

## خجندی و سدس فخری

بیرونی خوارزمی آورده است که:<sup>1</sup>

« و سپس ابو محمود حامد بن خضر خجندی ، به فرمان فخر الدوله ، در کوه طبرک چسبیده به شهر ری ، دو دیوار متوازی بر خط نصف النهار به فاصله هفت ذراع [ آرش ] از یکدیگر ساخت ، و بر روی دو دیوار طاقی زد که در میان آن سوراخ گردی به قطر يك وجب در آورده بود ؛ و مرکز این سوراخ را مرکز سدس و دایره ای قرار داد که بر خط نصف النهار میان دو دیوار نهاده بود ؛ سطح آن سدس با تخته و روی تخته با صفحه برنجین پوشیده شده و محیط<sup>2</sup> آن به 360 تقسیم شده بود که هر قسمت نماینده ده ثانیه بود . خورشید از این سوراخ بر سطح نصف النهار می تابید . و ابو محمود چنبری به اندازه ی نوری که بر زمین می افتاد ساخت که مرکز آن محل تقاطع آشکار دو قطر آن بود . این چنبر را بر محیط روشنی ( آفتاب ) می گذاشت و از روی محل قرار گرفتن مرکز آن ، فاصله میان خورشید و سمت الراس را بدست می آورد »

بیرونی خوارزمی آورده است:

« و این سدس فخری ، از لحاظ بزرگی و درستی ، بر هر چه پیش و پس از آن بکار رفته ، برتری دارد ، چه ابو محمد در ساختن اصطرابها و افزارهای دیگر یگانه زمان بوده ، و شایسته چنان بوده است که اندازه میلی که او بدست آورده بود مورد عمل قرار گیرد و افزایش و کاهش میل اعظم با آن سنجیده شود ، بدان جهت که وی ثانیه ها را نیز اندازه می گرفت ، تا چه رسد به دقیقه ها...»  
( ( بیرونی نهایت برگ 81 ) )

در ادامه بیرونی خوارزمی آورده است:

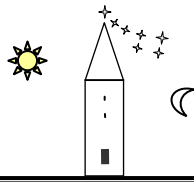
« و آنچه من در اینجا می آورم، از روی مقاله خود اوست که در تصحیح میل نوشته است (مقاله تصحیحی الميل) چون انقلاب صیفی را رصد کرد، ارتفاع آنرا در نیمروز دو روز متوالی - یکی روز شنبه پنجم جمادی الاولی از سال 384 هجری مطابق با هرمزد روز (اول) از تیرماه<sup>3</sup> سال 363 یزدگردی،<sup>4</sup> و دومی روز یکشنبه بهمن روز (دوم) از تیر ماه - برابر 77:57:40 یافت، و از اینجا چنین نتیجه گرفت که انقلاب در نیمه شب واقع میان این دو روز صورت گرفته بوده است . سپس به انقلاب شتوی پرداخت، ولی ابر مانع رصد کردن او شد ،<sup>5</sup> جز اینکه ارتفاع خورشید را پیش از انقلاب در نیمروز جمعه نهم ذوالقعدة سال 384 هجری مطابق با آسمان روز (بیست و هفتم) از آذر ماه سال 363 یزدگردی برابر با 30:53:35 ، و پس از انقلاب در نیمروز دوشنبه انیران روز (سی ام) از آذر ماه برابر 30:53:32 بدست آورد، و از این راه نیز استدلال کرد که

<sup>1</sup> بیرونی خوارزمی تحدید نهایت الاماکن برگردان احمد آرام چاپ دانشگاه 1352 برگ 76 .

<sup>2</sup> چنانچه در نوشته مانده، واژه "محیط" را درست بدانیم یک سیسد و ششتم شست درجه میشود ده دقیقه. و سدس به شعاع هشت ارش میشود و در برج مانده کوه تبرک میتوان آنرا استوار نمود. اما اگر واژه ده ثانیه را درست بگیریم ، باید بجای واژه "محیط" واژه "یک درجه از محیط" را بر نوشته بالا بیافزاییم . با توجه به گفته های دیگر بیرونی گمان میرود که این گزیدگی درست تر باشد. و سدس بزرگ به قطر هشتاد ارش در کنار سدس کوچک به قطر هشت ارش در کوه تبرک و ری را خجندی ساخته بوده است.  
<sup>3</sup> درینجا به این پی میریم که بیرونی خوارزمی و خجندی آغاز تیر ماه یا هرمز روز را بر پایه گاهشماری ایرانی بجای خود آورده است و اگر چه هر ماه را سی روز گرفته است اما پنجه را در موسم بهار خرد نموده و از آغاز برج بره و نوروز ماهای بهار را سی و یک روزه گرفته است تا انقلاب تابستانی به آغاز ماه تیر ماه روز هرمز بیافتد و پایه روش آنها مانند گاهشماری که در دوران تقی زاده برای گاهشماری کنونی ما برگزیده گردیده است، بوده است . گاهشماری کنونی ما شش ماه سی و یک روز برای بهار و تابستان و پنج ماه سی روزه برای پاییز و زمستان و یک ماه 29 یا سی روزه برای اسفند ماه دارد و بهترین گاهشماری جهان میباشد.

<sup>4</sup> سال 363 یزدگردی . میدانیم که بیرونی خوارزمی در زمان ساخت برج گنبد کاووس(فابوس) در جرجان بوده است و کتاب آثار الباقیه را در آنجا نوشته است . در این برج سال 397 قمری در برابر سال 375 خورشیدی یزدگردی بخوبی در کتیبه های برج پایدار مانده است . سال 375 یزدگردی خورشیدی، برگزیده شده گزینش بیرونی خوارزمی و دانشمندان دیگر در برج گنبد کاووس است که بر پایه گاهشماری یزدگردی میباشد و با این نوشته هماهنگ است و یادگاری از گاهشماری ها کهن ایرانی میباشد.

<sup>5</sup> در اینجا بخوبی دیده میشود که در دو روز شنبه و یکشنبه سال 363 یزدگردی در شهر ری و تهران ابر بوده است.



انقلاب اندکی پیش از نصف شب قبل از روز یکشنبه صورت گرفته بوده است. « ( ( بیرونی نهایت برگ 76 ))

**میل بزرگ** را بیرونی بر پایه روش اندازه گیری خجندی، برابر **23:32:21** پیدا نموده است. ( ( بیرونی نهایت برگ 81 ))

بیرونی خوارزمی آورده است که: « و **عرض ری** به رصد ابو محمد خجندی **35:34:39** است که ابوالفضل هروی در روزگار رکن الدوله نیز همین اندازه را یافت. « ( ( بیرونی نهایت برگ 210 ))  
جلال الدین تهرانی در سالنامه 1310 برگ 70 آورده است: «خجندی اسباب رصدی بنام فخرالدوله ساخت و آنرا سدس فخری نام گذارد... امروزه **سکستان Sextent** نظیر آن اسباب است که برای ارتفاع یابی بکار میرود لابد بجای عضاده امروز دوربینی نصب میکنند.»  
«در کتاب "جامع المبادی و الغایات" تالیف ابو علی حسن بن مراکشلی طبع اروپا نیز شرحی مبسوط و مفصل در باره سدس فخری و کیفیت ساختن و عمل کردن آن نوشته شده است.»  
(همایی، التفهیم برگ 80))

چنین پیداست که در نوشته های بالا سدس برای اندازه گیری زاویه تا دقت ده ثانیه را باید به قطر هشتاد آرش (  $80 \times 0/48 = 38/40$  )<sup>6</sup> یا بیشتر ساخت. چه اینکه در اندازه بخش کردن هر درجه به **360** بخش در سدس هشتاد ارشی، دقت درجه بندی سدس به ده ثانیه میرسد. اما چنانچه سدسی را با شعاع هشت آرش بسازیم میتوانیم آنرا در برج خجندی تبرک که به نام **برج نقاره خانه** گفته می شود استوار کنیم تا زاویه را تا دقت يك تا نیم دقیقه اندازه گیری کند. چون این برج برابری های بسیاری با نوشته بیرونی خوارزمی دارد. گمان میرود که هر دو سدس را خجندی در کوه تبرک ساخته بوده است. که جایگاه یکی از آنها در برج خجندی ماندگار است و به سادگی میتوان آنرا باز سازی نمود. ساخت و باز سازی سدس بزرگی به قطر هشتاد آرش در کوه تبرک مانند سدس سمرکند و مراغه کاری است که بر دوش و گردن ما می باشد. این سدس میتواند اندازه گیری زاویه ها را به نازک بینی گفته بیرونی خوارزمی کار ساز نماید. راستای میان درجه بندی سدس باید درست در راستای نیمروزان (نصف النهار) جای ساخت سدس باشد. دو سدس نامی دیگر در مراغه و سمرکند داشته ایم که مانده هایی از آنها هنوز باقیست. در کنار شهر ری و در کوه تبرک که هنوز نام آن از گذشته دور برای ما ماندگار مانده است. چند ریشه سازه های کهن که راستا های آنها با راستای نیمروزان سازگار است و به نازک بینی ساخته شده است هنوز پا بر جاست. در پایین دست و غرب کوه تبرک دو پی آجری با هندسه هشت پهلوی برابر بخوبی پیداست. این مانده های سازه ای، در راستای نصف النهار (نیمروزان) ساخته شده است و بکار رصد خجندی می آمده است. در بالای کوه پی هایی از یک دوازده پهلوی برابر که دو پهلوی آن در راستای نیمروزان (نصف النهار) است، هنوز ماندگار است. در بالای **کوه تبرک، يك برج** با سقف فرو ریخته را هنوز ماندگار داریم. نام این برج، به **برج نقاره خانه** نامی شده است. اما برابری هایی که این برج با نوشته بیرونی خوارزمی دارد اینست که:

این برج در کوه تبرک و چسبیده به شهر ری می باشد.

**دو دیوار** از هشت دیوار آن متوازی با خط نصف النهار (نیمروزان) است.

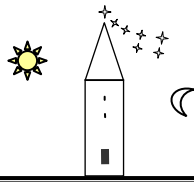
**فاصله آن دو دیوار از یکدیگر برابر با هفت ذراع ( آرش )** می باشد.

اکنون طاق برج فرو ریخته است.

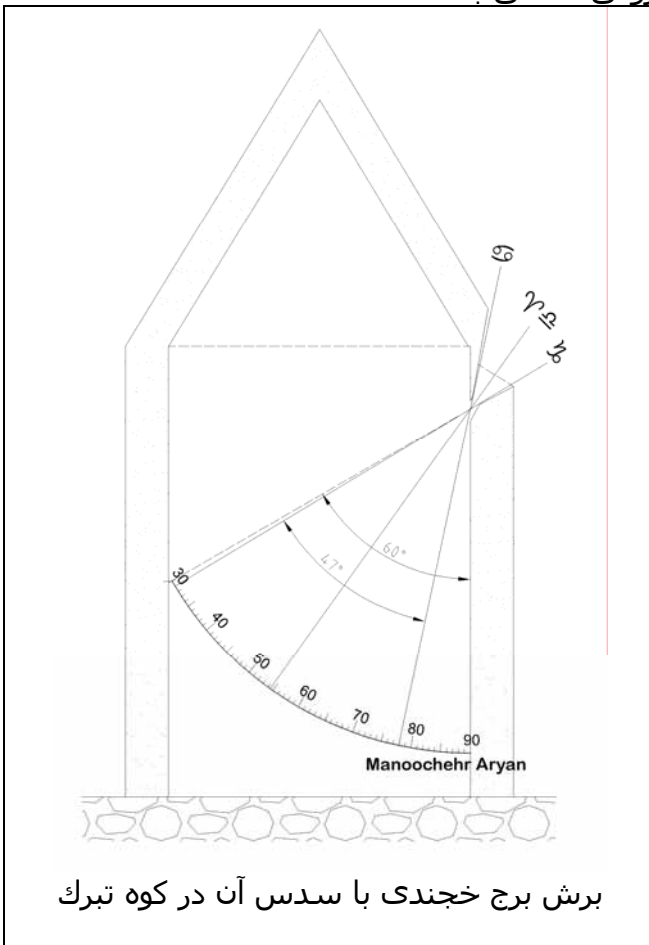
درست در راستای نیمروزان و نصف النهار يك بریدگی که مانند **دریچه و سوراخی** میباشد که

بیرونی در نوشته خود آورده است هنوز در بالای برج ماندگار است.

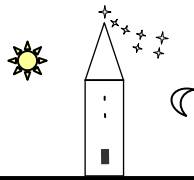
<sup>6</sup> اگر بخواهیم درازای کمان یک درجه این سدس را پیدا کنیم و هر آرش را 48 سانتیمتر بگیریم چنین میشود که:  $33,51 = 360 / 3840 \times 3,14159$  که 33,51 سانتیمتر برای یک درجه میگردد که اگر آنرا به 360 بخش بنمایم  $0,093 = 33,51 / 360$  که نزدیک یک میلیمتر برای هر ده ثانیه میگردد. اما اگر بخواهیم این اندازه را برای دقتی بیشتر بکار بریم و هر ثانیه را اندازه بگیریم باید همه شماره ها را در ده ضرب نماییم و قطر ما به 800 آرش خواهد رسید. بیرونی خوارزمی از اندازه گیری ارتفاع آفتاب در زمستان خجندی زاویه های 35 ثانیه و 32 ثانیه را آورده است در شماره های 32 و 35 دقت تا ثانیه است که چنانچه دقت کار را ثانیه بگیریم باید قطر را خیلی بیشتر از 80 آرش یا 3840 سانتیمتر بگیریم!



اندازه این دریچه و سوراخ برابر **يك وجب** و يك بدست برابر نوشته بیرونی است. آفتاب بخوبی در این راستا به درون می تابد و افق برج در بخش نیمروزی و جنوبی باز است. برای نصب تخته های نگهدارنده سدس در دیوار های این برج، روزنه هایی پیداست. برای آرامش رصدبان، يك سرداب هم در زیر خود و در بستر سنگی کوه دارد. [ بستر سنگی نمی تواند جایگاه مناسبی برای آرامگاه باشد. ورودی سردابه هم آرامگاه نبودن این سازه را می نمایاند. ]  
بلندی دریچه و فاصله دیوار درونی چنان است که میتواند يك سدس به قطر 16 آرش یا به شعاع 8 آرش را در خود جای دهد. این سدس میتواند تا دقت يك تا نیم دقیقه کار کند. نگاره زیر برشی از این برج و نمای بیرونی و درونی آن می باشد.



[ درین نگاره، برش برج، کمان سدس از 30 درجه تا 90 درجه ارتفاع خورشید را پیدا میکند که برابر 60 درجه یا سدس درجه است. اما زاویه ارتفاع آفتاب و خورشید با عرض جغرافیایی بستگی دارد و برای عرض شمارش شده خجندی برای کوه تبرک و ری که نزدیک 35/5 گرفته است بین تابستان و آغاز زمستان و آغاز برج بز و  $90 - 35/5 - 23/5 = 31$  برای آغاز زمستان و آغاز برج بز و  $90 - 35/5 + 23/5 = 78$  برای آغاز موسم تابستان و آغاز برج خرچنگ خواهد بود. ارتفاع آفتاب بین  $23/5 + 23/5 = 47$  یا نزدیک 47 درجه جابجا می گردد و ساخت 60 درجه کمان 47 درجه را پوشش میدهد. ]  
ساخت **برجی در کوه تبرک** که درست در **راستای نصف النهار** ساخته شده باشد و **دریچه ای** هم برای رصد نیمروز داشته باشد و همیشه بتواند نیمروز را برای کارهای رصدی بیابد و از افق باز پهنه برج بهره برد کاری است نجومی و تنها دانشمندان نجومی چون **خجندی** میتوانند آنرا پایه ریزی نمایند. این برج (**برج خجندی**) میتواند یک سدسی با شعاع هشت ارش را در خود جای دهد و چنبر گفته شده ی بیرونی خوارزمی را هم میتوان بر دریچه ای که در راستای نصف النهار موجود است بازسازی نمود. درین برج یک دریچه دیگر در راستای طلوع نوروزی بر برج دیده میشود که در کار رصد بکار گرفته میشود.



تخریب شهرری بدست **عمو زاده های سلمی ما (دزدان دریایی Pirots)** بنام کاووش های باستانشناسی در ری بدون خواندن کتابهای نجومی و تنها برای تاراج آثار موزه ای و دزدیدن آنها، زیان زیادی به تاریخ علم زده است و هیچکس از آنها نگاهی به ارزش علمی سازه ها نداشته اند و پس از تاراج به تاراجکده های خود در موزه های جهان، بخش بهم ریخته را به حال خود واگذاشته اند تا بقیه آثار از بین برود. اما در آغاز اگر در جستجوی سدس فخری به جستجو میپرداختند، آنرا باز مییافتند. و سازه های ما را به نام آرامگاه نمی نامیدند.

خجندی و "قانون هیات" (شکل مغنی)

از کتاب **مقالید علم الهیه** آمده است که: « پس از آن به ری رفتم و در آنجا ابو محمود حامد بن خضر خجندی را ملاقات کردم و او کتابی که در اعمال شبانه در باره ستارگان ثابت نوشته بود بمن نشان داد که در اوایل آن همین قضیه را با برهان مفصلی که برهانهای دیگر فرق داشت بیان کرده و آن را **قانون هیات (شکل مغنی)** نامیده بود.<sup>7</sup>»  
در برگ 208 همین کتاب آمده است:

« و اما ابو محمد(خجندی) مدعی بود که در **اختراع این شکل** بر ابوالوفا پیشی داشته و ابوالوفا این شکل را از او گرفته است با اختلافی که در برهانهای آنها هست و بعداً ذکر خواهم کرد، حقیقت بر من معلوم نیست و ممکن است که حق تقدم برای هردو آنان باشد.»  
« و اما **کوشیار** در حضور ابو محمود (خجندی) اعتراف کرد که جز تهذیب و ایجاز و تنفیح این شکل کاری نکرده است.»

از نوشته بالا پیداست که بیرونی خوارزمی و خجندی و کوشیار گیلی هر سه در یک زمان در شهر ری بوده اند. و اختراع " شکل مغنی" را بیرونی خوارزمی بین **ابونصر ، خجندی و ابوالوفا** مشکوک دانسته است . بیرونی خوارزمی بیشتر این اختراع را به ابونصر استاد خود منسوب نموده است.

شکل مغنی یا قانون هیات رابطه مهم زیر در مثلث غیر قائم الزاویه **ABC** کروی در هندسه کروی است:

$$\sin a / \sin A = \sin b / \sin B = \sin c / \sin C$$

اگر در اختراع **شکل مغنی یا قانون هیات** شک است که خجندی نخستین بانی آن باشد در ساخت سدس فخری هیچ جای شک نمی باشد که خجندی نخستین دانشمندی است که آنرا ساخته است.

سدس هایی که پس از خجندی و از روی سدس فخری ساخته شده اند در رصد خانه مراغه و رصد خانه سمرکند بکار برده شده است و در زیگهای گروه خواجه نصیر توسی و گروه جمشید کاشانی بکار گرفته شده است.

منوچهر آرین  
فروردین روز از تیرماه 1374 یزدگردی  
برابر 1384/4/19 یا 19 تیرماه 1384 خورشیدی

این گزارش برای سخن رانی و چاپ در تاجیکستان و بنا به درخواست سرور گرامی دکتر لقمان بای مت اوف گرد آوری شده است.

Site: [www.jamejamshid.com](http://www.jamejamshid.com)  
Mail: [info@jamejamshid.com](mailto:info@jamejamshid.com)  
[jamejamshid@gmail.com](mailto:jamejamshid@gmail.com)

<sup>7</sup> تحقیقی در آثار ریاضی ابو ریحان بیرونی - بکوشش ابوقاسم قربانی چاپ نیل - 1374 برگ 207