History of the literature of natural and applied sciences during the Ottoman Period*, edited by E. Ihsanoglu and others, Istanbul: IRCICA, 2006, vol. 1, pp. 42-44.

[4] Sevim Tekeli, *The Clocks in Ottoman Empire in 16th Century and Taqi al Din's âThe Brightest Stars for the Construction of the Mechanical Clocks'*. Ankara: T.C. Kültür Bakanliği, 2002. See also Sevim Tekeli, *16'inci Asirda Osmanlilar'da Saat ve Takiyüddin'in âMekanik Saat Konstrüksüyonuna Dair En Parlak Yildizlar' Adli Eseri* [The Clocks in Ottoman Empire in 16th Century and Taqī al-Dīn's *The Brightest Stars for the Construction of the Mechanical Clocks*]. Doctorate dissertation, Ankara University, 1966.

[5] Ihsan Fazlioglu, "Taqī al-Dīn ibn Ma'rūf", in *Biographical Encyclopaedia of Astronomers*, ed. Thomas Hockey, New York: Springer, 2007, vol. 2, pp. 1122-23.

[6] James Horgen, "Topkapi's Turkish Timepieces", *Saudi Aramco World*, July/August 1977, pp. 10-13.

کتابنامه

ابن ابی اصیبعه (۶۰۰-۶۶۸ق)، احمدبن قاسم، *عیون الانباء فی طبقات الاطباء*، بیروت، دارمکتبه الحیاه، ۱۹۶۵م.

ابن بطوطه، محمدبن عبدالله (۷۰۳-۷۷۹ق)، ***رحله ابن بطوطه***، رباط، آکادمیه المملکه المغربیه، ۱۴۱۷ق.

ابن جبیر، محمدبن احمد (۵۴۰-۶۱۴ق)، ***رحله ابن جبیر***، بیروت، دار ومکتبه الهلال، بی تا.

ابن ساعاتی، محمدبن رضوان(د ۶۱۸ق)، ***علم الساعات و العمل بها***، با مقدمه و تصحیح محمد احمد دهمان، دمشق، مکتب الدراسات الاسلامی، ۱۴۰۲ق.

ابن قفطی، علی بن یوسف (۵۶۸-۶۴۶ق)، ***تاریخ الحکماء***، مکتبه المثنی ببغداد و مؤسسه خانجی بمصر، بی تا.

ابن ندیم، محمدبن اسحاق(-۳۸۰ق)، *الفهرست*، تحقیق رضا تجدد، تهران، مکتبه الاسدی والجعفری، ۱۳۵۰ش.

اذکایی، پرویز، «علم الحیل و فنون آن»، *مجله تحقیقات اسلامی*، شماره ۱ و۲،سال سیزدهم، بهار و تابستان ۱۳۷۸ ش.

افشار، ایرج و دیگران، ***فهرست نسخه های خطی کتابخانه ملی ملک***، نشر هنر، تهران، ۱۳۶۶ش

تقی الدین (راصد)، محمدبن معروف(۹۲۳-۹۹۳ق)، *تقی الدین و الهندسه المکانیکیه مع کتاب الطرق السنیه فی آلالات الروحانیه من القرن السادس عشر*، تصحیح و مقدمه احمد یوسف الحسن، حلب، معهد التراث العلمی العربی، ۱۴۰۷ق.

جعفری، جعفربن محمد بن حسن(قرن۹ ق)، ***تاریخ یزد***، به کوشش ایرج افشار، تهران، بنگاه نشر و ترجمه کتاب، ۱۳۴۳ش.

حاجی خلیفه، مصطفی بن عبدالله بغدادی(۱۰۱۷-۱۰۶۷ق)، ***کشف الظنون عن اسامی الکتب و الفنون***، استانبول، وکالهٔ المعارف الجلیه، ۱۳۶۰-۱۳۶۲ق.

حافظ اصفهانی، محمد(قرن ۱۰ق)، ***نتیجه الدوله(سه رساله در اختراعات صنعتی)***، تصحیح و مقدمه تقی بینش، تهران انتشارات بنیاد فرهنگ ایران،۱۳۵۰ش.

حسن، احمدیوسف و دونالد هیل، ***تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی***، تهران، انتشارات علمی فرهنگی،۱۳۷۵ش.

دانش پژوه و دیگران، **انجمن ایرانی فلسفه وعلوم انسانی نشریه شماره ٤** ***فهرست کتابخانه سپهسالار*****، انتشارات** دانشگاه تهران، ١٣٦٤ش.

دیانت، ابوالحسن، ***« ابن شاطر»*****، *دایره المعارف بزرگ اسلامی***، زیر نظر محمد کاظم موسوی بجنوردی، ج۴، تهران، ۱۳۷۸ش.

روح اللهی، حسین، «تقی الدین راصد»، ***دایره المعارف بزرگ اسلامی***، زیر نظرکاظم موسوی بجنوردی، ج۱۶، تهران، ۱۳۸۲ش.

سنایی، ابوالمجد(۴۷۳-۵۲۵ق.)، ***دیوان سنایی***، تصحیح مدرس رضوی، تهران، شرکت طبع کتاب، ۱۳۲۰ش.

شیروانی، محمد، ***فهرست نسخه های خطی کتابخانه وزیری یزد***، تهران، انجمن آثارملی ایران ۱۳۵۰ش.

صابی، ابوالحسن هلال بن محسن صابی (۳۵۹-۴۴۸ق)، ***کتاب الوزراء (تحفه الامراء فی تاریخ الوزراء)***، بینا، بیروت، ۱۹۰۴م.

غزالی، محمد (۴۵۰-۵۰۵ ق)، ***کتاب الاربعین***، ترجمه برهان الدین حمدی، تهران، انتشارات اطلاعات، ۱۳۶۸ش.

گیاهی یزدی، حمیدرضا، « تقی الدین راصد»، ***دانشنامه جهان اسلام***، زیرنظرغلامعلی حداد عادل، ج ۷ ، تهران،۱۳۸۲ش.

محقق، مهدی(۱۳۰۸-)، « تقسیم بندی علوم از نظر دانشمندان اسلامی»، ***چهارمین بیست گفتاردر مباحث ادبی کلامی و تاریخ علوم***، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۶ش.

مجدی، محمد بن ابیطالب (قرن ۱۱ق) ، ***زینه المجالس***، تهران، انتشارات سنایی، ۱۳۴۲ش.

ناصرخسروقبادیانی(۳۹۴-۴۸۱ق)، ***سفرنامه ناصرخسرو***، تهران، انتشارات بنیاد زوار،۱۳۸۱ ش.

نوربخش، محمدرضا، « ساعت مکانیکی در ایران»، ***مجله آینده***، ش ۶و۷،سال ۱۳،شهریورومهر ۱۳۶۶ش.