



Content Analysis of the Treatise *Ma'ānī kitāb Īrun al-mīkhānīqī fī raf' al-ashyā' al-thaqīla bi-al-quwwat al-yasīra* by Abū Ḥātim Muẓaffar al-Isfīzārī

Mohammad Salehzadeh ¹  Iraj Nikseresht ² 

1. Institute for the History of Science, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: ms.578625@gmail.com

2. Institute for the History of Science, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: nikseresht@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 10 May 2026

Revised: 23 May 2026

Accepted: 03 June 2026

Published online: 21 June 2026

Keywords:

Jarrathqāl, Abū Ḥātim Muẓaffar Isfīzārī, Hero of Alexandria, Mechanics (al-Ḥiyāl), Barulkos

ABSTRACT

This research aims to analyze the Persian manuscript of *Ma'ānī kitāb Īrun al-mīkhānīqī fī raf' al-ashyā' al-thaqīla bi-al-quwwat al-yasīra* (manuscript No. 197 of the Imam Jom'eh Collection, Central Library of the Faculty of Literature, University of Tehran) and to determine its position among the treatises on Jarrathqāl (the science of lifting heavy weights) in the Islamic period. This qualitative study employs a historical-analytical and codicological approach. The text was edited using the comparative (critical) method and compared with two Arabic copies of al-Isfīzārī's work (the libraries of 'Uthmāniyya, Hyderabad, and John Rylands, Manchester) as well as with the Arabic translation of Hero of Alexandria's (10–70 AD) *Mechanics* by Qusṭā ibn Lūqā (208–300 AH). This treatise, redacted by Abū Ḥātim Muẓaffar al-Isfīzārī (a Seljuk-era scholar, d. ca. 510 AH/1116 CE), includes both the first and second articles of Hero's *Mechanics*. Unlike other Persian treatises on Jarrathqāl, which mostly cover only the second article (simple and compound machines), the Tehran manuscript contains the first article (theoretical foundations of motion, equilibrium, centre of gravity, pantograph, etc.) as well as a complete description of the Barulkos lifting device. Al-Isfīzārī introduced three types of modifications: a fluent paraphrase, addition of analytical explanations (especially on centre of gravity), and correction of errors in the Arabic copies (e.g., adding a turning handle and correcting gear ratios). The Tehran manuscript is the only known Persian manuscript that deals with theoretical and analytical aspects of *Jarrathqāl*. It is of exceptional historical and scientific value for studying the connection between Greek and Islamic mechanical traditions.

Cite this article: Salehzadeh, M. & Nikseresht, I. (2026). Content Analysis of the Treatise *Ma'ānī kitāb Īrun al-mīkhānīqī fī raf' al-ashyā' al-thaqīla bi-al-quwwat al-yasīra* by Abū Ḥātim Muẓaffar al-Isfīzārī. *Journal for the History of Science*. 24 (1), 143–181. DOI: <http://doi.org/10.22059/jihs.2026.414041.371900>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

بررسی محتوای رساله معانی کتب ایرن المخائیقی فی رفع الاشیاء الثقیلة بالقوة الیسیره اثر ابوحاتم مظفر اسفزاری

محمد صالحزاده^۱، ایرج نیکسرشت^۲

۱. پژوهشکده تاریخ علم، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: ms.578625@gmail.com

۲. پژوهشکده تاریخ علم، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: nikseresht@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	هدف این پژوهش، بررسی محتوای نسخه خطی فارسی معانی کتاب ایرن المخائیقی فی رفع الاشیاء الثقیلة بالقوة الیسیره (دست‌نویس شماره ۱۹۷ مجموعه امام جمعه، کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران) و تعیین جایگاه آن در میان رسالات جزائقال دوره اسلامی است. روش پژوهش، کیفی و مبتنی بر نسخه‌پژوهی با رویکرد تاریخی-تحلیلی است. تصحیح نسخه بر پایه روش قیاسی (انتقادی) انجام شده و محتوای آن با دو نسخه عربی اسفزاری (کتابخانه عثمانیه حیدرآباد و جان راینلندز منچستر) و نیز با ترجمه عربی رساله مکانیک هرون اسکندرانی (۱۰-۷۰م) - که توسط قسطا بن لوقا (۲۰۸-۳۰۰ ق.ه) انجام شده است - مقایسه تطبیقی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که این رساله که توسط ابوحاتم مظفر اسفزاری (دانشمند عصر سلجوقی، متوفی حدود ۵۱۰ ق.ه) تحریر شده، برخلاف سایر رسالات فارسی جزائقال که عمدتاً فقط به مقاله دوم (ماشین‌های ساده و مرکب) پرداخته‌اند، شامل مقاله اول (مبانی نظری حرکت، تعادل، مرکز ثقل، پنتوگراف و...) و همچنین توصیف کامل دستگاه بارولکوز نیز می‌شود. اسفزاری در تحریر خود، ضمن وفاداری به ساختار اصلی هرون، سه نوع تغییر اعمال کرده است: بازنویسی شیوا، افزودن توضیحات تحلیلی (به ویژه در مباحث مرکز ثقل)، و تصحیح اشکالات نسخ عربی در دستگاه بارولکوز (مانند افزودن دسته گرداننده و اصلاح نسبت قطر چرخ‌دنده‌ها). نتیجه آن که این نسخه، تنها نسخه فارسی شناخته‌شده تاکنون است که به مباحث نظری و تحلیلی جزائقال پرداخته و از این‌رو از ارزش علمی و تاریخی ویژه‌ای برای مطالعه پیوند سنت مکانیک یونانی و اسلامی برخوردار است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۳	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۱	
کلیدواژه‌ها: جزائقال، ابوحاتم مظفر اسفزاری، هرون اسکندرانی، علم الحیل، دستگاه بارولکوز	

استناد: صالحزاده، محمد و نیکسرشت، ایرج. (۱۴۰۵). بررسی محتوای رساله معانی کتاب ایرن المخائیقی فی رفع الاشیاء الثقیلة بالقوة الیسیره. اثر ابوحاتم مظفر اسفزاری.

تاریخ علم، ۲۴ (۱)، ۱۴۳-۱۸۱. DOI: <http://doi.org/10.22059/jihs.2026.414041.371900>



ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

جرثقیل یا گرانکش به دستگاهی اطلاق می‌شود که به کمک آن می‌توان بارهای سنگین را بلند و جابجا کرد. دانشی که به ساخت و کاربست این دستگاه‌ها می‌پردازد، دانش «جژائقال» نام دارد. در طبقه‌بندی علوم در دوره اسلامی، این دانش گاه زیرمجموعه علم الحیل و گاه در کنار آن به عنوان دانشی مستقل قلمداد شده است.

سابقه ساخت و استفاده از جرثقیل‌ها به تاریخ تمدن انسان برمی‌گردد. یونانی‌ها، رومی‌ها، مصری‌ها و ایرانی‌ها برای احداث بناهای بزرگ و بلند از آنها استفاده می‌کردند (رحیمی، ۱۳۹۲، ۲۰۲). جرثقیل‌ها خود ترکیبی از ماشین‌های ساده^۱ اند و انسان‌ها از قدیم برای انجام کارهای خود از این ماشین‌های ساده که شامل اهرم، گوه، چرخ و محور، قرقره، پیچ و همچنین از ترکیب آنها - ماشین‌های مرکب^۲ - استفاده می‌کرده است. زمان اختراع آنها دقیقاً مشخص نیست ولی بناهای به جامانده از چند هزار سال پیش گواه آشنایی انسان‌های آن دوران با این ماشین‌ها و ترکیب آنهاست (ناطق و کریمی ۱۳۹۷، ۱۱۸).

یونانی‌ها اولین مردمانی بودند که توصیفی علمی از ساخت و به کارگیری این ماشین‌ها ارائه دادند. که در این میان می‌توان از فیلون بیزانسی^۳ (۲۸۰-۲۲۰ پ.م)، ارشمیدس^۴ (۲۸۸-۲۲۱ پ.م)، هرون اسکندرانی^۵ (۱۰-۷۰ م) و پاپوس اسکندرانی^۶ (۲۹۰-۳۵۰ م) نام برد (رحیمی، ۱۳۹۲، ص ۲۴). در این میان، رساله مکانیک هرون اسکندرانی از مهم‌ترین آثار در این حوزه به شمار می‌رود. این رساله در قرن سوم هجری توسط قسطا بن لوقا بعلبکی^۷ (۲۰۸-۳۰۰ ه.ق) در بغداد با عنوان رفع الاثیاء الثقیله به عربی ترجمه شد. از آنجا که اصل یونانی رساله مفقود شده، ترجمه عربی آن اکنون منبع اصلی به حساب می‌آید.

1. Simple Machines
2. Compound Machines
3. Philo of Byzantium
4. Archimedes
5. Hero of Alexandria
6. Pappus of Alexandria
7. Qusta ibn Luqa

این رساله که در برخی از منابع با نام مکانیک^۱ نیز شناخته می شود دارای سه مقاله است: مقاله اول به مبانی نظری حرکت و تعادل می پردازد؛ مقاله دوم شامل توصیف و تحلیل پنج ماشین ساده و ترکیب آنهاست؛ و مقاله سوم کاربردهای عملی این ماشین ها را بررسی می کند. نسخ گوناگونی از ترجمه عربی این رساله در کتابخانه های جهان وجود دارد. افزون بر نسخ عربی، نسخه هایی نیز به زبان فارسی موجود است که مستقیم و یا غیرمستقیم با این رساله مرتبطند (پاپادوپولوس، ۲۰۰۷، ص ۲۲۲).

این نسخه های فارسی از رساله هرون که قابل مقایسه با مقاله دوم رساله هرون می باشد عموماً به ابن سینا (۳۷۲-۴۲۸ ه.ق)، حزین لاهیجی (۱۱۰۳-۱۱۸۱ ه.ق) و ابوعلی بن عبدالجلیل خوارزمی منتسب شده اند. و آنها نیز که به مؤلفی منتسب نشده اند، نیز محتوایی مشابه دیگر آثار دارند (ناطق و کریمی، ۱۳۹۳، ص ۱۰۱).

در تمدن اسلامی، ابوحاتم مظفر اسفزاری (طبیعی دان، منجم و ریاضی دان ایرانی عصر سلجوقی، متوفی حدود ۵۱۰ ه.ق) رساله ای با عنوان معانی کتاب ایرن المخانیقی فی رفع الاثیاء الثقیلة بالقوة الیسیره تألیف کرده که تحریری از دو مقاله اول رساله هرون است. این رساله در سه نسخه موجود است: دو نسخه به زبان عربی (کتابخانه عثمانیه حیدرآباد و کتابخانه جان رابیندز منچستر) و یک نسخه به زبان فارسی (کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران، دست نویس شماره ۱۹۷ مجموعه امام جمعه). این نسخه بر خلاف دو نسخه دیگر که کاملاً عربی هستند، به زبان فارسی با بخش هایی اندک به عربی نوشته شده است. با توجه به آنچه گفته شد، پژوهش حاضر در پی پاسخ به پرسش های زیر است:

۱- آیا محتوای نسخه فارسی دانشگاه تهران با دو نسخه عربی اسفزاری (حیدرآباد و منچستر) مطابقت دارد؟

۲- اسفزاری در تحریر فارسی خود چه تغییراتی در مقایسه با ترجمه عربی قسطا بن لوقا از رساله هرون اعمال کرده است؟

۳- آیا نسخه فارسی دانشگاه تهران صرفاً به مقاله دوم رساله هرون (ماشین های ساده و مرکب) می پردازد، یا مباحث مقاله اول و دستگاه بارولکوز^۲ - ماشینی متشکل از چند محور و چرخ دنده که درون

1. Mechanics

2. Barulkos

صندوقی قرار داشته و به کمک آن وزنه‌های سنگین را بلند می‌کنند. این دستگاه در ابتدای مقاله اول توصیف شده است- را نیز شامل می‌شود؟

۴- جایگاه این رساله در میان رسالات جزائقال دوره اسلامی و میزان انطباق آن با رساله مکانیک (جزائقال) هرون - ترجمه عربی قسطا بن لوقا- و ارتباط آن با رسالات فارسی و نحوه تحریر اسفزاری، چیست؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها، نخست پیشینه پژوهش و روش تصحیح نسخه خطی ارائه، و سپس به معرفی اسفزاری و آثار او پرداخته می‌شود، و در ادامه محتوای رساله و به‌ویژه دستگاه بارولکوز با رویکرد تطبیقی تحلیل می‌شود. در پایان، جمع‌بندی یافته‌ها و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

پیشینه پژوهش

مطالعات مربوط به دانش جزائقال در تمدن اسلامی و به‌ویژه آثار ابوحاتم مظفر اسفزاری را می‌توان در چند دسته جای داد:

الف) تصحیح و ترجمه آثار عربی اسفزاری در مکانیک

مهم‌ترین تلاش‌ها در این حوزه توسط محمد ابطوی و همکارانش صورت گرفته است. ابطوی و الحسنی (۲۰۱۵) مجموعه‌ای از آثار اسفزاری در مکانیک را تصحیح و به انگلیسی ترجمه کرده‌اند. همچنین ابطوی (۲۰۱۶) در مقاله‌ای، ساختار و اهمیت مجموعه اسفزاری را در سنت مکانیک اسلامی تحلیل نموده، و نشان داد که او در تحریر آثار پیشینیان خود (فیلون، هرون، بنوموسی و آپولونیوس) رویکردهای متفاوتی از خلاصه‌سازی ساده تا بازنویسی تحلیلی داشته است. با این حال، این پژوهش‌ها عمدتاً بر نسخ عربی متمرکز بوده و نسخه فارسی دانشگاه تهران به‌طور اختصاصی مورد مطالعه مستقل قرار نگرفته است. ب) ترجمه عربی کتاب هرون نیز دو بار تصحیح و به فرانسه و آلمانی ترجمه و چاپ شده است.^۱

1. Héron d'Alexandrie, *Les Mécaniques ou l'élévateur des corps lourds*. Texte arabe de Qustā Ibn Lūqa établi et traduit par B. Carra de Vaux, Paris 1894 ; reedited Paris 1988.
Heron von Alexandria, *Heronis Alexandrini Opera quae supersunt II Mechanica et catoprica*, L. Nix, W. Schmidt hrsg. Leipzig 1900 ; reedited in Stuttgart 1979.

ج) مطالعه نسخ مختلف رساله جزائقال هرون و ترجمه‌های فارسی آن ناطق و کریمی (۱۳۹۳) به بررسی اصالت نسخه‌های فارسی جزائقال پرداخته و نشان داده‌اند که بیشتر این نسخه‌ها (منسوب به ابن سینا، حزین لاهیجی و خوارزمی) عمدتاً برگرفته از مقاله دوم رساله هرون هستند و مبانی نظری (مقاله اول) در آنها دیده نمی‌شود. همچنین ایشان (۱۳۹۷) در پژوهش دیگری، نسخ مختلف ترجمه قسطا بن لوقا از رساله هرون را مقایسه کرده‌اند. با این همه، در هیچ یک از این مطالعات، نسخه فارسی محفوظ در دانشگاه تهران (مجموعه امام جمعه شماره ۱۹۷) به‌طور دقیق با نسخ عربی اسفزاری مقایسه و تحلیل نشده است.

د) مطالعات مرتبط با ماشین‌های ساده و مرکب در منابع اسلامی رحیمی (۱۳۹۲) در کتاب خود با عنوان ماشین‌های ساده و مرکب در کتاب معیارالعقول، به تحلیل محتوای یکی از رسالات فارسی جزائقال (منسوب به ابن سینا) پرداخته است.

ضرورت پژوهش حاضر

با مرور پیشینه فوق، مشخص می‌شود که تاکنون:

۱- نسخه فارسی رساله دانشگاه تهران به‌طور مستقل تصحیح و با نسخ عربی اسفزاری مقایسه نشده است.

۲- جایگاه این نسخه در میان سایر رسالات فارسی جزائقال روشن نشده است.

۳- تحلیل دستگاه بارولکوز در این نسخه و مقایسه آن با نسخ عربی و با توصیفات مشابه در آثار دیگر انجام نشده است.

پژوهش حاضر در نظر دارد با تصحیح نسخه خطی و مقایسه تطبیقی آن با سایر نسخ، به این پرسش‌ها پاسخ دهد و از این راه سهمی در روشن‌سازی پیوند سنت مکانیک یونانی و اسلامی ایفا کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، بنیادین و از نظر ماهیت داده‌ها، کیفی و مبتنی بر روش تحقیق تاریخی-تحلیلی با رویکرد نسخه‌پژوهی است. روش اجرای آن شامل پنج مرحله اصلی می‌شود:

مرحله اول: نسخه‌شناسی و شناسایی منابع

در این مرحله، ابتدا نسخه خطی موضوع پژوهش (دست‌نویس شماره ۱۹۷ مجموعه امام جمعه، محفوظ در کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران) از نظر ویژگی‌های ظاهری بررسی شد. همچنین با مراجعه مطالعات آقای ابطوی و الحسنی، دو نسخه عربی دیگر از همین رساله (محفوظ در کتابخانه عثمانیه حیدرآباد و کتابخانه جان رایلندز منچستر) شناسایی گردید.

مرحله دوم: تصحیح نسخه خطی فارسی

تصحیح متن بر پایه روش قیاسی (انتقادی) انجام شد. با توجه به این که نسخه فارسی تک‌نسخه است و نسخه دیگری برای مقابله در دست نبود، تصحیح بر اساس اصول زیر صورت پذیرفت:

- خوانش دقیق و چندباره متن اصلی و ثبت انواع خوانش‌های محتمل؛
- استفاده از قرائن درون‌متنی (مانند تکرار عبارات، ساختار منطقی بندها و ...) برای رفع ابهامات؛
- مقایسه بخش‌های عربی نسخه تهران با دو نسخه عربی حیدرآباد و منچستر؛ در پژوهش حاضر، تصاویر دیجیتال تصحیح این دو نسخه برای مقایسه با نسخه فارسی تهران مورد استفاده قرار گرفته است. به دلیل آنکه نسخه فارسی تک‌نسخه است و نسخه مشابه دیگری به فارسی در دست نیست، این دو نسخه عربی به عنوان نسخه مقابله^۱ عمل می‌کنند.
- در مواردی که متن فارسی دچار افتادگی یا ناخوانایی بود، با مراجعه به نسخ عربی معادل، عبارت بازسازی شد؛
- افتادگی یک برگ (برگ ۲۰) که منجر به فقدان بخشی از مسائل بند ۲۰ مقاله دوم شده بود، از طریق مقایسه با نسخ عربی بازشناسی شده است.^۲

1. Control Copy

۲. در این پژوهش تصحیح کامل رساله به علت طولانی بودن متن در پیوست ارائه شده، و به عنوان نمونه تصحیح و شرح کامل بخش بارلکوز آورده شده است.

مرحله سوم: مقایسه تطبیقی میان نسخ

- پس از تصحیح متن فارسی، محتوای رساله (بند به بند) با سه منبع اصلی مقایسه شد:
- ۱- ترجمه عربی قسطا بن لوقا از رساله مکانیک هرون، بر اساس تصحیح کاردو وو (۱۹۸۸):
 - ۲- همان ترجمه، بر اساس تصحیح نیکس و اشمیت (۱۹۷۹) که در اثر ابطوی و الحسنی (۲۰۱۵) بازآوری شده است؛
 - ۳- رساله فارسی معیارالعقول منسوب به ابن سینا (به تصحیح همایی، ۱۳۳۱).

مرحله چهارم: تحلیل محتوای کیفی

در این مرحله به عنوان محتوای رساله در دو سطح تحلیل شد:

- سطح اول (توصیف و دسته‌بندی): بندهای رساله بر اساس موضوع دسته‌بندی و شرح مختصر هر بند ارائه گردید.
 - سطح دوم (تحلیل تطبیقی-تاریخی): دستگاه بارولکوز از رساله مذکور انتخاب شده و در پژوهش حاضر اشکال مربوط به این دستگاه در نسخه تهران با نسخ عربی اسفزاری (حیدرآباد و منچستر) و نیز با توصیفات مشابه در آثار دیگر مقایسه گردید. تفاوت‌های محاسباتی و ترسیمی میان نسخ، استخراج و با استفاده از روابط فیزیک پایه (تعادل گشتاورها) تحلیل گردید.
- مرحله پنجم: معرفی اسفزاری و آثار او
- معرفی زندگی، آثار و جایگاه علمی اسفزاری بر اساس منابع کتابخانه‌ای انجام شد. در این بخش از منابع زیر استفاده گردید:

- منابع اولیه (کهن): تتمه صوان الحکمه بیهقی، چهار مقاله نظامی عروضی؛
- منابع ثانویه (معاصر): پژوهش‌های کمپانیونی (۱۳۳۶)، عرشی (۱۳۸۹)، ابطوی (۲۰۱۶)، دهخدا (۱۳۷۳) و دیگران.

ابوحاتم مظفر اسفزاری

ابوحاتم مظفر بن اسماعیل اسفزاری، طبیعی‌دان، منجم و ریاضی‌دان بزرگ ایرانی که در علم مکانیک نیز مهارت داشت، در اواخر نیمه اول سده پنجم هجری در شهر اسفزار به دنیا آمد. او از دانشمندان

حکومت سلجوقیان در نیمه دوم سده پنجم و اوایل سده ششم هجری و هم‌عصر عمر خیام (۴۳۹-۵۲۶ ه.ق) و عبدالرحمان خازنی (ولادت ۴۷۵ ه.ق) بود.

از جمله گزارش‌های کهن درباره او، یادداشت علی بن زید بیهقی (متوفی ۵۶۵ ه.ق) در تتمه صوان الحکمه است که او را حکیمی با دانش در علم هیئت، انتقال و حیل توصیف کرده و از مناظرات علمی وی با خیام سخن گفته است. همچنین نظامی عروضی سمرقندی در چهار مقاله از دیدار خود با اسفزاری و خیام در بلخ در سال ۵۰۶ ه.ق یاد کرده است (ابطوی، ۲۰۱۶، ۸).

مرحوم علامه محمد بن عبد الوهاب قزوینی در حواشی چهار مقاله نگاشته است: «خواجه امام مظفر اسفزاری، یکی از اعظام منجمین است، و اوست که با عمر خیام و جماعتی دیگر از اعیان منجمین در سنه ۴۶۷ به فرمان سلطان ملکشاه سلجوقی رصد معروف ملکشاهی را که رصد جلالی نیز گویند بستند، و ابن اثیر (۵۵۵-۶۳۰ ه.ق) در حوادث سنه ۴۶۷ از او ابوالمظفر اسفزاری تعبیر کرده است» (کمپانیونی، ۱۳۳۶، ۱۶۶-۱۶۷).

ابن اثیر در اثر گرانبهایش الکامل فی التاریخ اسفزاری را در کنار منجمینی مانند عمر خیام، میمون ابن نجیب واسطی و غیره آورده است که در اواخر قرن پنجم در اصفهان و خراسان فعالیت علمی و در زمان ملکشاه سلجوقی بین سالهای ۴۶۷ و ۴۸۵ در رصدهای نجومی رصدخانه اصفهان مشارکت داشته است. اگر فرض شود او در آن زمان که در اوج شهرت علمی بوده، و به دربار ملکشاه دعوت شده است سی ساله بوده احتمالاً زمان تولد او را می‌توان حدود ۴۴۰ ه.ق حدس زد.

همچنین می‌توان گفت که او تا سال ۴۸۵ ه.ق که سال مرگ ملکشاه است در اصفهان می‌زیسته و بعدها به خراسان و هرات، و از آنجا به بلخ رفته و نظامی عروضی او را با عمر خیام در آنجا دیده است و شاید پس از آن برای تقدیم میزان ارشمیدس ساخته خود به مرو دارالملک سنجر نیز رفته باشد (کمپانیونی، ۱۳۳۶، ۱۸۱). درگذشت او نیز پس از ملاقاتش با نظامی عروضی در بلخ به سال ۵۰۶ ه.ق و پیش از

۱. علی بن اثیر، الکامل فی التاریخ، بیروت ۱۳۷۸ ق / ۱۹۶۷ م، ج ۸، ص ۱۲۱. برگردان حمیدرضا آذیر، ج ۱۴، انتشارات اساطیر، چاپ اول ۱۳۸۸، ص ۵۹۹۱.

کامل شدن کتاب میزان الحکمه خازنی در ۵۱۵ ه.ق بوده است، زیرا خازنی برای وی به عنوان متوفی طلب آموزش کرده است. پس وی احتمالاً در حدود سال ۵۱۰ ه.ق درگذشته است (ابطوی، ۲۰۱۶، ۱۰).

علامه دهخدا در لغت‌نامه خویش در مورد علت مرگش اینگونه آورده است: «گویند او ترازوی ارشمیدس را که معروف بمیزان غش است بساخت و بخازن سلطان داد و او از بیم خیانت‌های کرده آنرا بشکست و اجزاء در خاک نهان کرد و ابوحاتم چون بر این معنی واقف گشت در اندوه تباهی حاصل رنج چند ساله بیمار گشت و هم بدان بیماری درگذشت» (دهخدا، ۱۳۷۷، ۶۱۲).

نوشته‌های علمی او

اسفزاری در حوزه‌های گوناگونی قلم زده است. چهار متن در زمینه علوم ریاضی از اسفزاری وجود دارد (ابطوی، ۲۰۱۶، ۱۰-۱۱):

۱- رساله کوتاهی در باره هندسه با عنوان تلخیص لکتاب الاصول لاقلیدس است. تنها نسخه این اثر که شامل یازده قضیه است در فهرست کتابخانه ملی فرانسه در پاریس به شماره ۲/۲۴۵۸ و با نام صورت المقالة الرابعة عشر من اختصار الامام المظفر الاسفردی نگهداری می‌شود.

۲- متن دیگر در ریاضیات کاربردی و راجع به مساحی با عنوان مقدمة فی المساحة من املاء الامام المظفر الاسفزاری که این متن در نسخه‌ای یکتا در کتابخانه سلیمانیة استانبول در مجموعه لاله لی به شماره ۲۷۰۸، برگهای ۱۹ پ- ۲۳ نگهداری می‌شود.

۳- متن دیگر در ریاضیات از اسفزاری با عنوان برهان علی جمع المربعات المتوالیه می‌باشد که تنها نسخه آن در کتابخانه مسجد اعظم قم به شماره ۲/۲۰۲۵ نگهداری می‌شود که موضوع آن اثبات هندسی مجموع مربعات اعداد متوالی می‌باشد.

۴- بالاخره دست نوشته دیگری از اسفزاری در باره مربع‌های وفقی که یکی از قدیمی‌ترین آثار در این حوزه از ریاضیات کاربردی به شمار می‌آید.

آثار علوی (کائنات جو) حوزه‌ای بود که اسفزاری رساله‌ای مشهور به فارسی و برای فخرالدین بن نظام الملک نوشته، که با عنوان رساله آثار علوی اثر فاضل کامل حکیم معظم و فیلسوف مکرم خواجه ابوحاتم

مظفر بن اسماعیل اسفزاری موجود می‌باشد. این اثر در سال ۱۳۱۹ ه.ش در تهران با تصحیح و تحشیه محمد تقی مدرس رضوی انتشار یافته است (عرشی، ۱۳۸۹، ۴).

رساله‌ای دیگر درباره گیاه شناسی به زبان فارسی منسوب به اسفزاری است و عنوان آن رساله الشبکه که درباره شبکه مجاری تغذیه در گیاهان است. این رساله به درخواست برکیاق بن ملک‌شاه سلجوقی (۴۷۱-۴۹۸ ه.ق) تألیف شده است. تک نسخه آن به شماره ۳/۳۱۸۳ در کتابخانه ملک نگهداری می‌شود که توسط ابوالفتح بن حسین منجم به تاریخ جمادی الثانی ۵۴۹ ه.ق کتابت شده است (عرشی، ۱۳۸۹، ۱۰).

هفت نوشته از اسفزاری در علم مکانیک موجود است، به اضافه متن‌های دیگری که خازنی به وی نسبت داده است. که نشان دهنده اهمیت او در تاریخ علم مکانیک می‌باشد. این آثار را می‌توان در دو قسمت تقسیم کرد (ابطوی، ۲۰۱۶، ۱۶-۱۷):

الف) آثار در علم افعال (اوزان)

۱- ارشاد ذوی العرفان إلى صناعة القفان رساله مهمی مربوط به تتوری قپان، ترازو با بازوهای نابرابر و سنگ (وزنه) متحرك می‌باشد. نسخه یکتای این رساله در کتابخانه ملی سوریه در دمشق نگهداری می‌شود (به شماره ۴۴۶۰، برگه‌های ۱۶-۲۴ ر). در رساله ارشاد می‌توان دو جریان فکری برگرفته از دو رساله معروف در این زمینه را مشاهده کرد. البته سهم اصلی مربوط به نویسنده در مباحث مقدماتی مراکز جرم و قانون اهرم‌ها است، و مولفه‌های دیگر به اثبات ریاضیاتی مسائل ویژه قپان همانطور که در مقاله فی المیزان منسوب به اقلیدس^۱ از يك سو و در کتاب فی القرسطون از ثابت بن قزّه از سو دیگر فرموله شده اند، بر می‌گردد. چنان که به نوشته اسفزاری، وی در نظر داشته است: «[رساله‌ای] در این صنعت شامل آنچه از علوم باستانی و از جانشینان فرزانه‌شان یاد گرفتیم، به علاوه تفکرات خودم و آنچه از برهان‌ها نتیجه شده است» فراهم کند (ابطوی، ۲۰۱۶، ۲۲).

1. Euclid

۲- تحریر خازنی از ارشاد که در قالب خلاصه شده‌ای در کتاب میزان الحکمة زیر عنوان فی مراکز الانتقال و صنعة الققان للمظفر الاسفزاری به ما رسیده است.

(ب) آثار در علم الحیل (دستگاه‌ها)

۳- حکایات کتاب فیلون المخانیقی فی الحیل: اسفزاری در این رساله دستگاه‌های تشریح شده در کتاب فی الحیل الروحانية و مخانیق الماء که ترجمه عربی کتاب پنوماتیک فیلون بیزانسی است را خلاصه و بازنویسی کرده است. این ترجمه از یونانی به عربی توسط مترجمی ناشناس انجام شده و هم اکنون موجود می‌باشد.

۴- معانی کتاب ایرن المخانیقی فی رفع الاشياء الثقيلة بالقوة اليسيرة: خلاصه‌ای از دو مقاله اول کتاب مکانیک هرون اسکندرانی. این همان رساله‌ای است که نسخه فارسی آن در دانشگاه تهران نگهداری می‌شود و محور پژوهش حاضر است.

۵- حکایات صور کتاب الحیل لینی موسی: در این متن اسفزاری صد دستگاه کتاب مشهور الحیل منتسب به بنو موسی را خلاصه و بازنویسی کرده است. این کتاب مشهور در علم مکانیک کاربردی احتمالاً توسط احمد بن موسی نوشته شد و یکی از مهمترین آثار در حوزه فن‌آوری دوره اسلامی است.

۶- کتاب آپولونیوس فی البكرة: اثر آپولونیوس^۱ پرگایی ریاضی‌دان (ح ۱۹۰-۲۶۲ پ.م) و نویسنده کتاب مخروطات^۲، درباره مقاطع مخروطی است که در دوره اسلامی به خوبی شناخته شده بود. اثر آپولونیوس درباره قرقره‌ها در متون تاریخی یونانی ذکر شده ولی تاکنون ناشناخته مانده بود. بر اساس یافته‌های اخیر ابطوی مبنی بر حضور بخشی از این اثر آپولونیوس در رساله اسفزاری فرصت خوبی برای شناخت متنی از یکی از مهمترین ریاضیدانان آن دوران که تاکنون کاملاً ناشناخته مانده بود فراهم آورده است.

1. Apollonius

2. Conica

۷- صورة صندوق الساقی: این متن کوتاه در سه صفحه ارائه شده است. بند اول این اثر مربوط به دستگاه شراب‌دهی می‌باشد. و در بند دوم این متن به ارغنون یا ارگ هیدرولیکی اشاره شده که نوعی ارگ لوله‌ای است که هوا در آن دمیده می‌شود. این بند در متون عربی به موربسطوس^۱، منتسب می‌باشد، که این متن در اوایل قرن بیستم چاپ و بعد از آن نیز به انگلیسی ترجمه شد.

با بررسی مجموعه آثار اسفزاری در حیل مشاهده گردید که میزان مداخله‌اش در این متون متفاوت است. به طوری که در حکایات کتاب فیلون المخائقی فی الحیل، او بیشتر بر ترسیم شکل‌هایی تمرکز داشته که با شرح همراه کرده است، و یا در معانی کتاب ایرن المخائقی فی رفع الاشياء الثقيلة بالقوة الیسیرة او تلقی و برداشتش را وسعت بخشید، در اظهار نظراتش جامع‌تر بود و روی بندهای طولانی با جزئیات فنی تمرکز کرد. اما در کتاب ابلونیوس فی البكرة، به نظر می‌رسد او متن عربی در دسترس را بدون هیچ ویرایشی در مجموعه گنجانده است. در مورد حکایات صور کتاب الحیل لینی موسی، او با دقت متن را بازنویسی، شکل‌ها را بازسازی و شرح آنها را خلاصه کرده است. و کوشید خطاها و نواقص نسخ موجود را بر طرف کند (ابطوی، ۲۰۱۶، ۲۴-۲۵).

نسخه شناسی

مجموعه آثار اسفزاری در علم الحیل شامل بازنویسی، خلاصه و شرح های اسفزاری است که بر مجموعه‌ای از متن‌های یونانی و عربی پیشینیان خود نوشته است. هم اکنون این مجموعه در سه نسخه موجود است:

- ۱- کتابخانه عثمانیه حیدرآباد هند
- ۲- کتابخانه جان رابیندز منچستر انگلستان
- ۳- کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران، دست نوشته ۱۹۷ مجموعه امام جمعه

نسخه کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران در مجموعه‌ای به شماره ۱۹۷ آمده است و جزء کتب خطی حاجی سید جواد امام جمعه کرمان (و ۱۲۸۷ ه.ق) می‌باشد که احمد جوادی از نوادگان وی آنها را به دانشگاه اهداء کرده است. این مجموعه به خط نستعلیق هندی قرن ۱۱ ه.ق، با ابعاد ۲۱/۵ در ۱۳ سانتیمتر و در ۱۳۹ صفحه به زبان فارسی و عربی کتابت شده است. عناوین فصول و اشکال با جوهر قرمز و متون و حروف اشکال با جوهر مشکی نگاشته شده است. و نسخه فاقد انجمله است.

محتویات نسخه به قرار زیر می‌باشد:

۱- برگ های ۱پ- ۳ر: کتاب ابلونیوس فی البکرة به فارسی می‌باشد.

این نسخه با عنوان «کتاب ابلونیوس فی البکرات» آغاز می‌شود. و با این عبارت پایان می‌یابد: «نافیه انداز کتاب ابلونیوس در بکرتا بحمدالله و منه».

۲- برگ های ۳ر- ۲۲پ: معانی کتاب ایرن المخانیقی فی رفع الاشیاء الثقيلة بالقوة اليسيرة

الف. ۳ ر، سطر ۹: این تحریر اسفزاری از کتاب هرون به فارسی است و با «بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله حق حمده و الصلوة و سلام علی خیره خلقه محمد مصطفی و آله. حکایات قول ایرن مخانیقی...» آغاز می‌شود.

ب. ۳ر- ۱۳ر: این قسمت به فارسی و بدون عنوان برای مقاله اول برای تحریر اسفزاری از کتاب هرون

آغاز

می‌شود، تا در برگ ۱۳ر و سطر ۴ (وسط بند ۲۶) که نسخه با عبارت «فإن علقنا ثقل ر منه أيضاً ینقسم بقسمین...» عربی می‌شود. مقاله اول در برگ ۱۳پ سطر ۳ با عبارت «تمت المقالة الأولى» پایان می‌یابد. دو شکل آخر از مقاله اول در این نسخه وجود ندارد.

ج. ۱۳پ- ۱۵پ: مقاله دوم تحریر اسفزاری از کتاب هرون با این عبارت «المقالة الثانية من کتاب ایرن

المخانیقی فی رفع الاشیاء الثقيلة بالقوه اليسيره» به عربی آغاز می‌شود. و در ابتدای برگ ۱۵پ (بعد از کلمات ابتدایی بند ۹ که در انتهای برگ ۱۵پ: «و اما البکرة الكثيرة الرفع نفرض ا ب ج د») دوباره نسخه به فارسی می‌شود از بند ۹ تا بند ۲۴.

د. برگ ۲۰ از نسخه که مربوط به بند ۲۰ - بند مسائل - می باشد از نسخه افتاده است. و از ابتدای مسأله ۹ تا انتهای مسائل - مسأله ۱۶ - و چند خط اول بند ۲۱ از نسخه مفقود شده است. این قسمت مفقود شده شامل يك شکل نیز می باشد.

۲۲.۵-۲۲پ: نسخه در برگ ۲۲ ر سطر ۱۰ (انتهای بند ۲۴) دوباره به عربی شده و تا پایان (انتهای بند ۲۶) باقی می ماند. و مقاله دوم با عبارت «و البرهان واضح كما قد تبين. تَمَّت المقالة الثَّانِيه والحمد لله رب العالمين والصلوة على نبيه محمد و آله.» پایان می پذیرد.

۳- ۲۳- ۷۲ر: یک متن طولانی به زبان عربی در نجوم می باشد.



شکل ۱. تصویر صفحات اول نسخه کتابخانه دانشکده ادبیات دانشگاه تهران.

علت انتساب رساله به ابوحاتم مظفر اسفزاری

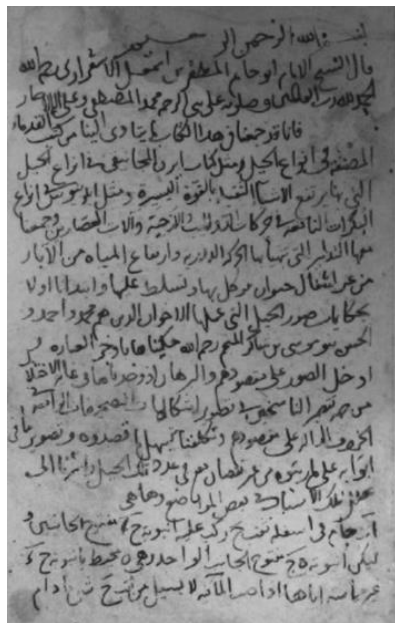
برای اثبات این که این رساله (چه نسخ عربی و چه نسخه فارسی) به اسفزاری تعلق دارد، دو دسته شواهد قابل ارائه است:

الف) شواهد مستقیم: مقدمه اسفزاری بر مجموعه آثارش در حیل (شکل ۲):

در نسخ حیدرآباد و منچستر رساله حکایات صور کتاب الحیل با بسم الله شروع شده و این مقدمه در این قسمت وجود دارد: «بسم الله الرحمن الرحيم. قال الشيخ الامام أبو حاتم المظفر بن إسماعيل الاسفزاری رحمة الله: الحمد لله رب العالمين و صلواته على نبي الرحمة محمد المصطفى و على آله الأخيار و بعد. فإذا قد جمعنا في هذا الكتاب ما تأدى إلينا من كتب القدماء المصنفه في انواع الحيل و من أتى بعدهم حتى عهدنا هذا...».

پس از حمد خداوند و صلوات بر حضرت محمد (ص)، ترجمه این قسمت به قرار زیر می باشد:

پس ما در این کتاب، آنچه از کتب پیشینیان که در مورد انواع حیل نگاشته اند و آنچه بعد از آنها در این عصر به ما رسیده جمع کردیم، مانند: کتاب فیلون صاحب حیل، کتاب هرون مخانیقی در انواع حیل که به کمک آن اشیای سنگین با نیروی اندک بلند می شوند و کتاب آپولونیوس در انواع قرقره ها (چرخ دنده ها) که در به حرکت درآوردن چرخ چاه، سنگ آسیاب و دستگاه های عصاره به کار می رود. و تدبیرهایی که به کمک آنها حرکت دورانی آسان شده و آب از چاه بدون استفاده از حیوان بالا آورده می شود، جمع کرده و بر آنها تسلط پیدا کردیم. در ابتدا به رساله الحیل نوشته سه برادر به نام های محمد، احمد و حسن می پردازیم که پسران موسی بن شاکر منجم بودند که خداوند رحمتش کند. آن را با عبارات موجز حکایت کرده و به جهت شرح مقصود آن، تصاویر را به آن وارد کردیم، زیرا در کار کاتبان اشتباهاتی دیدیم، که شکل ها را درست نفهمیده و در بسیاری از حروف که مورد نظر مؤلف بود تغییراتی داده بودند. کوشیدیم منظور آن ها را ساده کنیم و مطالب را مطابق ترتیب اصلی، بدون کاستن از تعداد حیل ها آوردیم. در مواردی هم مقصود آنها را شرح کردیم (ابطوی، ۱۴۳۵، ۱۳۰-۱۳۱).



منچستر



حیدرآباد

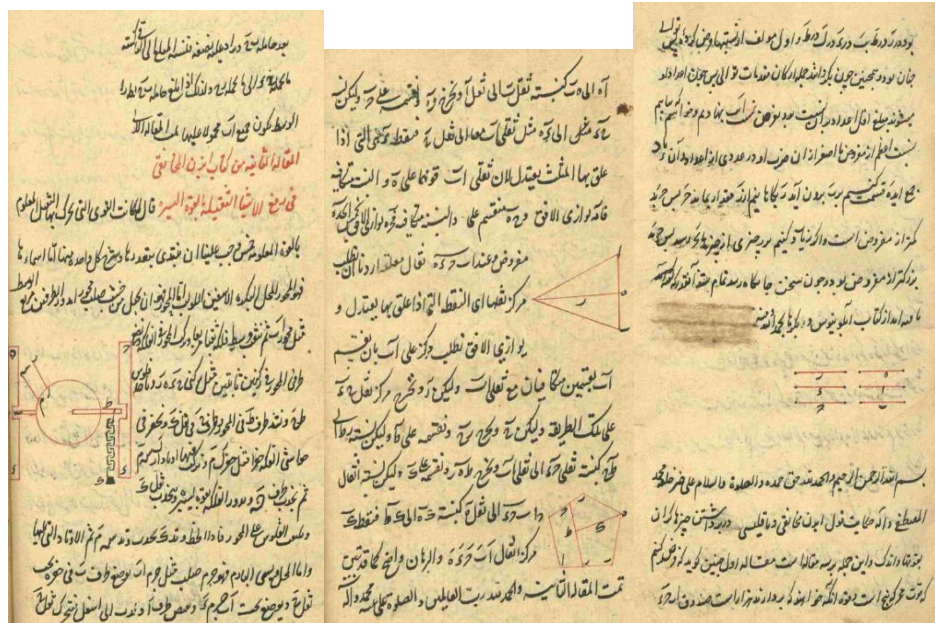
شکل ۲. تصاویر صفحات نخست رساله حکایات صوّر کتاب الحیّل بنوموسی (ابطوی و الحسنی، ۲۰۱۵).

(۳۴۲ و ۳۵۰)

در این مقدمه، اسفزاری به روشنی خود را مؤلف یا مُحَرَّر مجموعه معرفی کرده و از کتاب هرون به عنوان یکی از آثاری نام برده که در این مجموعه گنجانده است. از آنجا که رساله معانی کتاب یپرن... بخشی از همین مجموعه است، انتساب آن به اسفزاری برای نسخ عربی (حیدرآباد و منچستر) قطعی به نظر می‌رسد (ابطوی، ۲۰۱۶، ۱۶).

ب) شواهد غیرمستقیم: مقایسه نسخه فارسی با نسخ عربی

نسخه فارسی دانشگاه تهران فاقد انجامه و فاقد آن مقدمه عربی است که نام اسفزاری در آن دیده شود. با این حال، با بررسی نسخه فارسی دانشگاه تهران این نکته واضح است که قسمت عربی نسخه کاملاً با نسخ حیدرآباد و منچستر مطابقت دارد.



۲۲۲ پ

۱۱۳ پ

۳ ر

شکل ۳. تصویر صفحات ابتدایی و انتهایی مقاله‌های اول و دوم رساله معانی کتاب ایرن المخائیقی فی رفع الأشیاء

بر اساس شواهد فوق، می‌توان نوع انتساب را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- برای نسخ عربی (حیدرآباد و منچستر): انتساب از نوع تحریر و تلخیص است. اسفزاری متن عربی قسطا بن لوقا (ترجمه رساله هرون) را بازنویسی، خلاصه و گاه با شرح خود همراه کرده است (ابطوی، ۲۰۱۶، ۲۴-۲۵).

برای نسخه فارسی (دانشگاه تهران): انتساب از نوع ترجمه یا تحریر فارسی همان اثر است. با توجه به مطابقت کامل بخش‌های عربی، می‌توان نتیجه گرفت که این نسخه ترجمه فارسی رساله اسفزاری است. اما این که ترجمه توسط خود اسفزاری انجام پذیرفته یا توسط یکی از شاگردان یا کاتبان بعدی، به دلیل نبود انجامه و هرگونه اشاره صریح، همچنان نیازمند بررسی‌های سبک‌شناختی و زبان‌شناختی بیشتر است.

بررسی محتوی رساله

ساختار کلی این رساله در نسخه فارسی دانشگاه تهران شامل دو مقاله کامل از سه مقاله کتاب مکانیک هرون است. مقاله اول (بندهای ۱ تا ۲۷) شامل مبانی نظری جرثقیل‌ها و مقاله دوم (بندهای ۱ تا ۲۶) شامل ماشین‌های ساده و مرکب و کاربردهای آنها می‌باشد. مقاله سوم رساله هرون (کاربردهای عملی دستگاه‌ها) در تحریر اسفزاری گنجانده نشده است.

مقاله اول: مبانی نظری

مقاله اول شامل مباحث بنیادین در هشت حوزه است: (۱) دستگاه بارولکوز و انتقال نیرو، (۲) حرکت نسبی چرخ‌دنده‌ها و مفاهیم غلتش و لغزش، (۳) پارادوکس دایره‌ها، (۴) حرکت مرکب، (۵) هندسه متحرک و پنتوگراف^۱، (۶) ساخت چرخ‌دنده و انطباق با پیچ، (۷) حرکت استوانه روی سطح و (۸) مرکز ثقل و تعادل اجسام.

دسته اول: دستگاه بارولکوز (بند ۱)

این بند به توصیف دستگاهی می‌پردازد که قادر است وزنه‌ای ۱۰۰۰ منی (حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم) را با نیرویی تنها ۵ من (حدود ۱۵ کیلوگرم) بلند کند. اسفزاری با استفاده از چهار مرحله کاهش نیرو (هر مرحله با نسبت ۵ به ۱) و یک اهرم انتهایی (نسبت ۲ به ۱)، نیروی نهایی را به ۵ من می‌رساند. این بند به تفضیل در بخش بعدی شرح داده شده است.

دسته دوم: حرکت نسبی چرخ‌دنده‌ها (بندهای ۲ تا ۵)

بند ۲: حرکت نسبی دو دایره (چرخ دنده) هم‌اندازه که با هم درگیر هستند. جابجایی نقاط مختلف یک دایره با حرکت دایره دیگر.

بندهای ۳: حرکت نسبی دو دایره (چرخ دنده) غیر هم‌اندازه که با هم درگیر هستند.

بند ۴: حالات مختلف حرکات نسبی دو دایره در بند قبل.

بند ۵: سرعت چرخش به اندازه قطر بستگی ندارد. هرون به نقل از آپولونیوس اشاره می کند که حرکت غلتشی ممکن است با حرکت مستقیم (انتقالی) ترکیب شود. این مهم ترین اشاره به تشخیص حرکت لغزشی در تاریخ مکانیک باستان است (کاردو وو و دراخمان، ۱۹۸۸، ص ۲۲۷). نام آپولونیوس در سایر نسخ عربی ذکر نشده و از ویژگی های نسخه اسفزاری است.

دسته سوم: پارادوکس دایره ها (بندهای ۶ و ۷)

دو دایره با قطرهای نامساوی بر یک محور ثابت شده اند. اگر مجموعه بغلتند، دایره بزرگ مسافت محیط خود را طی می کند اما دایره کوچک همان مسافت را طی می کند در حالی که محیط آن کمتر است. هرون توضیح می دهد که دایره کوچک هم می غلتد و هم می لغزد. این پارادوکس یکی از نخستین بحث های نظری درباره حرکت مرکب است.

دسته چهارم: حرکت مرکب (بند ۸)

یک نقطه متحرک می تواند با دو حرکت ساده، مسافت های متفاوتی را در زمان یکسان طی کند. به نظر دراخمان در این بند همبستگی نیروها، همانگونه که در مسائل مکانیکی ارسطو آمده است، مطرح می شود (کاردو وو و دراخمان، ۱۹۸۸، ص ۲۲۷).

دسته پنجم: هندسه متحرک و پنتوگراف (بندهای ۹ تا ۱۷)

بند ۹: در مورد ترسیم و پدیدآوری شکل های دو بعدی و سه بعدی با نسبت دلخواه.

بندهای ۱۰ و ۱۱: روش هندسی یافتن دو متوسط نسبی بین دو خط (عدد) دلخواه با استفاده از هندسه متحرک - راه حلی برای مسأله تضعیف مکعب (مساله دلیان^۱).

بندهای ۱۲ تا ۱۴: تعریف تشابه اشکال و مرکز تشابه؛ دو مثال عملی برای ترسیم شکل مشابه (کوچک تر و بزرگ تر).

بند ۱۵: توصیف دستگاه پنتوگراف - دو صفحه دایره ای دندانه دار و دو خط کش که می تواند شکلی مشابه را با نسبت دلخواه ترسیم کند. - یکی از نخستین توصیف های عملی از یک مکانیزم بازخورد می باشد.

بندهای ۱۶: توصیف انتقال شکل ترسیم شده به هر مکانی از صفحه و نیز انتقال یک جسم به هر مکانی در فضا.

بند ۱۷: تعریف دستگاهی برای ساخت (ترسیم) اجسام مشابه در فضا.

دسته ششم: ساخت چرخ دنده و انطباق با پیچ (بندهای ۱۸ و ۱۹)

بند ۱۸: چگونگی ساخت یک چرخ دنده با یک تعداد دندانه مشخص و انطباق آن با یک پیچ توضیح داده شده است.

بند ۱۹: در مورد چگونگی شیب دار کردن دندانه‌ای چرخ دنده و نیز انطباق شیب آنها با شیار روی بدنه پیچ توضیح داده شده است. این بند اشاره به دندانه‌های مارپیچ^۱ دارد.

دسته هفتم: حرکت استوانه روی سطح (بند ۲۰)

حرکت استوانه‌ای نرم (بدون زبری) بر سطح شیب دار و سطح افق. هر چه زبری سطح بیشتر باشد، حرکت دشوارتر است. برای حرکت اجسام سنگین، استوانه در زیر آنها قرار می‌گیرد و گاه با چربی آغشته می‌شود. اگر نیروی کشش از وزن جسم کمتر باشد، نمی‌تواند از سقوط جلوگیری کند اما سرعت سقوط را کاهش می‌دهد. این بند تفاوت میان اصطکاک ایستایی و جنبشی را به طور ضمنی تشخیص می‌دهد.

دسته هشتم: مرکز ثقل و توزیع وزن (بندهای ۲۱ تا ۲۷)

بند ۲۱: تعریف مرکز ثقل از دیدگاه پوسیدونیوس^۲ (۱۳۳ ق.م - ۴۹ ق.م) (نقطه‌ای که اگر جسم از آن آویزان شود در تعادل باقی می‌ماند) و ارشمیدس (نقطه‌ای درون جسم که هر سطح مستوی از آن بگذرد جسم را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند). مرکز ثقل ممکن است خارج از جسم باشد (حلقه، کاسه) و هیچ جسمی دو مرکز ثقل ندارد.

بند ۲۲: توزیع وزن یک میله بر دو پایه در دو انتها.

1. helical gears

2. Posidonius

بند ۲۳: در مورد توزیع وزن یک میله در صورتی که یک پایه در انتها و دیگری در مکانهای مختلفی قرار داشته باشد، می‌باشد. همچنین حالتی بررسی می‌شود که در آن یک پایه در وسط و دیگری در انتهای میله قرار دارد.

بند ۲۴: در مورد توزیع وزن یک میله بر روی دو پایه زمانی که آنها از دو انتهای میله فراتر رفته‌اند.

بند ۲۵: مفهوم «موضع قسمت» - نقطه‌ای از میله که وزن دو طرف آن به تساوی بین دو پایه تقسیم می‌شود. - این بند معادلی در ترجمه عربی هرون ندارد و احتمالاً از نوآوری‌های اسفزاری است.

بند ۲۶: توزیع ثقل وزنه‌های آویزان از میله‌ای که بر روی پایه‌هایی قرار دارد؛ تقسیم وزن به نسبت عکس فواصل.

بند ۲۷: تعادل دو وزنه آویزان از دو طرف قرقره؛ شرط تعادل: نسبت وزنه‌ها با نسبت عکس فواصل برابر است.

مقاله دوم: ماشین‌های ساده و مرکب

ساختار مقاله دوم دارای شش قسمت می‌باشد: (۱) معرفی پنج ماشین ساده، (۲) مقدمه نظری تعادل گشتاور، (۳) تحلیل ماشین‌ها، (۴) بلند کردن بار ۱۰۰۰ قنطاری^۱ با ترکیب ماشین‌ها، (۵) صحت استدلال هندسی و مسائل مکانیکی، (۸) مراکز ثقل اشکال و توزیع وزنه‌ها.

دسته اول: معرفی پنج ماشین ساده (بندهای ۱ تا ۵)

بند ۱: معرفی چرخ و محور؛ محور چوبی با دو انتها مدور و وسط مربع، چرخ بر محور سوار می‌شود.
بند ۲: معرفی اهرم.

بند ۳: معرفی قرقره؛ قرقره ثابت و متحرک؛ هر چه تعداد قرقره بیشتر، نیروی کمتری لازم است.

بند ۴: معرفی گوه؛ در هنگام ضربه اثر می‌کند؛ هر چه زاویه رأس تیزتر، کار آسان‌تر.

بند ۵: معرفی پیچ: استوانه رزوه‌دار؛ با چرخاندن دسته، مهره بالا و پایین می‌رود.

دسته دوم: تعادل گشتاور (بند ۶)

۱. قنطار از سلسه اوزان قدیم عرب و معادل صد رطل است. رطل نیز در هر نقطه جرم معینی داشته ولی معمول آن نیم من یا ۱۲ اوقیه و یا ۸۴ مثقال است.

در دو دایره هم‌مرکز اگر دو وزنه مساوی از دو نقطه با فاصله برابر از مرکز آویزان باشند، سیستم متعادل است. شرط تعادل: نسبت وزنه‌ها با نسبت عکس شعاع‌ها برابر است. ارشمیدس این را در مساوات المیل اثبات کرده است. این بند مقدمه‌ای نظری برای تحلیل همه ماشین‌هاست (رحیمی، ۱۳۹۲، ص ۲۵۹).

دسته سوم: تحلیل ماشین‌ها (بندهای ۷ تا ۱۳ و بند ۱۸)

بند ۷: توصیف مزیت مکانیکی^۱ چرخ و محور: نسبت شعاع چرخ به شعاع محور، مزیت مکانیکی را تعیین می‌کند.

بند ۸: توصیف اهرم و حالات مختلف حرکت دادن یک جسم توسط یک اهرم.

بند ۹: توصیف قرقره مرکب یا کثیرالرفع.

بند ۱۰ و ۱۱: توصیف گوه و تحلیل اثر کوبش گوه.

بند ۱۲: توصیف پیچ؛ طراحی و ترسیم ماریچ پیچ‌ها و فرآیند ساخت پیچ.

بند ۱۳: بیان تشابه و تفاوت گوه و پیچ.

بند ۱۸: تحلیل گوه: گوه با ضربه اثر می‌کند هر چه زاویه رأس آن تیزتر باشد اثر آن بیشتر است.

دسته چهارم: بلند کردن بار ۱۰۰۰ قنطاری با ترکیب ماشین‌ها (بندهای ۱۴ تا ۱۷)

بند ۱۴: در مورد بلند کردن یک وزنه ۱۰۰۰ قنطاری با نیروی ۵ قنطاری توسط مجموعه‌ای از چند محور و چرخ می‌باشد.

بند ۱۵: در مورد بلند کردن یک وزنه ۱۰۰۰ قنطاری با نیروی ۵ قنطاری توسط دستگاه کثیرالاجذب^۲

بند ۱۶: بلند کردن یک وزنه ۱۰۰۰ قنطاری با نیروی ۵ قنطاری توسط یک اهرم مرکب.

بند ۱۷: در مورد بلند کردن یک وزنه ۱۰۰۰ قنطاری با نیروی ۵ قنطاری توسط دستگاه مرکب از یک

اهرم، یک قرقره مرکب، یک مجموعه چرخ و محور و یک پیچ می‌باشد.

دسته پنجم: صحت استدلال هندسی و مسائل مکانیکی ارسطو (بندهای ۱۹ و ۲۰)

بند ۱۹: آنچه با استدلال هندسی ثابت می‌شود کاملاً صحیح است.

بند ۲۰: مجموعه‌ای از مسائل که بسیاری به مسائل مکانیکی ارسطو بازمی‌گردد.

دسته ششم: مراکز ثقل اشکال و توزیع وزنه‌ها (بندهای ۲۱ تا ۲۶)

بند ۲۱: به دست آوردن مرکز ثقل یک مثلث.

بند ۲۲: به دست آوردن مرکز ثقل یک چهار ضلعی.

بند ۲۳: به دست آوردن مرکز ثقل یک پنج ضلعی.

بند ۲۴: در مورد پیدا کردن سهم هر یک از پایه‌ها از وزن مثلثی که بر روی آنها قرار دارد، می‌باشد. و

همچنین توزیع وزن در حالتی که یک وزنه در نقطه‌ای دلخواه از مثلث قرار دارد.

بند ۲۵: مرکز ثقل سه وزنه‌ای که از سه رأس یک مثلث آویزانند.

بند ۲۶: مرکز ثقل وزنه‌های آویزان از یک پنج ضلعی.

مقایسه بندهای رساله اسفزاری با رساله مکانیک هرون و رساله فارسی

معیار العقول

در این بخش مطابقت بین بندهای رساله اسفزاری در تصحیح متن فارسی و رساله مکانیک (جزائقال) هرون در دو تصحیح کاردو وو، نیکس و اشمیت و رساله فارسی جزائقال معیارالعقول منسوب به ابن سینا ارائه می‌دهد. معیار انطباق در این مقایسه، تناظر محتوایی-ساختاری بود. بدین معنا که اگر موضوع اصلی یک بند در رساله اسفزاری با بندی در منابع دیگر (از نظر مفهوم کلیدی و جایگاه آن در ترتیب منطقی مباحث) همسان بود، به عنوان بند مطابقت ثبت می‌شد، هرچند عبارت‌ها لفظاً یکسان نباشند. نتیجه این مقایسه در قالب جدول مطابقت (جدول ۱) ارائه شده است.

الف) انطباق کامل ساختاری: ترتیب بندها در رساله اسفزاری (چه نسخه عربی و چه نسخه فارسی) تقریباً به طور کامل با ترتیب بندها در تصحیح کاردو وو و نیکس و اشمیت هماهنگ است. این نشان می‌دهد که اسفزاری در تحریر خود به ساختار اصلی هرون وفادار مانده است.

ب) تفاوت در شماره‌گذاری بندها: در برخی موارد، یک بند از رسالهٔ اسفزاری معادل دو یا چند بند در تصحیح کاردو وو است (مثلاً بندهای ۲-۵ مقاله اول در اسفزاری معادل بندهای ۲، ۳، ۴ و ۷ در کاردو وو). این تفاوت ناشی از شیوهٔ متفاوت تقسیم‌بندی مطالب توسط اسفزاری است.

ج) ارتباط با معیارالعقول: رسالهٔ معیارالعقول عمدتاً فقط به مقالهٔ دوم (ماشین‌های ساده و مرکب) پرداخته و مطابقت آن با بندهای ۱ تا ۱۷ مقالهٔ دوم اسفزاری آشکار است. با این حال، معیارالعقول فاقد مباحث مقالهٔ اول، دستگاه بارولکوز، و مسائل بند ۲۰ (برگرفته از مسائل مکانیکی ارسطو) می‌باشد.

جدول ۱: مطابقت بندهای رسالهٔ اسفزاری را با دو تصحیح از ترجمهٔ عربی هرون (کاردو وو، ۱۸۹۴؛ نیکس و

اشمیت، ۱۹۰۰) و با رسالهٔ فارسی معیارالعقول (منسوب به ابن سینا)

معیار العقول	رساله مکانیک (جزائقال) هرون		رساله معانی کتاب ایرن... اسفزاری
	نیکس و اشمیت	کاردو وو	
مقاله یک			
	بند ۱، ۳-۷	بند ۱، ۳۹-۴۲	بند ۱
	بندهای ۲ و ۳، ۷-۱۱	بندهای ۲ و ۳، ۴۲-۴۴	بند ۲
	بند ۴، ۱۱-۱۳	بند ۴، ۴۴-۴۶	بند ۳
	بند ۵، ۱۴-۱۵	بند ۴، ۴۴-۴۶	بند ۴
	بند ۶، ۱۵	بند ۷، ۴۷-۴۹	بند ۵
	بند ۷، ۱۷	بند ۷، ۴۷-۴۹	بند ۶
	بند ۷، ۱۷-۱۹	بند ۷، ۴۷-۴۹	بند ۷
	بند ۸، ۱۷-۱۹	بند ۸، ۴۹-۵۱	بند ۸
	بند ۹، ۱۹-۲۱	بندهای ۹ و ۱۰، ۵۱-۵۲	بند ۹
	بند ۱۰، ۲۱	بند ۱۱، ۵۲-۵۴	بند ۱۰
	بند ۱۱، ۲۵-۲۷	بند ۱۱، ۵۲-۵۳	بند ۱۱
	بند ۱۲، ۲۷	بند ۱۲، ۵۳-۵۴	بند ۱۲
	بند ۱۳، ۲۹	بند ۱۳، ۵۴-۵۵	بند ۱۳
	بند ۱۴، ۲۹-۳۱	بند ۱۴، ۵۵-۵۶	بند ۱۴

	بند ۱۵، ۳۱-۳۵	بند ۱۵، ۵۶-۵۸	بند ۱۵
	بند ۱۶، ۳۵-۳۷	بندهای ۱۶ و ۱۷، ۵۸-۶۰	بند ۱۶
	بندهای ۱۷ و ۱۸، ۳۷-۴۵	بندهای ۱۸ و ۱۹، ۶۰-۶۵	بند ۱۷
	بند ۱۹، ۴۵-۵۱	بند ۱۹، ۶۵-۶۷	بند ۱۸
	بند ۱۹، ۵۱-۵۵	بند ۱۹، ۶۵-۶۷	بند ۱۹
	بندهای ۲۰ تا ۲۳، ۵۵-۶۳	بندهای ۲۰ تا ۲۳، ۶۷-۷۲	بند ۲۰
	بندهای ۲۴ و ۲۵، ۶۳-۷۱	بند ۲۴، ۷۲-۷۷	بند ۲۱
	بند ۲۶، ۷۳-۷۵	بندهای ۲۵ و ۲۶، ۷۷-۷۹	بند ۲۲
	بندهای ۲۷ و ۲۸، ۷۵-۷۹	بندهای ۲۷ و ۲۸، ۷۹-۸۳	بند ۲۳
	بند ۳۰، ۸۱-۸۳	بند ۳۰، ۸۴-۸۶	بند ۲۴
	بند ۳۱، ۸۵		بند ۲۵
	بندهای ۳۲-۳۳، ۸۵-۹۱	بند ۳۱، ۸۶-۸۷	بند ۲۶
	بند ۳۴، ۹۱-۹۳	بند ۳۴، ۹۰-۹۲	بند ۲۷
مقاله دوم			
باب اول، باب دوم فصل اول	بند ۱، ۹۵-۹۷	بند ۱، ۹۵-۹۷	بند ۱
باب دوم فصل سوم	بند ۲، ۹۷-۹۹	بند ۲، ۹۷-۹۸	بند ۲
باب دوم فصل دوم	بند ۳، ۹۹-۱۰۳	بند ۳، ۹۸-۱۰۰	بند ۳
باب دوم فصل پنجم	بند ۴، ۱۰۳	بند ۴، ۱۰۰-۱۰۱	بند ۴
باب دوم فصل چهارم	بند ۵، ۱۰۵-۱۰۹	بند ۵، ۱۰۱-۱۰۴	بند ۵
	بند ۶، ۱۰۹-۱۱۱	بند ۷، ۱۰۶-۱۰۸	بند ۶
معیار العقول	رساله مکانیک (جزا انتقال) هرون		رساله معانی کتاب ایرن... اسفزاری
	نیکس و اشمیت	کاردو وو	
	بند ۷، ۱۱۱-۱۱۳	بند ۱۰، ۱۱۱-۱۱۲	بند ۷
	بندهای ۸ و ۹، ۱۱۳-۱۱۹	بندهای ۸ و ۹، ۱۰۹-۱۱۱	بند ۸

	بندهای ۱۱ تا ۱۳، ۱۱۱-	بندهای ۱۱ تا ۱۳، ۱۲۱-۱۳۱	بند ۹
	۱۱۸		
	بند ۱۴، ۱۱۸	بند ۱۴، ۱۳۱	بند ۱۰
	بند ۱۵، ۱۱۸-۱۲۱	بند ۱۴، ۱۳۱-۱۳۵	بند ۱۱
	بند ۱۶، ۱۲۱-۱۲۳	بند ۱۶، ۱۳۵-۱۳۹	بند ۱۲
	بند ۱۷، ۱۲۳	بندهای ۱۷ تا ۱۹، ۱۳۹-۱۴۵	بند ۱۳
	بند ۲۱، ۱۲۸-۱۳۱	بند ۲۰، ۱۴۵-۱۴۹	بند ۱۴
	بند ۲۳، ۱۳۲-۱۳۴	بندهای ۲۱ تا ۲۴، ۱۴۹-۱۵۹	بند ۱۵
	بند ۲۵، ۱۳۵-۱۳۶	بند ۲۵، ۱۵۹-۱۶۱	بند ۱۶
	بند ۲۹، ۱۳۷-۱۴۰	بند ۲۹، ۱۶۳-۱۶۷	بند ۱۷
	بند ۳۰، ۱۴۰-۱۴۱	بند ۳۰، ۱۶۷-۱۶۹	بند ۱۸
	بند ۳۳، ۱۴۲-۱۴۴	بند ۳۳، ۱۷۱-۱۷۵	بند ۱۹
	بند ۳۴، ۱۴۴	بند ۳۴	بند ۲۰
	بند ۳-۳۴، ۱۴۵	بند ۳-۳۴، ۱۷۷-۱۷۵	بند ۲۰-الف
	بند ۱-۳۴، ۱۴۴	بند ۳۴-a، ۱۷۵	بند ۲۰-ب
	بند ۲-۳۴، ۱۴۴	بند ۳۴-b، ۱۷۵	بند ۲۰-ج
	بند ۴-۳۴، ۱۴۶	بند ۳۴-d، ۱۷۷	بند ۲۰-د
	بند ۵-۳۴، ۱۴۶	بند ۳۴-h، ۱۷۷-۱۷۹	بند ۲۰-ه
	بند ۶-۳۴، ۱۴۶	بند ۳۴-w، ۱۷۹	بند ۲۰-و
	بند ۷-۳۴، ۱۴۶-۱۴۷	بند ۳۴-z، ۱۷۹	بند ۲۰-ز
	بند ۸-۳۴، ۱۴۷	بند ۳۴-t، ۱۸۱	بند ۲۰-ح
	بند ۹-۳۴، ۱۴۷	بند ۳۴-y، ۱۸۱-۱۸۳	بند ۲۰-ط
	به علت مفقود شدن يك برگه از نسخه دانشگاه تهران بقیه مسائل نیامده است.		
	بند ۳۵، ۱۵۲-۱۵۴	بند ۳۵، ۱۸۹-۱۹۱	بند ۲۱

بند ۲۲	بند ۳۶، ۱۵۴-۱۵۵	بند ۳۶، ۱۹۱-۱۹۳
بند ۲۳	بند ۳۷، ۱۵۵	بند ۳۷، ۱۹۳
بند ۲۴	بندهای ۳۸ و ۳۹، ۱۵۵- ۱۵۷	بند ۳۸، ۱۹۳-۱۹۵
بند ۲۵	بند ۴۰، ۱۵۷-۱۵۸	بند ۳۹، ۱۹۵-۱۹۷
بند ۲۶	بند ۴۱، ۱۵۸-۱۵۹	بند ۴۱، ۱۹۷-۱۹۹

دستگاه بارولکوز

دستگاه بارولکوز یکی از جالب‌ترین و در عین حال بحث‌برانگیزترین بخش‌های رساله مکانیک هرون است. این دستگاه که در ابتدای مقاله اول توصیف شده، قادر است وزنه‌ای به سنگینی ۱۰۰۰ من^۱ را با نیرویی تنها ۵ من بلند کند. در این بخش، ابتدا توصیف دستگاه از زبان اسفزاری ارائه می‌شود، سپس تحلیل ریاضی آن، و در ادامه آرای مختلف درباره تعلق این بخش به رساله مکانیک بررسی و در پایان موضع پژوهش حاضر بیان می‌گردد.

توصیف دستگاه بارولکوز در رساله اسفزاری

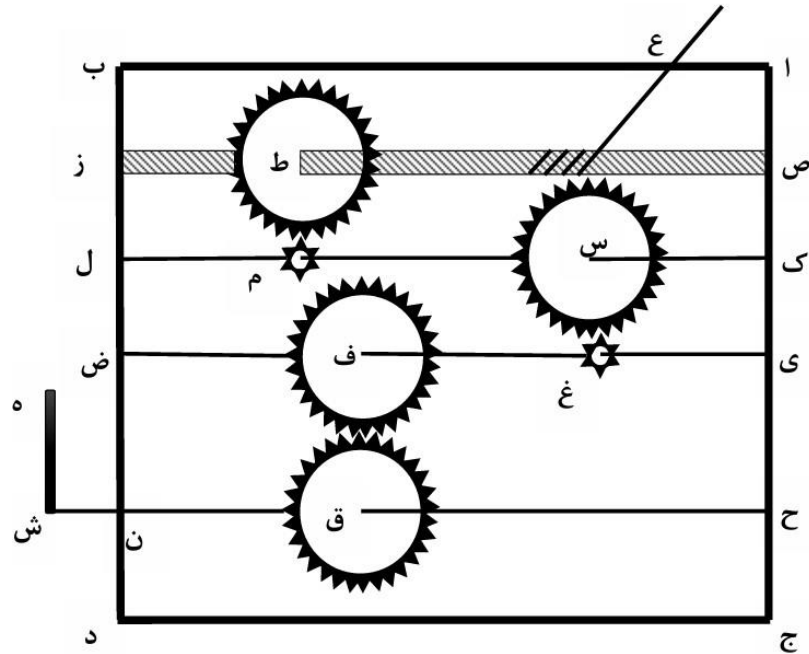
متن اصلی این بخش در رساله اسفزاری (مقاله اول، بند یک) به قرار زیر است (نگارش اصلی فارسی حفظ شده):

بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله حق حمده و الصلوة و سلام على خيره خلقه محمد مصطفى و آله
[۱] حکایت قول ایرن مخانقی دیاقلیسی در برداشتن چیزهای گران به قوت‌های اندک و این جمله بر سه مقاله است.

مقاله اول چنین گوید: که فرض کنیم که قوت محرکه پنج است و قوه آنکه خواهند که بردارند هزار است. صندوق **ا ب ج د** سازیم و برجهت دیوار **ا ب** سوراخ **ع** سازیم که قوس^۲ به وی در رود و آن قوس را بر محور **ص ز** سخت گردانید و در سر بیرونی وی وزنه هزار منی در بندند [شکل ۴].

۱. من معادل حدود ۳ کیلوگرم می‌باشد.

۲. قوس جمع قلس به معنی طناب محکم کشتی



شکل ۴. شکل دستگاه بارولکوز با توجه به توصیفات نسخه دانشگاه تهران

پس می خواهیم که به قوه پنج من آن هزار من را بکشیم، به آن که قوس بر محور **ص** ز پیچیده شود. قطر محور **ص** ز بیماییم و بکره ^۱ **ط** را قطر پنج مثل قطر **ص** ز سازیم. پس دندانه های وی به قوه دویست من بگردد یعنی به خمس هزار، و دویست من در دندانه های بکره **م** بود و سخت کرده آید بر محور **ک** ل. و بکره **س** بر وی سازیم که قطر **س** پنج مثل قطر بکره **م** بود. پس قوه چهل من آن که خمس دویست من است دندانه های بکره **س** بگرداند، و این قوه چهل من در دندانه های **غ** باد که سخت کرده شده است در محور **ی** **ض**. پس بکره **ف** سازیم که قطرش پنج برابر قطر **غ** بود، پس قوه هشت من دندانه های بکره **ق** را بگرداند و این قوه هشت من در دندانه های بکره **ق** باذ^۲ که سخت کرده شده است در

۱. بکره: چرخ

۲. باد

محور C ن، پس محور C ن به جانب $ه$ ش رسانیم و $ه$ ش بر زاویه قائمه سازیم بر محور C ن، و درازای $ه$ ش ضعف نصف قطر بکره $ق$ سازیم.

پس به قوه پنج من چون $ه$ ش بگردانند بر محور C ن، دندان‌های بکره $ق$ بگردانند ده من، از آنکه قوه او ضعف قوه بر $ق$ و از آنکه قوه محتاج بدان آنجاییکه هشت من است، سهل بر دندان‌های بکره $ق$ گردانند دندان‌های $ف$. و چون دندان‌های $ف$ گردان شوند دندان‌های $غ$ گردان شود به پنجاه من. و پیش از این فرض کرده ایم آنجاکه چهل من، پس سهل باشد بر وی گرداندن دندان‌های $س$ و دندان‌های $س$ به حرکت درآورد ثقلی که بر دندان‌های $م$ است و قدر آن دویست و پنجاه من است و پیش از این فرض کرده ایم که آنجاییکه قوه دویست من است. پس سهل باشد دندان‌های $م$ را جنبانیدن $ط$ را، و دندان‌های $ط$ بگردانند محور $ص$ ز چون ثقل از وی درآویخته باشد به قدر قوه هزار و دویست و پنجاه من؛ سهل باشد حرکت کردن محور $ص$ ز و قلوبس بر وی می پیچد و هزار من در وی در آویخته به خود بر می کشد بر این صورت که نموده آمد.

شرح متن بخش دستگاه بارولکوز

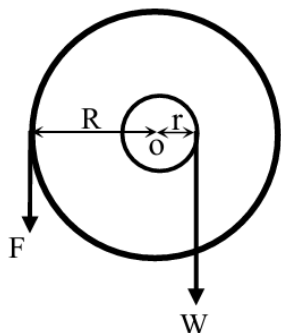
به نام خداوند رحمتگر مهربان که ستایش مخصوص اوست و سلام بر بهترین خلقش محمد مصطفی (ص) و آل او.

بند اول مقاله اول به توصیف و چگونگی عملکرد دستگاه بالابر بارولکوز می‌پردازد، ابتدا به شرح این بند به زبان امروزی و سپس به بررسی جایگاه این دستگاه در رسالات مختلف و تفاوت در میان آنها می‌پردازیم:

بند [۱] صندوق $ا ب ج د$ را به گونه‌ای می‌سازیم که در دیواره $ا ب$ سوراخ $ع$ قرار داشته که طناب از درون آن رد شده و وزنه ۱۰۰۰ منی به آن متصل است. طناب به محور $ص$ ز متصل می‌باشد. حال می‌خواهیم با نیروی ۵ من وزنه ۱۰۰۰ منی را بلند کنیم به گونه‌ای که طناب به دور محور $ص$ ز پیچیده شود.

ابتدا به تحلیل يك محور و چرخ پرداخته و سپس این محاسبات به مجموعه تعمیم داده می‌شود.

برآیند گشتاور حول نقطه O برابر صفر می‌باشد:



$$\sum M_O = 0 \Rightarrow F \cdot R - W \cdot r = 0$$

(رابطه ۱)

$$F = W \cdot \frac{r}{R} \Rightarrow F = W \cdot \frac{d}{D}$$

که در آن F نیروی وارد به چرخ، W وزن متصل به محور، D قطر چرخ و d قطر محور می‌باشد.
بر محور **ص** ز چرخ دنده **ط** سوار است که قطر آن ۵ برابر قطر محور **ص** ز می‌باشد. پس مطابق رابطه ۱، نیروی لازم برای گرداندن آن یک پنجم ۱۰۰۰ من یعنی ۲۰۰ من می‌باشد.

$$F_{\text{ط}} = W \cdot \frac{d_{\text{ص}}}{D_{\text{ط}}} \Rightarrow F_{\text{ط}} = 1000 \times \frac{1}{5} = 200 \text{ من}$$

در نتیجه نیروی لازم برای گرداندن چرخ دنده **م** که با چرخ دنده **ط** درگیر است نیز ۲۰۰ من می‌باشد.

$$F_{\text{م}} = F_{\text{ط}} = 200 \text{ من}$$

چرخ دنده **م** بر محور **ک** ل سوار است همچنین بر این محور چرخ دنده **س** نیز نصب است که قطر آن ۵ برابر چرخ دنده **م** می‌باشد. پس نیروی لازم برای گرداندن آن یک پنجم ۲۰۰ یعنی ۴۰ من می‌باشد.

$$F_{\text{س}} = F_{\text{م}} \cdot \frac{d_{\text{م}}}{D_{\text{س}}} \Rightarrow F_{\text{س}} = 200 \times \frac{1}{5} = 40 \text{ من}$$

در نتیجه نیروی لازم برای گرداندن چرخ دنده **غ** که با چرخ دنده **س** درگیر است نیز ۴۰ من می‌باشد.

$$F_{\text{غ}} = F_{\text{س}} = 40 \text{ من}$$

چرخ دنده **غ** بر محور **ی** ض سوار است همچنین بر این محور چرخ دنده **ف** نیز نصب است که قطر آن ۵ برابر چرخ دنده **غ** می‌باشد. پس نیروی لازم برای گرداندن چرخ دنده **ف** یک پنجم ۴۰ یعنی ۸ من می‌باشد.

$$F_{\text{ف}} = F_{\text{غ}} \cdot \frac{d_{\text{غ}}}{D_{\text{ف}}} \Rightarrow F_{\text{ف}} = 40 \times \frac{1}{5} = 8 \text{ من}$$

در نتیجه نیروی لازم برای گرداندن چرخ دنده **ق** که با چرخ دنده **ف** درگیر است نیز ۸ من می‌باشد.

$$F_{\text{ق}} = F_{\text{ف}} = 8 \text{ من}$$

چرخ دنده **ق** بر محور **ح ن** سوار است که امتداد آن از صندوق بیرون آمده و دسته **ه ش** به آن متصل است طول دسته **ه ش** هم اندازه قطر **ق** می‌باشد. در نتیجه نیروی لازم برای گرداندن آن نصف ۸ یعنی ۴ من است.

$$F_{\text{ش ه}} = F_{\text{ق}} \cdot \frac{d_{\text{ق}}}{D_{\text{ش ه}}} \Rightarrow F_{\text{ش ه}} = 8 \times \frac{1}{2} = 4 \text{ من}$$

حال اگر با نیروی ۵ من دسته **ه ش** را بگردانیم نیروی دو برابر ۵ من یعنی ۱۰ من در دندانه های **ق** ایجاد می‌شود که این نیرو بیشتر از ۸ من که نیروی لازم برای گرداندن **ق** است، می‌باشد. نیروی ۱۰ من به چرخ دنده **ف** منتقل شده و با گردش چرخ دنده **ف** با نیروی ۱۰ من نیروی ۵۰ منی در چرخ دنده **غ** ایجاد می‌شود. این نیرو بیشتر از نیروی لازم برای گرداندن چرخ دنده **غ** که ۴۰ من است، می‌باشد. با گردش چرخ دنده **غ** ، چرخ دنده **س** نیز با نیروی ۵۰ من گردان می‌شود. در این وضعیت نیروی ۲۵۰ منی در چرخ دنده **م** ایجاد می‌شود که پیش از این گفته شد که نیروی لازم برای گرداندن این چرخ دنده دویست من می‌باشد. نیروی ۲۵۰ منی به چرخ دنده **ط** منتقل می‌شود و با گردش این چرخ دنده با نیروی ۲۵۰ من ، نیروی ۱۲۵۰ منی در محور **ص ز** ایجاد می‌شود که به راحتی می‌تواند وزن ۱۰۰۰ منی را بلند کند.

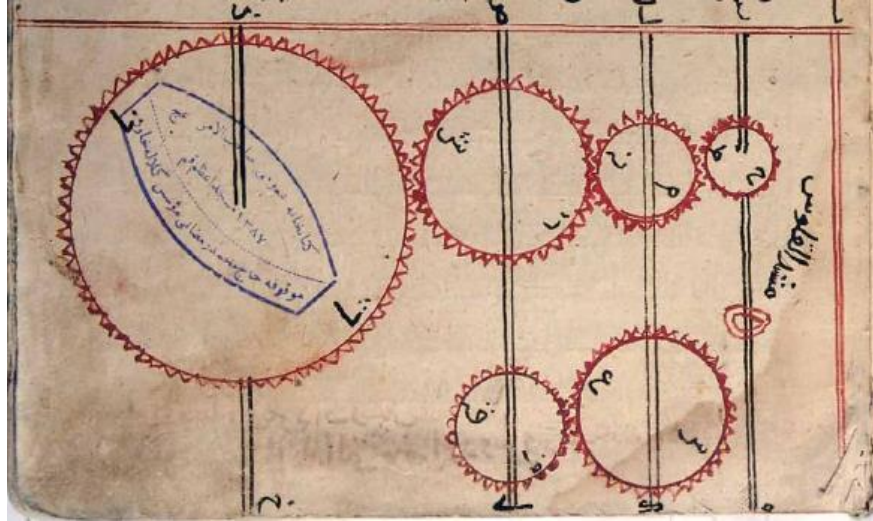
این محاسبه نشان می‌دهد که اسفزاری مرحله به مرحله پیش رفته و در هر مرحله با دقت نسبت‌ها را رعایت کرده است.

مقایسه تطبیقی نسخ مختلف در توصیف بارولکوز

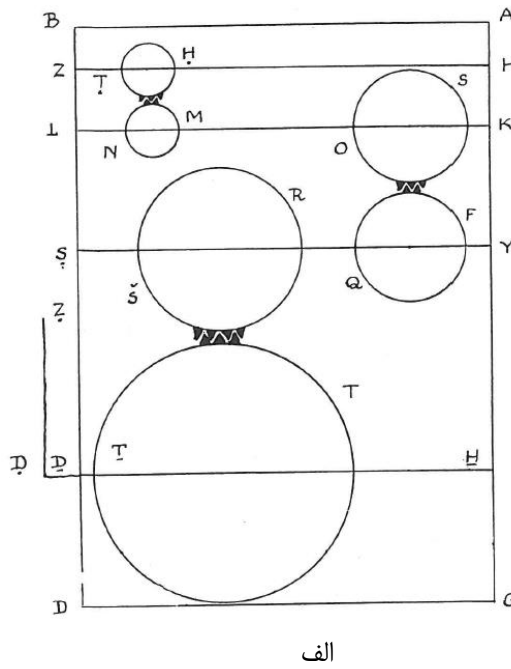
در این قسمت به مقایسه نسخ مربوط به ترجمه عربی کتاب هرون که توسط قسطا بن لوقا انجام شده است- در اینجا نسخ کتابخانه لیدن و کتابخانه مسجد اعظم مورد بررسی قرار گرفته است- و نسخ منسوب به اسفزاری در تشریح دستگاه بارولکوز پرداخته شده است.

در شکل نسخ مربوط به ترجمه عربی کتاب هرون، اشکال ۵ و ۶، قطر چرخ دنده اول دو برابر چرخ دنده بعدی در نظر گرفته شده است. اما روشن است در اولین انتقال نیرو اشتباهی رخ داده است، زیرا مطابق محاسبات انجام شده -قسمت شرح رساله- قطر چرخ دنده اول نمی بایست دو برابر قطر چرخ دنده بعدی خود باشد.

از دیگر موضوعی که با بررسی نسخ مربوط به ترجمه عربی جلوه توجه می کند این است که بر روی دیواره صندوق سوراخی برای گذراندن طناب دیده نمی شود. همچنین در این نسخ در مورد دسته گرداننده محور اول مطلبی آورده نشده است. این مورد در نسخه مسجد اعظم قم قابل اثبات است. اما در نسخه کتابخانه لیدن این وسیله مفقود شده در حاشیه متن اصلی (شکل ۶ ب) آورده شده است. اما نکته ای که وجود دارد این است که این توسط خود کاتب نسخه به قسمت اضافه شده است. چون به سختی می توان باور کرد که هرون نویسنده این جمله باشد: "والله اعلم". همچنین قسمت اضافه شده به شکل نیز با قلم دیگری است. همچنین در این حاشیه قطر آن را نصف قطر چرخ دنده آخر و یا بیشتر دانسته است.



شکل ۵. شکل بارولکوز در نسخه مسجد اعظم قم.



وارفع النفل وذلك ما اردنا ان نبين حاشية* ينبغي ان
يخرج محور داج ال تي ويقام عليه عمود من ط مساو لنصف
قطر فلنكته تات او اكثر والله اعلم

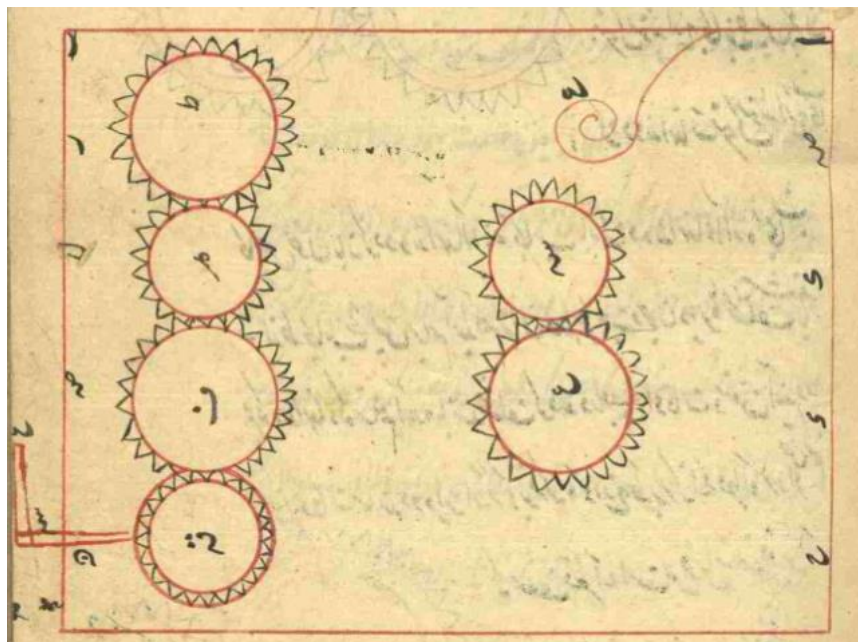
ب

الف

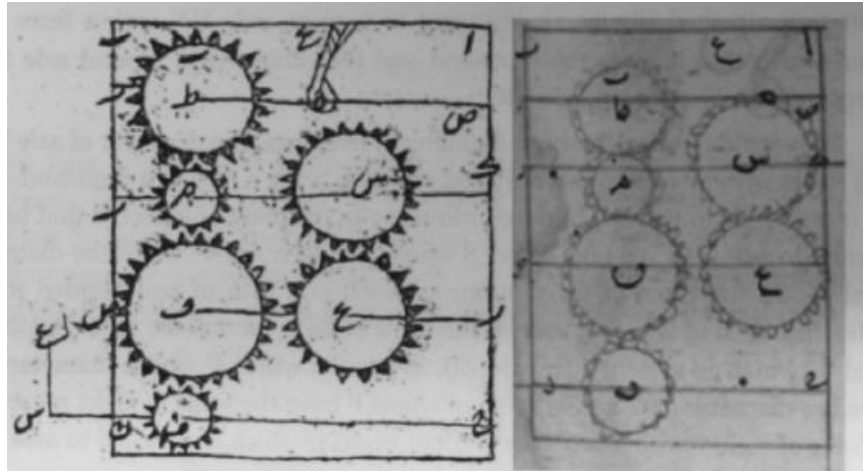
شکل ۶. بارولکوز مربوط به کتاب مکانیک نسخه لیدن و حاشیه مربوطه (کار دو وو و دراخمان، ۱۹۸۸، الف:

۲۱۷ ب: ۳).

اما در بررسی نسخ منسوب به اسفزاری، شکل های ۷ و ۸، قطر چرخ دنده اول برابر چرخ دنده درگیر با آن است. همچنین در آنها سوراخ روی دیواره برای گذراندن طناب مشاهده می شود. همچنین در این نسخ از دسته گرداننده هم در متن و هم در شکل یاد شده و قطر آن را ضعف نصف قطر (هم اندازه قطر) چرخ دنده آخر دانسته که با توجه به محاسبات صحیح می باشد. که این نشان دهنده دقت نظر اسفزاری در بررسی محاسبات و اصلاح اشکالات مربوط به نسخ عربی برجای مانده از رساله هرون می باشد.



شکل ۷. نسخه دانشگاه تهران.



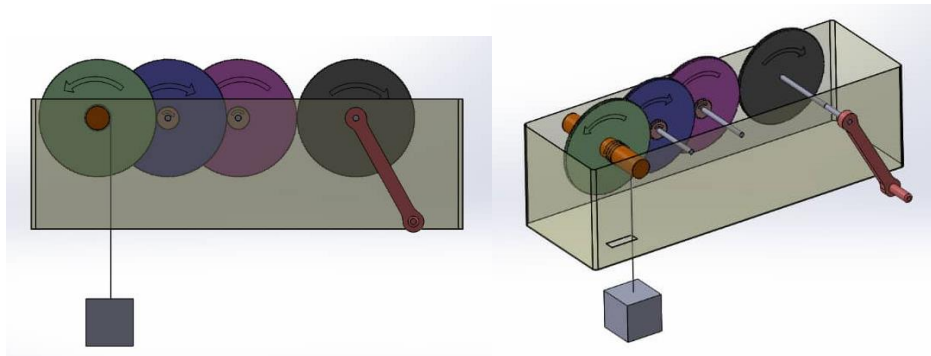
ب

الف

شکل ۸. الف: نسخه کتابخانه جان ریلندز منچستر، ب: نسخه کتابخانه عثمانیه حیدرآباد (ابطوی و الحسنی، ۲۰۱۵، ۲۳۲).

شبیه‌سازی دستگاه بارولکوز

در این پژوهش، بر اساس توصیف دستگاه بارولکوز در نسخ رساله منسوب به اسفزاری، اشکال سه‌بعدی و دوبعدی این دستگاه به کمک نرم‌افزار SolidWorks ترسیم شده است (شکل ۹). این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که طراحی اسفزاری از نظر مهندسی قابل اجرا بوده و نسبت‌های در نظر گرفته شده از انسجام ریاضی برخوردار است.



شکل ۹. طرح سه‌بعدی و دوبعدی دستگاه بارولکوز بر اساس توصیفات و اشکال نسخ اسفزاری.

جمع بندی و نتیجه گیری

۱- اسفزاری را باید یکی از پیشگامان بازنویسی و تحلیل متون مکانیکی در تمدن اسلامی به شمار آورد. او تقریباً تمام منابع اصلی علم مکانیک در دوران خود (اقلیدس و ثابت بن قُزّه در علم الانتقال و فیلون، هرون، بنوموسی، آپولونیوس و نیز آثار گمشده‌ای از مورسطوس در علم الحیل) را گردآوری، تلخیص یا تحریر کرده است. مجموعه آثار او نشان‌دهنده حلقه‌ای واسط میان سنت علمی یونانی و پژوهش‌های بعدی در جهان اسلام است.

۲- مقایسه بخش‌های عربی نسخه تهران با دو نسخه عربی حیدرآباد و منچستر نشان داد که این بخش‌ها از نظر لفظ و محتوا کاملاً با یکدیگر مطابقت دارند. بخش‌های فارسی نسخه نیز از نظر ساختار و ترتیب بندها با نسخ عربی هماهنگ است، هرچند به دلیل تک‌نسخه بودن، امکان مقابله لفظی برای بخش فارسی وجود نداشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نسخه تهران ترجمه یا تحریر فارسی همان اثری است که اسفزاری به عربی تدوین کرده است.

۳- در مقایسه با ترجمه عربی قسطا بن لوقا از رساله هرون سه نوع تغییر در تحریر اسفزاری قابل تشخیص است:

الف) تغییر در شیوه بیان: اسفزاری بسیاری از بندها را به زبان خود بازنویسی کرده، بدون آنکه در محتوای اصلی دخل و تصرفی انجام دهد.

ب) اضافه کردن توضیحات تحلیلی: در بندهای مربوط به مرکز ثقل (بند ۲۱-۲۳ مقاله دوم) و حرکت نسبی چرخ‌دنده‌ها (بند ۵-۲ مقاله اول)، اسفزاری برهان‌های جایگزین و توضیحات ریاضی بیشتری نسبت به متن اصلی ارائه داده است.

ج) تصحیح اشکالات نسخ عربی (به ویژه در دستگاه بارولکوز): در بند ۱ مقاله اول و بند ۱۴ مقاله دوم، اسفزاری اشکالات نسخ عربی (نبود دسته گرداننده، خطا در قطر چرخ‌دنده‌ها، نبود سوراخ عبور طناب و...) را اصلاح کرده است. این موضوع نشان‌دهنده نگاه انتقادی اسفزاری به میراث پیشینیان است.

۴- نسخه تهران هر دو مقاله اول و دوم رساله هرون را شامل می‌شود. افزون بر این، دستگاه بارولکوز که در ابتدای مقاله اول توصیف شده، در نسخه تهران به طور کامل با اصلاحات اسفزاری حضور دارد.

۵- در میان رسالات فارسی جزائقال، این نسخه منحصر به فرد است، زیرا:

الف) تنها نسخه فارسی شناخته شده تاکنون است که به مقاله اول (مبانی نظری) پرداخته است.

ب) تنها نسخه فارسی است که دستگاه بارولکوز را با جزئیات کامل توصیف کرده است. اسفزاری در تحریر خود، هم در نسخ عربی و هم در نسخه فارسی، دستگاه بارولکوز را به عنوان بخشی از رساله حفظ کرده و اشکالات آن را اصلاح نموده است.

ج) بر خلاف دیگر رسالات فارسی که عمدتاً کاربردی-فنی هستند، این رساله تحلیلی-نظری نیز هست و مباحثی چون مرکز ثقل، حرکت نسبی و پنتوگراف را در بر دارد.

می‌توان نشانه‌هایی از تحلیل مسائل به سبب شهرت نویسنده آن به پرداختن به ریاضیات را در رساله اسفزاری مشاهده نمود، که کمتر در رسالات فارسی دیده شده است. و احتمالاً در رساله با عرضه برهان-های جایگزین با تجدید ساختار و آسان شدن دشواری‌ها مواجه هستیم. از آنجا که رسالات فارسی شناخته شده الهام گرفته از مقاله دوم اثر هرون است، نحوه ارتباط رساله اسفزاری با رسالات فارسی، مشابه ارتباط رساله هرون با این گونه رسالات می‌باشد.

۶- بر اساس مطالعه درون متنی با رویکرد درونی علم^۱ مشخص نیست که ابزارهایی که اسفزاری معرفی می‌کند ساخته شده است یا خیر و یا اگر ساخته شده، استفاده هم می‌شده است؟ لذا پیشنهادی می‌گردد در ادامه یک مطالعه خارج از متنی با رویکرد برونی علم^۲ انجام شود تا کاربرد این ابزارها در تمدن اسلامی-ایرانی مشخص گردد.

1. Internalist approach to science

2. Externalist approach to science

منابع

- ابطوی، محمد (۲۰۱۶ م). رساله‌های ابوحاتم اسفزاری در علم مکانیک (حیل). حمیدرضا نفیسی (مترجم)، مجله میراث علمی ایران و اسلام. سال پنجم شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۵، ۶-۳۴.
- ابطوی، محمد، و الحسنی، سلیم (۱۴۳۵ ه.ق). متن المظفر الاسفزاری فی علمي الأثقال و الحیل. لندن: موسسه الفرقان للتراث الاسلامی مرکز دراسات المخطوطات الاسلامیه.
- ابوعلی سینا، معیار العقول (۱۳۳۱ ه.ش). معیارالعقول، با مقدمه، حواشی و تصحیح جلال الدین همایی. تهران: انجمن آثار ملی.
- دهخدا، علی اکبر (۱۳۷۳ ه.ش). لغت نامه (ذیل جزائقال)، ج ۵ ص ۶۶۷۶. تهران: نشر روزنه.
- رحیمی، غلامحسین (۱۳۹۲ ه.ش). ماشین های ساده و مرکب در کتاب معیار العقول (رساله‌ای در فن جزائقال). تهران: موزه علوم و فناوری جمهوری اسلامی ایران.
- عرشی، محمدرضا (۱۳۸۹ ه.ش). دو رساله نو یافته از ابوحاتم اسفزاری در حساب و گیاه‌شناسی. مجله تاریخ علم، شماره نهم، ۱-۳۶.
- کمپانیونی، آلبرت ناپلئون (۱۳۳۶ ه.ش). حکیم ابوحاتم مظفر اسفزاری. مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران. سال پنجم شماره یک و دو، ۱۶۶-۲۳۰.
- ناطق، محمد جواد، و کریمی، مصطفی (بهار و تابستان ۱۳۹۳ ه.ش). بررسی اصالت نسخه‌های فارسی جزئقیل، مجله تاریخ علم، دوره دوازدهم شماره یک، ۹۵-۱۱۳.
- ناطق، محمد جواد، و کریمی، مصطفی (۱۳۹۷ ه.ش). بررسی نسخه‌های ترجمه قسطا بن لوقا از رساله جزئقیل هرون اسکندرانی، پژوهشنامه تاریخ تمدن اسلامی، سال پنجاه و یکم شماره یک، ۱۴۰-۱۱۷.
- Abattouy, M. (2016). The Corpus of Mechanics of Al-Isfzārī: its Structure and Signification in the Context of Arabic Mechanics. *Micrologus* (Nature, Sciences and Medieval Societies) XXIV (The Impact of Arabic Sciences in Europe and Asia), pp. 121-169.
- Abattouy, M. and al-Hassani, S. (2015). *The Corpus of al-Isfzari in the Science of Weights and Mechanical Devices: New Arabic Text in Theoretical and Practical Mechanics, English Translation and Historical Commentaries*,

London: Al-Furqan Islamic Heritage Foundation Center for the Study of Islamic Manuscripts.

Papadopoulos, E. (2007). Heron of Alexandria (c.10–85 AD), *Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science*, 217-245.

Carra de Vaux, B. (1894). *Les Mécaniques ou L'élevateur de Héron de Alexandrie*, publiées pour la première fois sur la version arabe de Qos ta ibn Luqa, et traduites en français, Paris: Imprimerie Nationale. Reprinted 1988 with an introduction by D. R. Hill and commentary by A. G. Drachmann, Paris: Les Belles Lettres.