

تاریخ علم، دوره ۱۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، ص ۱۷۵-۱۸۷

### تأثیر روش احمد بن فضل بخاری برای ساخت اجسام هم‌حجم در کانی‌شناسی بیرونی

ابوذر فرض پور ماجیانی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تاریخ علم، پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران

afarzpoumachiani@yahoo.com

(دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۳، پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۹)

#### چکیده

اگرچه منشأ نحوه ساخت و روش استفاده از ترازوی منسوب به ارشمیدس برای حل مسأله تعیین اجزاء یک جسم مرکب نامشخص است، دغدغه دانشمندان بعدی در باره پیچیدگی نحوه ساخت و خطای آزمایش انجام شده با آن واضح است. منلائوس برای حل این مشکل روشی برای حل مسأله مبنی بر محاسبات ریاضی عرضه کرده است. این روش به اطلاعات اولیه‌ای احتیاج دارد که شامل وزن قطعات هم‌حجمی از خود فلزات و آلیاژهای تشکیل دهنده آن جسم است، البته پیچیدگی‌های ساخت چنین قطعاتی نیز از دید دانشمندان دور نبوده است. احمد بن فضل بخاری برای ساخت این قطعات روشی عرضه کرده که بیرونی آن را دقیق نمی‌داند. تلاش بیرونی برای یافتن روشی دقیق برای ساخت قطعات هم‌حجم منجر به ساختن ابزاری شد که به آن آلت مخروطی می‌گویند. توسط این ابزار بیرونی توانست اطلاعات اولیه دقیق‌تری برای حل مسأله به روش منلائوس پیدا کند. بعد از آن بیرونی بر آن شد تا از ابزار جدید برای تشخیص جواهر اصل از بدل استفاده کند. روش و نتایج آزمایش‌های او در رساله فی النسب التي بین الفلزات والجواهر فی الحجم آمده است. در این مقاله روش بیرونی برای بهبود روش احمد بن فضل و تأثیر استفاده از نتایج آزمایش با ابزار بهبودیافته در کانی‌شناسی بیرونی شرح داده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آلت مخروطی، احمد بن فضل بخاری، بیرونی، کانی‌شناسی، منلائوس.

#### مقدمه

مسأله تعیین مقدار یک فلز در جسم مرکب در ریخته‌گری و ساخت اجسامی که از آلیاژ فلزات ساخته می‌شوند و تعیین مقدار خلوص اجسام ساخته شده، مخصوصاً وقتی آلیاژی از فلزات گران‌بها ساخته می‌ده است، اهمیت داشته است. روش‌هایی که برای تعیین مقدار خلوص اجسام توسط دانشمندان یونانی و مسلمان عرضه شده مبتنی بر تفاوت وزن اجسام در هوا و مایعات است. خازنی شاخه‌ای از علم را که به این مسأله می‌پردازد میزان الحکمه می‌نامد و همه منابعی را که در باره این موضوع یافته است در کتاب خود با نام میزان الحکمه گرد آورده است. موضوع این علم ساخت ابزارها و ابداع روش‌هایی است که به کمک آنها می‌توان خالص بودن یک جسم را امتحان و ترکیب یک جسم مرکب را تعیین کرد. خازنی به جز عرضه روش خود برای حل این مسأله در کتابش از روش‌های ارشمیدس، منلائوس، رازی، بیرونی، خیام و اسفزاری یاد می‌کند. این راه‌حل‌ها را به دو دسته می‌توان تقسیم کرد: راه‌حل‌هایی که مبتنی بر استفاده از ترازوهای آبی هستند و آنها که بر پایه محاسبات ریاضی هستند. روش بیرونی در این دسته‌بندی نمی‌گنجد. این روش صرفاً به عنوان روشی که با آن می‌توان به خلوص اجسام پی برد شناخته می‌شود و بر اساس آن نمی‌توان مقدار مواد ترکیب شده در یک جسم مرکب را به دست آورد. این در حالی است که هر چند با مقایسه وزن و حجم اجسام با اعداد موجود در جدول‌های عرضه شده توسط بیرونی می‌توان به خلوص آنها پی برد، هدف بیرونی از عرضه این جدول‌ها صرفاً چنین مقایسه‌ای نبوده است بلکه او در پی به دست آوردن اطلاعات اولیه لازم برای حل مسأله به روش منلائوس بوده است.

بیرونی روش خود را در مقاله فی النسب التي بين الفلزات والجواهر فی الحجم آورده است. او همچنین از نتایج حاصل از این روش در الجماهر فی معرفة الجواهر نیز استفاده کرده است و وزن واحد حجم مواد را شاخصی برای تشخیص جواهر اصل از بدل می‌داند. ظاهراً این روش او در جواهرنامه‌های دیگر استفاده نشده است زیرا برای مثال در جواهرنامه نظامی که نزدیک‌ترین جواهرنامه به الجماهر فی معرفة الجواهر از نظر زمانی است و نویسنده آن از این کتاب بیرونی بسیار استفاده کرده است، به غیر از اشاره به اینکه طلا سنگین‌ترین فلزات است و در وزن برابر حجم کمتری از دیگر فلزات دارد (جوهری نیشابوری، ص ۳۰۶)، در جای دیگری در مورد آزمایش بیرونی و وزن واحد حجم مواد به عنوان شاخصی برای تشخیص مواد توضیحی داده نشده است. در این

مقاله برای توضیح روش بیرونی از میان روش‌های مبتنی بر محاسبات ریاضی که در میزان الحکمة نقل شده‌اند، روش منسوب به منلائوس و آنچه را خازنی از بیرونی نقل کرده است بررسی خواهیم کرد. آنچه خازنی در میزان الحکمة به نقل از بیرونی آورده است در واقع بخش‌هایی از همان ریالة فی النسب التي بین الفلزات والجواهر فی الحجم است.

### روش منلائوس

در میزان الحکمة دو متن با نام‌های «فی طرق مانالائوس» و «فی تفسیر قول مانالائوس الحکیم فی أوزان الفلزات بالمیزان المطلق الهوائی والمائی» در باره روش منلائوس برای تعیین مقدار یک فلز در جسم مرکب آمده است. شاید متن اول بخشی از رساله‌ای باشد که خلاصه آن با نام تلخیص مقالة مانالائوس فی تعرف الجواهر المختلفة از محمد بن هیشم باقی مانده است. بیرونی به اصل این رساله دسترسی داشته و داستان کشف راه حل ارشمیدس برای پی‌بردن به خالص یا مرکب بودن تاج را به نقل از این رساله آورده است (بیرونی، فی النسب...، برگ ۱ پشت- ۲ رو). «فی طرق مانالائوس» شامل سه روش ریاضی برای حل مسأله است. روش اول به این صورت است:

اگر دو قطعه هم‌حجم از طلا و نقره داشته باشیم و قطعه ساخته شده دیگری از نقره را که حجم آن برابر با قطعه ساخته شده از مخلوط طلا و نقره باشد، و بخواهیم مقدار طلا و نقره آن را محاسبه کنیم، این مقدار از تناسب زیر به دست می‌آید:

$$\frac{(\text{وزن نقره}) - (\text{وزن طلا})}{(\text{وزن نقره هم‌حجم با مخلوط}) - (\text{وزن جسم مخلوط})}$$

اگر جسم نقره‌ای هم‌حجم با جسم مخلوط نداشتیم، می‌توان وزن این جسم نقره‌ای را بدون ساختن آن محاسبه کرد. دو قطعه از جنس موم یکی هم‌حجم با جسم مخلوط و دیگری هم‌حجم با جسم نقره‌ای می‌سازیم، وزن جسم نقره‌ای هم‌حجم با جسم مخلوط از نسبت وزن جسم مومی هم‌حجم با جسم نقره‌ای به وزن جسم نقره‌ای و نسبت وزن جسم مخلوط به وزن جسم مومی هم‌حجم با آن به دست می‌آید (خازنی، میزان الحکمة، ص ۸۰).

در این روش از ساخت قطعه‌ای هم‌حجم با جسم ساخته شده که مخلوط دو فلز در آن به‌کار رفته، استفاده شده است؛ از این رو نخست باید روشی برای ساخت این قطعه هم‌حجم عرضه کرد.

### روش بیرونی

در سیاهه آثار بیرونی رساله‌ای با عنوان «فی النسب التي بين الفلزات والجواهر فی الحجم در همین موضوع گزارش شده است که تنها یک نسخه از آن باقی مانده است و در کتابخانه مدرسه ارتودوکس یونانی بیروت به شماره ۳۶۴/۶ موجود است و خلاصه‌ای از آن را خازنی در فصلی با عنوان «فی النسب بين الفلزات والجواهر» در میزان الحکمة آورده است (در باره این رساله نک: فرض‌پور، ص ۲۱). در این خلاصه برخی از جدول‌های متن اصلی رساله موجود نیست و در عوض دو جدول که حاصل محاسبات ریاضی است به اصل متن افزوده شده است.

این مقاله بیرونی که در اینجا به آن خواهیم پرداخت پیش از ۴۰۸ ق، که سال فتح خوارزم توسط محمود غزنوی است، نوشته شده است یا آزمایش‌های آن پیش از این تاریخ انجام شده‌اند زیرا بیرونی به استفاده از آب خوارزم برای آزمایش‌های خود در این مقاله اشاره کرده است. در این مقاله بعد از نقل داستان کشف راه حل مسأله توسط ارشمیدس از قول منلائوس، بیرونی اشاره کرده که یونانیان دیگری نیز روش‌هایی برای حل این مسأله داشته‌اند که او از آنها اطلاعی ندارد. سپس می‌نویسد که سند بن علی، یوحنا بن یوسف، احمد بن فضل بخاری و محمد بن زکریا رازی رساله‌هایی در باره این موضوع نوشته‌اند اما نکته‌ای وجود دارد که به غیر از احمد بن فضل بقیه به آن دقت نکرده‌اند و آن چگونگی ساخت جسم خالص هم‌حجم با جسم مرکب است، البته منلائوس به سختی ساخت چنین قطعه‌ای آگاه بوده است.

با توجه به اینکه روش ارشمیدس به ساخت چنین جسمی احتیاج ندارد، سؤال اینجاست که دلیل ساخت چنین قطعه‌ای چیست؟ جواب در روش منلائوس است زیرا او برای حل مسأله از اجسام هم‌حجم استفاده کرده بود. بنا بر این بیرونی تصمیم گرفته که مسأله را از روش منلائوس حل کند و برای این کار احتیاج به ساختن قطعات هم‌حجم دارد که وزن آنها به عنوان اطلاعات اولیه در اختیار باشد. بیرونی در این مقاله اشاره کرده است که ساخت قطعه‌ای هم‌حجم با قطعه دیگر کار ساده‌ای نیست و راه‌حل منلائوس برای به دست آوردن وزن چنین قطعه‌ای با استفاده از موم نیز پیچیدگی‌های

خاص خود را دارد و وزنی که به این طریق محاسبه می‌شود دقت لازم را ندارد (برگ ۲ پشت).

او سپس روش احمد بن فضل را برای ساخت این قطعات آورده است و وزن هفت فلز هم‌حجم با ۲۴۰۰ تسو طلا را در جدولی آورده است. او این روش را نیز دقیق نمی‌داند و تلاش او برای ابداع روشی دقیق‌تر منجر به ساخت ابزاری می‌شود که آن را آلت مخروطی شکل می‌نامند.

#### روش احمد بن فضل برای ساخت اجسام هم‌حجم

بیرونی در این رساله روش احمد بن فضل را توضیح داده است و از آن استفاده می‌کند. بیرونی توضیح روش را یک‌جا نیاورده است و همین باعث می‌شود که این روش و آزمایش‌های انجام شده و نتایج حاصل از آن که احمد بن فضل گزارش کرده بود به راحتی در این رساله قابل ردیابی و درک نباشد. همچنین این به هم ریختگی باعث ابهام‌هایی در ابتدای رساله بیرونی شده که هدف از بیان مطالب و انجام آزمایش‌ها در این ابهام‌ها مخفی مانده است. در اینجا این نقل قول‌ها را در کنار یکدیگر آورده‌ایم:

از شش فلز طلا، نقره، رصاص، مس، آهن و سرب مقداری برداشته و از کثیفی و غیر آن پاک می‌کنیم به صورتی که برای کسی در پاکی و یکنواختی آن شکی نماند (برگ ۲ پشت).

آزمایش را برای برنج نیز انجام دادم زیرا مردم از آن استفاده می‌کنند (برگ ۶ رو)

از بین این فلزات آهن از همه دیرگدازتر است و می‌توان آن را به عنوان قالب انتخاب کرد. آن را اصل قرار داده و از آن جسمی به شکل عدس که وزن آن چهل مثقال باشد می‌سازیم و از آن قالب می‌سازیم. فضای داخلی قالب را از سایر فلزات ذوب شونده پر می‌کنیم (برگ ۲ پشت تا برگ ۳ رو).

از صنعت ریخته‌گری بر ما پوشیده نیست که اگر فشار ماسه قالب یکنواخت نباشد، دو جسمی که توسط آن ساخته می‌شوند یکسان نیستند. همچنین پاشیدن آب روی سطح ماسه، مقدار خشک کردن و دود دادن آن نیز در حجم جسم ساخته شده تأثیر می‌گذارد. برای قالب دو مجرا می‌گذاریم که از یکی مذاب وارد شده و از دیگری هوا خارج می‌شود (برگ ۴ پشت تا برگ ۵ رو).

اما مشکلی پیش می‌آید که جلوی ادامه کار را می‌گیرد؛ طلا وقتی گرم است قالب را پر می‌کند ولی وقتی سرد شد از بالا منقبض شده و ماسه قالب را جذب کرده و به قالب صدمه می‌زند. اگر قطعه طلا را به همین صورت استفاده کنیم جواب آزمایش تخمینی است نه دقیق و اگر فرورفتگی‌ها را با جنس خود فلز پر کنیم باز هم اطمینانی به نتایج آزمایش وجود ندارد زیرا این کار را انجام دادم، در حفرات مذاب ریختم و برجستگی‌ها را تراشیدم. (برگ ۳ رو).

این توضیحات نقل روش احمد بن فضل برای ساخت قطعات هم‌حجم از زبان بیرونی است. چنان که پیداست او برای ساخت این قطعات به تهیه یک نوع قالب و رفتار فلزات مذاب در قالب توجه کرده است. در ادامه بیرونی جدول‌هایی را عرضه کرده (جدول‌های ۱ و ۲) که در آنها وزن فلزات هم‌حجم با چهل مثقال آهن و صد مثقال طلا آمده است (برگ ۵ پشت).

جدول ۱

وزن فلزات وقتی وزن قالب آهنی چهل مثقال است			
نام فلزات	مثقال‌ها	دانگ‌ها	تسوها
زر	۹۰	۲	۰
سرب	۵۸	۲	۲
نقره	۴۸	۴	۰
مس	۴۲	۰	۰
برنج	۴۱	۳	۰
آهن	۴۰	۰	۰
رصاص	۳۷	۲	۲

و در خاتمه نقلی که نشان می‌دهد هنوز به این مقادارها اعتماد ندارد:

این اعداد برای مثال و آموزش و آشکار کردن سبک و سنگینی به صورت تقریبی است. برای استفاده به آنها اعتماد نشود. به خدا سوگند فقط شرح کار با آنها را گفته‌ام (برگ ۶ رو).

جدول ۲

وزن فلزات هم حجم با صد مثقال طلا			
نام فلزات	مثقالها	دانگها	تسوها
زر	۱۰۰	۰	۰
سرب	۶۴	۴	۰
نقره	۵۳	۵	۱
مس	۴۶	۳	۰
برنج	۴۵	۵	۳
آهن	۴۴	۱	۳
رصاص	۴۳	۳	۳

روش بیرونی برای ساخت قطعات هم حجم با استناد به مطالب گفته شده در بند قبل به نظر می‌رسد بیرونی روش احمد بن فضل را برای ساخت قطعات هم حجم دقیق نمی‌داند. او سعی می‌کند تا روشی دقیق برای ساخت چنین قطعاتی عرضه کند. او تلاش‌های خود را در این رساله شرح داده است:

«از این روش صرف نظر کردم. قالب دیگری به این صورت ساختم که دو صفحه فولادی را به فاصله قطر یک انگشت از هم توسط دو استوانه فولادی نگه‌داشته و با رشته‌های باریک فلزی به هم سفت کردم تا مذاب را داخل آن بریزم. این روش هم خوب نبود.

سپس دستور دادم روی سطح سندان فولادی را به شکل نیم کره کنند و هرکدام از مذاب‌ها را کمی بیشتر در آن ریخته و کوبیدم. با سوهان اضافه آن را ساییدم و سطح آن را با خط‌کش واریسی کردم. سعی من این بود که روشی بیابم که نتیجه آن با تکرار مشابه نتیجه قبل باشد. سپس به آب و ترازوی دقیقی با دو کفه مقعر که با سه زنجیر که در یک نقطه با رشته‌ای در محل آویزان شدن جمع شده‌اند روی آوردم. برای دقت تعادل این ترازو و موازی ماندن آن در هوا و آب در حالی که خالی یا با ثقل‌های برابر و از یک جنس پر بود تلاش کردم. سعی کردم که با آن مقدار تفاوت وزن هر فلز در هوا و آب را بفهمم. اما دلم با این ترازو آرام نگرفت زیرا نتایج آن دقیق نبود. ابزارهایی یکی پس از دیگری ساختم و آنچه در ابتدا مزاحم من بود رفع کردم (برگ ۳ رو تا برگ ۳ پشت).

همان طور که مشخص است بیرونی از نتایج حاصل از ساخت قطعات با قالب‌های ابداعی خود نیز راضی نبوده است. همچنین روشن است که او ترازوی ارشمیدس را نیز امتحان کرده است و آن را دقیق نمی‌داند.

پس از این مراحل بیرونی در باره آلت مخروطی شکل و نحوه انجام آزمایش با آن توضیح می‌دهد. روش کار با این ابزار به این صورت است که قطعات کوچک طلا را که وزن آنها روی هم ۲۴۰۰ تسو است در داخل ظرف مخروطی شکلی که پر از آب است انداخته و وزن آب خارج شده از ظرف را اندازه می‌گیرد. سپس قطعات کوچکی از فلزات دیگر را به مقداری در ظرف می‌اندازد که وزن آب خروجی از ظرف برابر با وزن آب خارج شده از ظرف برای ۲۴۰۰ تسو طلا باشد. به این صورت از برابر بودن حجم فلزات با هم مطمئن می‌شود. سپس قطعات فلز را از ظرف بیرون آورده، خشک کرده و وزن می‌کند. در جدول ۳ نتایج آزمایش‌های او برای نه فلز آمده است.

جدول ۳

نام فلزات	تسوهای وزن فلزات
زر	۲۴۰۰
زیبق	۱۷۰۴
سرب	۱۴۴۳
نقره	۱۳۰۸
سپیدرو	۱۱۱۹
مس	۱۰۸۲
برنج	۱۰۷۷
آهن	۹۹۳
رصاص	۹۲۱

برای مشاهده تفاوت نتایج آزمایش وزن فلزات هم‌حجم با صد مثقال طلا را که با هر دو روش اندازه‌گیری شده‌اند در جدول ۴ آورده‌ایم:



جدول ۴

نام فلزات	تسوهای وزن فلزات به روش بیرونی	تسوهای وزن فلزات به روش احمد بن فضل
زر	۲۴۰۰	۲۴۰۰
زیبق	۱۷۰۴	----
سرب	۱۴۴۳	۱۵۵۲
نقره	۱۳۰۸	۱۲۹۳
سپیدرو	۱۱۱۹	----
مس	۱۰۸۲	۱۱۱۶
برنج	۱۰۷۷	۱۱۰۳
آهن	۹۹۳	۱۰۶۳
رصاص	۹۲۱	۱۰۴۷

بیرونی آزمایش فوق را برای جواهر هم انجام می‌دهد و آن را این طور گزارش می‌کند:

علمی که ما شروع به بررسی پایه‌های آن کردیم و هم خود را برای ساختن ابزار به منظور آماده کردن مقدمات آن گذاشتیم، برای شناخت ناخالصی‌های زیان‌آور در سکه‌ها و اجسام ریخته‌گری شده است، همان طور که در ابتدای کتاب منلائوس توضیح داده شده، است. همان طور که دست جعل و تقلب به فلزات رسیده، به سنگ‌های قیمتی هم رسیده است و حتی بیشتر از فلزات. زیرا چشم مردم به سنگ‌های قیمتی کمتر عادت کرده و از انتخاب درست آنها ناتوان است. زیرا هیچ کس در هیچ کشوری نیست که درهم ندیده باشد و بدون استفاده از آن داد و ستد کند. به همین دلیل وظیفه خود می‌دانیم که راه شناخت سنگ‌های قیمتی را همان طور که برای فلزات انجام دادیم هموار کنیم. شاید تاجی باشد که با چیزهایی تزیین شده که معلوم نیست قیمتی هستند یا چیز دیگری مثلاً شیشه. یا تاجی از مروارید باشد که باید از مروارید بودن آن مطمئن شد. من تا حد امکان در این خصوص صحبت خواهم کرد (برگ ۱۳ پشت تا برگ ۱۴ رو).

#### تأثیر روش احمد بن فضل در کانی‌شناسی بیرونی

همان طور که از توضیح بیرونی مشخص است او پس از به دست آوردن اطلاعاتی که برای حل مسأله به روش منلائوس لازم داشت به وسیله ابزاری که ابداع کرده، به این

نتیجه رسیده که از این ابزار و نتایج حاصل از آزمایش با آن می‌توان برای پی بردن به اصالت جواهر و فلزات نیز استفاده کرد و به همین دلیل آزمایش‌ها و محاسبات خود را برای جواهر نیز انجام داده است. این اقدام بیرونی به همراه توضیح بسیار مختصری که در باره هدف اصلی خود از انجام آزمایش‌ها نوشته منجر به این شده که هدف او از نوشتن این رساله صرفاً عرضه روشی برای پی بردن به اصالت فلزات و جواهر یا خلوص آنها دانسته شود اما می‌توان نتایج مشابه را در کتاب دیگر بیرونی که صرفاً به جوهرشناسی ربط دارد، یعنی الجواهر فی معرفة الجواهر، دید. در این کتاب که بعد از ۴۳۲ق و کشته شدن مسعود غزنوی نوشته شده است، بیرونی به کتاب‌های سند بن علی، یوحنا بن یوسف و احمد بن فضل بخاری اشاره‌ای نکرده ولی اسم کتاب منلائوس را آورده و در باره داستان کشف روش حل مسئله توسط ارشمیدس نیز توضیح کوتاهی داده است. جدول‌هایی که در فی النسب آمده‌اند در این کتاب وجود ندارند اما در ضمن توضیحاتی که در باره بعضی فلزات (جدول ۵) و جواهر (جدول ۶) و مواد دیگر در این کتاب آمده، وزن این مواد وقتی حجم آنها برابر با حجم صد مثقال از ماده قطب، که برای فلزات طلا و برای مواد دیگر یاقوت آسمانگون است، آورده شده است. می‌توان گفت روش استفاده شده در فی النسب که بیرونی آن را برای جواهر هم امتحان کرده، در کتاب جماهر که در باره شناخت جواهر و فلزات است به عنوان راهی برای تشخیص مواد اصل از بدل به کار رفته است. این وزن‌ها جز در مورد نقره و مس با وزنی که در مقاله فی النسب آورده شده تفاوتی ندارند. شاید این مقادارهای جدید حاصل تجربه‌های جدید بیرونی بوده‌اند.

جدول ۵

نام فلزات	تسوهای وزن فلزات در فی النسب	تسوهای وزن فلزات در جماهر فی الجواهر
زر	۲۴۰۰	۲۴۰۰
زیبق	۱۷۰۴	۱۷۰۴
سرب	۱۴۴۳	۱۴۴۳
نقره	۱۳۰۸	۱۳۱۱
سپیدرو	۱۱۱۹	۱۱۱۹
مس	۱۰۸۲	۱۰۹۶
برنج	۱۰۷۷	۱۰۷۷

تأثیر روش احمد بن فضل بخاری.../ ۱۸۵

-----	۹۹۳	آهن
۹۲۱	۹۲۱	رصاص

جدول ۶

نام جواهر	مجموع تسوهای هر وزنی در فی النسب	مجموع تسوهای هر وزنی در جماهر فی الجواهر
یاقوت آسمانگون	۲۴۰۰	-----
یاقوت سرخ	۲۳۳۱	-----
لعل بدخشی	۲۱۷۱	-----
زمرد	۱۶۶۸	۱۶۶۸
لازورد	۱۶۳۰	۱۶۳۰
لؤلؤ	۱۵۷۴	-----
عقیق	۱۵۵۴	۱۵۵۴
بسد	۱۵۴۹	۱۵۴۹
جزع و بلور	۱۵۱۵	۱۵۱۵
آبگینه فرعونی	۱۵۰۹	-----

همچنین وزن شش ماده دیگر به غیر از فلزات و جواهری که در فی النسب در باره آنها توضیح داده شده نیز در جماهر آورده شده است. خازنی نیز وزن سیزده ماده که در فی النسب بررسی نشده‌اند در میزان الحکمة آورده است که سه ماده از آنها جزو شش ماده توضیح داده شده در الجماهر هستند (جدول ۷).

جدول ۷

نام ماده	مجموع تسوهای هر وزنی در جماهر فی الجواهر	وزن آب صد مثقال از ماده در میزان الحکمة	مجموع تسوهای هر وزنی در میزان الحکمة
حجرالعوز	۲۴۹۰	----	----
مینا	۲۳۸۴	۶۱۰	۲۳۸۴/۳
زجاج شامی	۱۴۹۹	----	----
سیج	۶۷۲	۲۱۶۴	۶۷۲
قیرالمجلوب من سمرقند	۶۳۰	----	----
کهریا	۵۱۴	۲۸۳۲	۵۱۳/۵

#### نتیجه

در این پژوهش هدف بیرونی از تحقیقات عرضه شده در مقاله فی النسب التي بين الفلزات والجواهر فی الحجم بررسی شد. به دست آوردن اطلاعات ورودی لازم برای حل مسأله تعیین اجزای جسم مرکب به روش منلائوس هدف بیرونی از انجام آزمایش های توضیح داده شده در این مقاله است. استفاده از این نتایج در کانی شناسی توسط بیرونی که در بخشی از این مقاله به آن پرداخته و همچنین وارد کردن اطلاعات به دست آمده در این تحقیق توسط او به کتاب جماهر فی الجواهر و همچنین استفاده از روش بیرونی توسط نویسندگان بعدی باعث شده تا محققان هدف بیرونی از نوشتن این مقاله را صرفاً عرضه روشی برای شناخت کانی ها بدانند در حالی که استفاده بیرونی از نتایج این آزمایش ها در کانی شناسی نتیجه ای بوده که علاوه بر هدف اصلی او حاصل شده است.

تشکر و قدردانی: نویسنده از پروفسور یان هوندا یک و دکتر محمد باقری بابت در اختیار گذاشتن نسخه رساله فی النسب التي بين الفلزات و الجواهر فی الحجم و راهنمایی هایشان برای مطالعه این رساله تشکر می کند.

### منابع

- بیرونی، ابوریحان. (۱۳۷۴ش). *الجواهر فی الجواهر*. تصحیح یوسف الهادی. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.
- \_\_\_\_\_ . فی النسب الّتی بین الفلزات والجواهر فی الحجم، نسخه خطی شماره ۳۶۴/۶، مدرسه ارتودوکس یونانی بیروت.
- جوهری نیشابوری، محمد بن ابی البرکات. (۱۳۸۳ش). *جواهرنامه نظامی*، مرکز نشر میراث مکتوب.
- خازنی، ابوالفتح عبدالرحمن. (۱۳۴۶ش). *میزان الحکمة*. ترجمه فارسی از ناشناس. مقدمه و تعلیقات مدرس رضوی. تهران: انتشارات بنیاد فرهنگ ایران.
- \_\_\_\_\_ . نسخه خطی شماره ۳۴۴۴ کتابخانه ملی تبریز.
- \_\_\_\_\_ . (۱۳۵۹ق). *حیدرآباد دکن: دائرة المعارف العثمانية*.
- فرض پور ماجیانی، ابوذر. (۱۳۹۴ش). *تحول کارکرد و کاربرد ترازو در سنجش وزن مخصوص و عیار در دوره اسلامی*. پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران.
- Abattouy, Mohammed and al-Hassani, Salim. (2015) *The Corpus of al-Isfizārī in the Sciences of Weights and Mechanical Devices*. al-Furqan.
- Rosenfeld, B. A.; Ihsanoglu E. (2003). *Mathematicians, Astronomers and other Scholars of Islamic Civilization and Their Works (7<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> c.)*. IRCICA.
- Vitruvius. (1914). *The Ten Books on Architecture*. translation: Morris Hicky Morgan. Harvard University Press, 1914.