علم الحیل در تمدن اسلامی

مسعود طاهری مقدم[1]

چکیده:

پژوهش‌های دانشمندان مسلمان در چندین شاخه از علوم، از جمله نظریه‌های آنان در فیزیک و شاخه‌های آن چون مکانیک (علم حرکت اجسام)، استاتیک (علم تعادل اجسام)، اپتیک (نورشناسی)، هیدرولیک (مکانیک سیالات)، زمان سنجی، و چندین شاخه دیگر موضوع دانشی است که در علوم اسلامی به "حیل" یا علم الحیل که همان علم تدابیر و حیله‌های ریاضی و طبیعی مشهور شده بود.

نقش دانشمندان مسلمان در تکامل علم فیزیک و مکانیک و ترجمه‌ی آثار و کتب و رساله-های آنان به دست دانشمندان غربی، زمینه ساز پیشرفت این علم در اروپا و غرب گردید. برای آگاهی از نقش دانشمندان و مهندسان اسلامی در طراحی و ساخت این دستاوردها نیاز به بررسی دیدگاه‌ها و بررسی مهم‌ترین آثار به جای مانده در حوزه مکانیک و فیزیک می‌باشیم، آثار دانشمندانی چون؛ بنوموسی، بدیع الزمان جزری، خازنی، ابن هیثم، محمدبن احمد بیرونی، کندی، و جیّانی می‌تواند گویای این دانش و مهارت آنان باشد.

کلید واژه: علم الحیل، فیزیک، مکانیک، دانشمندان اسلامی.

[1] عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد ایران mtaherim49@gmail.com

مقدمه

دانش فیزیک و مکانیک نزد مسلمانان علم الحیل (Science of Medical appliances) خوانده می‌شد. علم حیل یا اختصارا "حیل" جمع مکسر و مفرد عربی این کلمه "حیله" (Device) به معنای "شگرد"، یا قدرت و توانایی بر هرگونه تدبیر و تصرف است. [۱] دانش یا شناخت ابزارهای شگردساز در اصطلاح پیشینیان، یا مفهوم کنونی علم فیزیک و مکانیک تا حدود زیادی تطابق داشته است. واژه فیزیک از کلمه یونانی physis به معنای طبیعت گرفته شده است. علم فیزیک قوانین حاکم بر جهان هستی را بررسی می‌کند و دارای شاخه‌هایی هم-چون مکانیک، استاتیک، هیدرولیک، نور، شناخت (اپتیک) نجوم و اخترشناسی می‌باشد. هرچند برخی از اندیشه‌هایی که در مکتب حیل آمده است، در خاور دور و هند و ایران ریشه دارد، ولی به یقین دانشمندان و مهندسان اسلامی را می‌توان ادامه دهند، سنت خاورمیانه و سرزمین‌های مدیترانه دانست.

در آرای دانشمندان مسلمان که در حوزه حیل قلم زده اند دو مفهوم را میتوان تشخیص داد. نخست«علم الحیل»و دوم«صنانۀ التحلیل». هر چند در آمار حکمای قدیم بین این دو مفهموم تفکیک دقیق صورت نگرفته و مورد پذیرش عمومی واقع نشده است، ولی در مجموع میتوان علم الحیل را بیشتر ناظر به دانش تدابیر فنی و صنعتی دانست و صناعۀ الحیل را معطوف به صنعت و تفکیک فرض کرد. [۲] سابقه فعالیت در این حوزه علم به عصر باستان بر می‌گردد.

مصریان و رومیان پیشرفت‌های چشم گیری در مکانیک کرده بودند، اما سهم یونانیان و دانشمندان آنها در علم فیزیک و مکانیک هم‌چون ارسطو، تالس، ارشمیدس، ذیمقراطیس بسیار بیشتر بود. چنان که پایه‌گذار دانش مکانیک آرخوتاس یونانی است که یک آدمک خودکار ساخته بود. [۳]

در روایت مسعودی گویای این است که ایرانیان در عهد ساسانی آسنایی بر این علوم داشته اند چنانکه ابولولو ایرانی آگاهی بر ساخت آسیاب بادی داشته است. [۴] برخی از قدیمیترین فعالیت‌های علم الحیل در عربستان به موارد ذیل بر می‌گردد.

ماشین‌های آبی از جمله دستگاه‌های مکانیکی و مربوط به علم حیل اند که برای بالا بردن آب از سطح نهر یا رودخانه به سطح بالاتر، برای آبیاری ساخته شده و این جابجایی را در ابتدا با ظروفی چوبی، گلی، سفالی، چرمی و حتی پارچ‌های انجام میداده اند. در مرحله‌ی بعد با چرخ و دستگاه‌ی که «چرخ ایرانی» یا «دولاب» گفته میشد انجام میگرفت. سه گونه‌ی چرخ آبی رایج بوده است. نخست آسیاب نورس که به زبان فارسی آسیاب تنوره یا آسیاب پره خوانده میشد. دیگری آسیاب ویترویان که در زبان uفارسی آسیاب چرخی نام گرفته است و سومی آسیاب شناور[۵] آسیاب نورس محوری عمودی و تعدادی پره‌ی قاشقی شکل دارد. با آن که برخی پدید آوردن آن را به یونانیان نسبت میدهند ولی نخستین باری که از ساختن آن یادی به میان آمده، بنا به گفته‌ی استرابو، در زمان مهرداد پادشاه اشکانی(۶۰م)است که برای کاخ او در آسیای صغیر ساخته اند. این چرخ در سده‌های سوم یا چهارم میلادی به چین رسید و گمان بر آن است که این انتقال را ایرانیان یا یونانیان در باکتریا انجام داده اند .[۶]

در دوره‌ی خلفای عباسی در بغداد بسیاری از آثار یونان با نظم و ترتیب به عربی ترجمه شده که از آن جمله کتاب حیل الاثقال اثر هرون اسکندرانی (۶۰ میلادی) و کتاب مکانیک اثر بوزنطی (سده دوم پیش از میلاد) و رساله‌ای درباره‌ی ساعت‌های آبی منسوب به ارشمیدس می-باشد. رساله اخیر اهمیت خاصی دارد و جزری، سرشناس‌ترین مکانیک دان مسلمان، آن را یکی از منابع خود دانسته است.

دانشمندان علم حیل علاوه بر مباحث تئوری در فیزیک و مکانیک به کارهای عملی پرداختند و ساخت وسایلی هم‌چون ابزارهای انتقال آب، پرتاب اشیاء، وزن کردن اجسام، تعیین آلیاژهای یک جسم، ابزارهای نور سنجی، وسایل اندازه‌گیری و زمان سنجی و دما سنجی از جمله دستاوردهای عملی آنان به شمار می‌رفته است.

مطالعه‌ی فیزیک در اسلام با پیروی از اسلوب ارسطویی صورت می‌گرفت. بحث و تحقیق در فیزیک بر پایه‌ی استدلال منطقی قرار داشت و وابسته به مشاهده‌ی مستقیم نبود، هر چند گروهی هم به مشاهده و تجربه می‌پرداختند. بسیاری از اندیشه‌های جدید درباره‌ی زمان و مکان و ماهیت ماده و نور، از مباحث متکلمانی بود که عموماً با فلسفه‌ی مشایی مخالفت می‌کردند. آنان از جدی ترین نقادان فیزیک ارسطویی بودند.[۷]

در مفصل‌ترین طبقه‌بندی علوم از دید دانشمندان اسلامی، آرای ابونصر فارابی در احصاء العلوم، علم حیل در کنار علم اثقال یکی از شاخه‌های علم تعالیم به حساب آمده است. علم تعالیم شامل علم عدد و هندسه و نجوم و حیل است. [۸] اگر علم الحیل دانش مکانیک نظری باشد. دانش عملی آن همانا علم جَرَ اَثقال (Science of pallies) یا همان گرانکش به معنای برکشیدن اشیاء سنگینی به نیروی اندک ابزارها به شمار می‌رود. [۹] با این وجود در پژوهش حاضر بیشتر تلاش بر آن است تا به نقش و اهمیت دانش مکانیک و فیزیک در نزد دانشمندان مسلمان و اهمیت این علم پرداخته شود. هر چند که اختلاف بحث فیزیک دانش مکانیک در علم الحیل کار را دشوار ساخته است اما به جهت جلوگیری از طولانی شدن بحث بیشتر به پیشرفت‌های علم فیزیک از منظر آنان پرداخته خواهد شد.

دانشمندان اسلامی در علم حیل (فیزیک و مکانیک)

بررسی آثار و رساله‌ها و کتاب‌های فیزیک‌دانان مسلمان و نقش این دانشمندان در پیشرفت علم فیزیک و مکانیک در شاخه‌های مختلف مهم‌ترین شناخت دوره طلایی علوم اسلامی است. مهم‌ترین آثار به جای مانده در شاخه دانش مکانیک و فیزیک می‌بایست به یافته‌های دانشمندانی چو، بنوموسی بدیع‌الزمان جزری، خازنی، ابن‌هیثم، کندی، محمد بن احمد بیرونی و جیّانی اشاره داشت. چنانکه در کتاب«الفهرست»ابن ندیم به چندین مورد کتاب الحیل اشاره کرده است از جمله:کاتب«الحیل» از ابوعبدالرحمان الهیثم بن عدی «کتاب الحیل»به خط ابن الکوفی از ابوجعفر محمد بن حبیب بن امیۀ بن عمر«کتاب الحیل»از احمد بن عمر بن مهبر الشیبانی الخصافو اصحاب الحیل والاعداد و «کتاب الحبل» از محمد بین زکریای رازی. [۱۰]

در بررسی کارهای عملی این دانشمندان به ساخت انواع ساعت‌ها، وسایل انتقال دهنده آب، انواع تلمبه و دستگاه‌های خودکار آب و فواره‌ها می‌بایست تاکید کرد.

مسلمانان نخستین کسانی بودند که در دعلوم و ابزار مکانیک و فیزیک تالیفاتی نمودند آن‌ها تکنسین‌های با ذوق و با زبر دستی بودند و برای ابیاری زمبن، انواع چرخ‌های آبی و ماشین هایی که اب را بالا می‌کشید ساختند کتاب الطرق السنیه فی الآلات الروحانیه اثر تقی الدین محمد ابن معروف، مشهور به راصد(۹۲۳-۹۹۳ق)دانشمند برجسته و جامع الاطراف قرن دهم بود ای

کتاب درباره ساعت‌ها و ابزارهای بالا برنده آب، وسایل جرثقال و. . . بحث این کتاب ، یک مقدمه و شش باب دارد. در مقدمه، از یک ساعت نجومی معروف به حق القمر یا علبه القمر(جعبه ماه)بحث می‌شود.

تقی الدین راصد از یک ماشین مکش آب در اثرش، الطرق السنیه یاد میکند که عبارت بود از نوعی چرخاب ملاقه ای شکل که روی جریان آب معمولی قرار می‌گرفت. محور بلندی به صورت افقی به این چرخ متصل میشد که یاتاقانهای آن را روی سکو هایی قرار می‌دادند. این محور، دارای شش بادامک بود که بافاصله‌های مساوی در طول آن قرار داشتند. درمقابل هر بادامک، اهرم میله ای بلندی قرار داشت که نقطه اتکای آن روی میله ای پایه دار استوار شده بود و انتهای دیگر آن با میخی به میله عمودی پیستونی متصل می‌شد، در انتها فوقانی میله‌ی پیستون، وزنه ای سربی نصب شده بود و انتهای آن به پیستونی متصل بود که به یکی از شش سیلندر قرار گرفته بر روی یک قطعه الوار بزرگ وارد میشد. سیلندرها مستقیماً در آب قرار داشتند و در کف هر یک از آنها یک شیر و دریچه‌ی یک طرفه قرار داشت. مجراهای تخلیه آب، از کف سیلندرها به طرف بالای دستگاه می‌رفتند و در آنجا با هم مرتبط شده و بصورت یک لوله خروجی واحد در می‌آمدند. هنگامی که چرخاب به گردش در می‌آمد میل بادامک، پیستون‌ها بالا می‌کشید. سیلندر به حالت مکش در می‌آمد و آب وارد آنها می‌شد. هنگامی تاثیر میل بادامک قطع می‌شد، وزنه سربی پیستون‌ها را به سمت پایین هدایت می‌کرد و آب موجود در سیلندر از طریق خروجی تخلیه می‌شد. [۱۱]

رونق فنون مکانیکی در جهان اسلام حدود ۲۳۶ قمری به دست بنو موسی شاکر در بغداد آغاز شد و در ۶۰۲ قمری به دست جزری در دیار بکر به اوج شکوفایی خود رسید.

ابواسحاق ابراهیم بن حبیب فرازی اولین کسی بود که در قرن دوم هجری اسطرلاب ساخت، که بعدها استفاده‌های بی شماری از آن به عمل آمد. ساعت آبی و ساعت پاندول دار و آسیاب بادی نیز اختراعات مسلمانان است.

در باب اهمیت دانش بنوموسی و جزری می‌بایست به استنادات فراوانی که دیگر نویسندگان مسلمان به آثار آنها داشته اند اشاره کرد. هم چنین دانشمندان مسلمانی چون خازنی، بیرونی،

ابن‌سینا، ابن‌هیثم، عبدالله محمد بن جیّانی قرطبی (۴۷۲-۳۷۹ ق)، تقی‌الدین شامی، قیصر الحنفی (۱۲۵۱-۱۱۶۸ق)، شیخ بهاءالدین عاملی و شیخ محمد علی حزین لاهیجی در زمینه علم الحیل، صاحب آثار و نوآوری‌هایی بودند.

دلیل کامیابی مهندسان مسلمان در ساخت ابزارهای نوین، چون مجسمه‌ای با حرکات خودکار و فوّاره مکانیکی، این بود که آنها در طرح این ابزار از دانش تجربی استاتیک (ایستایی) استفاده می‌کردند.

بنوموسی نخستین مکانیک‌دان مسلمان به شمار می‌رود. چندین کتاب به آنها نسبت داده شده است از آن میان اثار وی تنها یکی مستقیماً به مکانیک پرداخته است که الحیل نام دارد و احتمالا در حدود ۲۳۶ق نوشته شده است.

فرزندان موسی بن شاکری از ریاضی دانان و فیزیک دانان معروف در تمدن اسلامی به شمار می‌آیند. احمد بن موسی، با پیشرفت در علم مکانیک، انواع چرخ‌های آبی و پمپ‌ها را برای آبیاری راحت تر زمین اختراع کرد. [۱۲] او در رساله ای، توضیحات جالبی درباره‌ی هیدرولیک داده بود. [۱۳]

کتاب الحیل بنوموسی قدیمی ترین اثر مدون شناخته شده و باقی مانده در جهان اسلام است.

این کتاب در علم حیل از معروف ترین کتاب هایی است که در این علم نوشته شده و مقصوداز حیل الروحانیه که در عنوان بعضی از کتاب‌های عربی، که از یونانی ترجمه شده اند، آمده همان «آلات» هوایی است:یعنی ماشین هایی که کارشان به تخلیه یا تراکم هوا ارتباط دارد: مانند چشمه‌ی هارون. [۱۴] در این کتاب یک صد دستگاه شرح داده شده اند که بیشتر آنها به صورت خودکار و با استفاده از خواص مکانیکی سیالات کار می‌کنند. رساله وی در باب علم الحیل و ابزارهای مکانیکی که با هوای فشرده عمل میکند قابل توجه است. نخستین آشنایی با این کتاب به کوشش ویدمان و هاوزر حاصل شده است که در ۱۹۱۸به معرفی بنوموسی و کارهای علمی آنان پرداختند. در ۱۹۸۱م نیز احمد یوسف الحسن و همکاران او کتاب الحیل را

با استفاده از سه نسخه خطی کامل محفوظ در ترکیه، واتیکان و آلمان تصحیح و با شرح و توضیح مفصلی انتشار دادند.

دو بخش از کتاب الحیل اختصاص دارد به الف)کشش اوزان و حرکت به کمک نیروهای کوچک ب)دستگاه‌های متحرک، دستگاه‌های ابداعی بنوموسی بر پایه استاتیک ساخته شده است.

کندی دانشمند مسلمان دیگری بود که در مبحث فیزیک، کتاب هاب بسیاری دربارهٔ وزن اجسام، جزر و مد و مسائل نور نوشته بوده است. ماکس مایر هوف هم کندی را از دانشمندان بزرگ فیزیک میداند که حدود ۲۶۵ کتاب و رساله نگاشته است. [۱۵] کندی به بررسی قوانین مربوط به سقوط اجسام پرداخت. او کتاب هایی دربارهٔ مناظر و مزایا و پدیده‌های جوی تالیف نمود. کتاب باد و باران وی پس از قرن یازدهم میلادی به لاتین ترجمه شد و به گونه ای که رساله‌ی کندی در مبحث نور، که آن را با آرای هندسی و فیزیولوژیکی بیان کرده است، پس از ترجمه به لاتین، در غرب شهرتی بسزا یافت و تاثیر بسیاری بر سبک فکری راجر بیکن نهاد. [۱۶]

نکته دیگر در باره نوآوری بنوموسی ان است که وی برای نخستین بار یا پانصد سال قبل از اروپائیان میل لنگ را در تاریخ دانش فنی به کار برده است.

برخی از دانشمندان اسلامی همچون گروه اخوان الصفا و خوارزمی دانشنامه هایی تدوین کردند که در آن از سنت‌های رایج علوم و از جمله بنایی و کاربردهای علم فیزیک و مکانیک سخن راندند. ابوعبداله محمد بن احمد بن یوسف کتاب خوارزمی در قرن چهارم هجری در «مفاتیح العلوم» باب‌های را به ریاضیات، طب، نجوم، علم حیل و کیمیا اختصاص داده است. در علم حیل یا دانش منجانیقون یا مکانیک به تعریف تعدادی از دستگاه‌های فنی و مکانیکی پرداخته و شیوه‌ی کارکرد آنها را بیان میکند. او بیشتر به دستگاه‌های جرثقیل یا گرانکش پرداخته و به تعریف اشکال و کارکرد اهرم و گرانکش طنابدار، گوه و مانند آن پرداخته و ظروف حیرت آوری را که با کمک آب یا بدون نیروی آب حرکت میکنند، معرفی کرده است. او در بارهی حرکاتی که بدون آب انجام میشود میگوید:«برخی از این حرکات با شن و ماسه و بعضی با خردل و گاورس» انجام میشود. شیوه‌ی کار چنین است که آلتی به شکل تنبوشهی دراز میسازد و در ته آن سوراخی ریز ایجاد میکند و سرش را باز میگذارند، آنگاه این ظرف را از ماسه

یا خردل یا هر چیز هایی مانند آن پر میکنند و بر سر آن یک قطعه اریز میگذارند و این را با نخ یا ریسمانی میبندند و آنچه را میخواهند به حرکت در آورند به این نسخ می‌آویزند، آنگاه تنبوشه را در محلی نصب منیکنند تا ماسه یا اشیای دیگری که درآن اند از سوراخی که در ته آن قرار دارد خارج شوند، هر چه از ماسه‌ها کم شود صفحه‌ی اریز به طرف پایین حرکت میکند و اشیایی که به آن متصل اند به حرکت در می‌آیند گاه با این وسیله حرکات عجیب و به شکل‌های مختلف ایجاد می‌شود. [۱۷] ابو علی سینا ظاهرا در فیزیک نیز تبحر داشته است زیرا درباره‌ی کمیت‌های نامحدود بحث و مسائلی را درباره‌ی اتم مطرح کرده است . [۱۸]وی به مسئله‌ی کوچکترین مقیاس، چه در فیزیک و چه در ریاضی پرداخته است، مبحثی که در قرن هفدهم میلادی محاسبه‌ی بی نهایت توسط نیوتن و لایب نیتس انجامید. [۱۹] در زمینه‌ی حرکت نیرو، خلا، نور، حرارت و وزن مخصوص مطالعه داشت. رساله‌ی او درباره‌ی فلزات تا قرن سیزدهم میلادی، مرجع علم طبقات الارض بود. [۲۰]

بدیع الزمان ابوالعز بن اسماعیل بن رزاز الجزری: نامدارترین مکانیک دان مسلمان به شمار می‌رود که در نیمه دوم سده ششم و آغاز سده هفتم هجری (۶۰۳ ق) در دیار بکر می-زیست، بدین سبب به او کنیه جزری داده شده که زادگاه او جزیره، واقع در میان رودهای دجله و فرات بود. جزری کتاب مکانیک خود را به خواست پادشاه دیار بکر، ملک صالح ناصرالدین ابوالفتح محمود بن محمد آرتقی (۵۹۷-۶۱۹ ق) نوشت. جایگاه جزری را می‌توان با مطالعه کتاب فی معرفۀ الحیل الهندسیه با عنوان الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعۀ الحیل در یافت. کتاب او جامع علم و عمل است. یعنی هم یک کتاب نظری و هم یک کتاب عملی به شمار می‌آید. وی به واسطه تجربیات فراوان و گسترده و آگاهی ژرفش در علوم نظری و مهارت عملی اش به این مقام دست یافت. وی در نگارش مطالب مهندسی و هنر رسم فنی مهارت داشت، همچنین در تشریح مطالبی که در ذهن داشته و در توصیف ساده و آسان دقیق ترین و پیچیده ترین ابزراها استاد بود. جزری به اهمیت تجربه و مشاهده تاکید می‌کند و علمی را که بر پایه تجربه نباشد نمی پذیرد. [۲۱]

کارهای جزری حلقه ای از زنجیره ابداعات و اختراعات مهندسان مسلمان و مهندسان پیش از آنان از تمدن های پیش از اسلام است. این تمدن‌ها عبارت اند از تمدن بین النهرین، تمدن

سوریه قدیم، تمدن دره نیل و تمدن‌های یونان و روم، ایران وهند. جزری افـزون بـر تسـلط بـر دانش وفنـون مهندسـان مسـلمان پـیش از خـود، مهنـدس مخترعـی نیـز بـوده و از ابزارهـا و دستگاه‌های مکانیکی و هیدرولیکی بسیاری طرح کرده و ساخته است کـه آثـار آنهـا در طراحـی مکانیکی ماشین بخار، موتورهای درون سوز، کنترل خودکار و دستگاه‌های مکانیکی هیـدرولیکی دیگر ظاهر شده است. آثار این تاثیر در مهندسی مکانیک معاصر تا امروز پایدار است. [۲۲]

کتب جزری، الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعۀ الحیل بهترین نوشتار درباره ابزارهای مکانیکی و هیدرولیکی در سده‌های دیرینه و میانه است. نخستین بار ریاضی دان آلمانی، ویدمان وهاورز در دهه‌های نخستین سده بیستم میلادی، به اهمیت این اثر پی بـرد و در گـزارش‌هـای تاریخ علم خود به نقل و ترجمه بخش هایی از آن پرداخت تا آن که دونالدهیل ترجمه کامل آن را به انگلیسی چاپ و نشر کرد پس از آن دانشمند سوری احمد یوسف الحسن که پیش ترکتـاب " النوع الخامس" را چاپ کرده بود، متن کامل عربی ان را باعنوان الجامع بـین العلـم و العمـل النافع فی صناعۀ الحیل در ۱۹۷۹ میلادی در سوریه انتشار داد شایان ذکر است که متن فارسـی کتاب جزری، از محمد بن داوود علوی شاه آبادی(سده ۱۰ هجری)در دست است و نسخه خطی آن با نام " جر اثقال " در کتابخانه مدرسه عالی شهید مطهـری تهـران (۷۰۷ ش) وجـود دارد. [۲۳]سارتون در باره کتاب جزری می‌گوید:" این کتاب کامـل تـرین کتـاب در نـوع خـود اسـت و می‌توان آن را نقطه اوج تالیفات مسلمانان در این زمینه به شمار آورد. "[۲۴]

هیل می‌گوید:" تا عصر حاضر هیچ سندی از هیچ تمدن دیگـری در جهـان در دسـترس مـا نیست که به لحاظ طرا حی‌ها و شرح‌های فراوان مهندسی در زمینه روش ساخت و سوار کـردن ابزارها بتواند با کتاب جزری برابری کند. [۲۵]

کتاب جزری به شش بخش تقسیم شده است:[۲۶]

ساعت‌های آبی و ساعت‌های شمعی

۱. وسایل سرگرم کننده
۲. وسایلی برای شستشو و وضو ساختن
۳. فواره ها

۴. ماشین هایی برای بالا کشیدن آب

۵. وسایل گوناگون

بسیاری از قطعات و روش هایی که جزری به کاربرده است از لوازم اساسی مهندسی نوین به شمار می‌آیند، مانند سطل‌های کج شونده که مایع درون خود را به فواصل زمانی معین تخلیه می‌کنند و امروزه در باران سنج و دستگا ه‌های اندازه گیری دیگر به کار می‌روند، منافذی که طوری مدرج شده اند که مایع را با سرعت معینی از خود خارج می‌کنند، موازنه استاتیکی چرخ ها، استفاده از مدل‌های کاغذی برای تثبیت طرح، ورقه ورقه کردن چوب برای کاستن از میزان تاب برداشتن آن، بادامک، دنده هلالی در یکی از وسایل آبکشی، بخشی از وسیله انتقال نیرو را یک میل لنگ تشکیل می‌دهد. این نخستین نمونه ای است که از کاربرد میل لنگ در ماشین‌ها سراغ داریم در سال ۱۹۷۶ سه دستگاه از ماشین‌های جزری را برای جشنواره جهانی اسلام در لندن ساختند که شامل تلمبه، یکی از وسایل خون گیری و ساعت آبی بزرگی است این دستگاه‌ها از روی توضیحات جزری ساخته شده و هر سه به خوبی کار می‌کنند.

ابوالفتح عبدالرحمان منصور خازنی، مکانیک دان، فیزیک دان و اختر شناسی مشهور که در شهر مرو رشد یافت و دردستگاه سلجوقیان به امور علمی پرداخت، مشهورترین اثر وی کتاب میزان الحکمهٔ (نوشته حدود ۵۱۵ ق) از مهم ترین کتب در فنّ حیل است. هیدرولیک به ویژه دید گا ه‌های وی درباره مرکز ثقل، تعادل اجسام، وزن مخصوص، چگالی سنجی، بالابرها، ترازو ها، زمان سنج‌ها و فنون ساختن و به کار بستن آنها در کتاب مزبور بحث شده است.

خازنی با پیروی از ابن هیثم و ابوریحان بیرونی در پژوهش‌های هیدرولیک به پیشرفت بیشتری دست یافت. وی هیدرولیک را همراه با مکانیک مورد مطالعه قرار داد و به ویژه به مفهوم مرکز ثقل و کاربرد آن در ترازو توجه فراوان کرد. کوشش‌های وی پس از یک سده توسط ابوالعز الجزری دنبال شد. خازنی استاد مسلم علم ترازو یا میزان بود. کتاب میزان الحکمهٔ وی ، برجسته ترین اثر وی در این علم است که در آن او نظر دانشمندان قبل از خود، همچون رازی و بیرونی و خیام را نیز آورده است.

آلدومیه لی، مورخ ایتالیایی، وزن مخصوص‌های اندازه گیری شده توسط بیرونی و خازنی را با اندازه‌های جدید مقایسه کرده است.

خازنی شرح مفصلی در باره نظریه ترازو و مرکز ثقل و راه کلی به کار بردن ترازو برای اندازه گیری وزن مخصوص اجسامی که از یک یا دو ماده ساخته شده اند آورده است.

خازنی«ترازوی حکمت» خود را دارای یک شاخص و یک میله افقی معرفی میکند که به عوض یک یا دو شاخص کفه داشته است. او میگوید:«عمودی است املس، متساوی الاجزاء ماهی پشت چون عمود قپان و هر چه درازتر بود بهتر باشدو معلوم است که زر گرانیده تر است سوی زیر از سیم. پس بر میان آن عمودی زبان‌های سازیم چون زبانه‌ی ترازو، چنان که به اندک مایه تفاوت بگردد و کف‌های بر یک طرف وی بیاویزیم چون کفه‌ی ترازو و زیر آن کفه، کفه‌ی زیر درآویزیم و این کفه‌ی دوم جای سازیم که همیشه در آب و کف‌های در دیگر طرف عمود آویزیم. او را کفه‌ی دوم نام کنیم، دو کفه‌ی دیگر بسازیم یکی از آن زر و دیگری از آن سیم و این هر سه کفه را درآویزیم. بعد از آن که بر این جانب از عمود نشان‌ها کرده باشیم و هر کفه را معلاقی از وی درآویزیم چون معلاق ناوه‌ی قپان که هر سوی که خواهیم بتوان برن.[۲۷]

خازنی را پیش گام تعیین وزن مخصوص مایعات و مواد مرکب به شمار می‌آورند او مقاومت سیالات را مطرح می‌کند و می‌گوید حرکت اجسام در مایعات وابسته به مقاومت مایع است. همین گفته را فخر رازی تایید می‌کند و می‌گوید مقدار مقاومت در برابر حرکت وابسته به جنس سیال محیط حرکت است [۲۸].

خازنی به تاثیر مقدار فشار هوا بر وزن اجسام اشا ره ای دقیق دارد و برتوریچلی و پاسکال و بویل، چند سده پیشی گرفته است. او قانون ارشمیدس درباره مایعات را به گازها ارتباط داده است.[۲۹]

خازنی در علم استاتیک ضمن تاکید و تایید دیدگاه بیرونی درباره اصل جاذبه ، می‌افزاید که نیروی جاذبه وابسته به مسافت بین جسم و مرکز زمین است. [۳۰]

از بین مهندسان مکانیک اسلامی باید از قیصر بن ابی القاسم بن عبدالغنی بن مسافر ملقب به اعلم الدین حنفی یاد کرد (۶۴۹–۵۷۵ ق) او اقدام به ساختن چرخ ابیاری و نیز استحکامات نظامی کرد.

چنان که نام وی با فنون چرخ‌های آبیاری و تکامل آنها پیوند خورده است و به طور غیر مستقیم پیشرفت هایی که در کشورهای مسیحی از طریق تقلید ماشین‌های ساده موجود در مشرق زمین صورت گرفته موهون اوست. ماشین هایی که در زمان جنگ‌های صلیبی و یا در اسپانیا و سرزمین اندلس توسط مسیحیان شناخته شده بود. [۳۱]

ابو علی حسن بن حسن بن هیثم بصری بزرگترین فیزیک دان و نورشناس مسلمان سده چهارم هجری که در آثار لاتینی سده‌های میانه به الهازن (ALHAZEN) مشهور است.

ابن هیثم در ۳۵۴ ق در شهر بصره زاده شده است. او دربصره که در آن سال‌ها زیر فرمان آل بویه عراق بود شغل دیوانی داشت که از آن به وزارت بصره تعبیر شده است و چون پرداختن به علم را از آن کار دوست تر می‌داشت، سرانجام تظاهر به جنون کرد تا وی را بر کنار کردند. پس از آن به مصر رفت گفته می‌شود سفر ابن هیثم به مصر به تشویق الحاکم فاطمی فرمانروای مصر در آن زمان صورت پذیرفت. او در رأس گروهی از مهندسان به بررسی نیل و مجرای آن در بخش مرتفع جنوب مصر پرداخت. [۳۲] ابن هیثم را باید پیشرو دانشمندان اهل تجربه و آزمایش به معنای دقیق آن خواند، زیرا وی نظریات علمی خود، به ویژه بررسی‌های نورشناسی را از راه استقراء و تمثیل و قیاس به انجام می‌رساند. ویل دورانت، به کارهای ابن هیثم انگشت گذاشته و ضمن اشاره به کارهای او، سعی می‌کند وی را نماینده تمدن اسلام در تکوین فیزیک قدیم معرفی می‌کند. [۳۳] ابن هیثم که کتاب المناظر را در علم مزایا نوشته، به احتمال قوی بزرگترین مؤلف در قرون وسطی می‌باشد که روش و اندیشه علمی داشته است. او مطالعاتی درباره انکسار نور انجام داد و طی آن نوانست طرح ساختن عدسی و ذره بین را پی ریزی کند که بعدها راجر بیکن از آن استفاده کرد. او همچنین در مورد جو زمین و ارتباط وزن و تراکم هوا نیز مطالعاتی نموده بود. وی قانون‌های شکست نور را کشف کرد. به روش علمی ثابت کرد که بازتاب‌های پرتوهای نور از روی چیزهای به چشم، باعث تشکیل تصویر معکوس روی شبکیه‌ی چشم میشود. او نخستین دانشمندی است که ارتفاع جو زمین را با بررسی شکست نور محاسبه کرد. وی اولین کسی است که در مورد اطاق تاریک عکاسی تحقیقاتی کرده است. کتاب‌های او روی دانش اروپایی اثرات بسیار زیادی گذاشت. اگر او نبود، به احتمال قوی راجر بیکن به وجود نمی آمد. راجر بیکن و تمام دانشمندانی که در قرون وسطا در مبحث نور کار می‌کردند، از روی کتاب

ابن هیثم دست به آزمایش می‌زدند. لئوناردو داویچی و یوهان کلپر نیز تحت تاثیر کتاب‌های او قرار گرفته اند. او در تعیین زاویه انکسار و انعکاس نور (مشهور به«قضیه الهزن»)نوشته است که چگونگی در آینه‌های محدب و مقعر و یا استوانه ای و مخروطی، نقطه تصویر شیء مفروض را که در فاطله معین، در چشم منعکس می‌شود ، پیدا کنیم. [۳۴]این قضیه هزن را ابن هیثم از طریق معادله درجه چهارم و از راه یک معامله هذلولی حل کرده است. او همچنین چگونگی انکسار نور در کلیه اجسام و مایعات اندازه گرفته و بطور نظری عدسی را پیشنهاد می‌کند. در حالی که عدسی سه قرن بعد در ایتالیا ساخته شده و قانون سینوسی را شش قرن بعد، سنل و دکارت وضع کردند. ابن هیثم نظر بطلمیوس را که معتقد بود اشعه نور از چشم به طرف اشیا تابیده می‌شود رد کرد و جهت ان را از شیء به چشم انسان می‌دانست و به وسیله پرده ای شفاف به نام عدسی منتقل می‌شود. چاسل، یکی از فیزیکدانان معروف اروپایی می‌نویسد:ماخذ معلوماتی که اروپا در علم مناظر و مرایا(اُپتیک) بدان دست یافته، کتاب ابن هیثم بوده است. پی یر روسو درباره ابن هیثم در تاریخ علوم خود می‌نویسد:«کتاب او برای اولین بار درباره نور، توصیف صحیح از ساختمان چشم انسان می‌کند و قسمت‌های مختلف مخاط خارجی قرینه، شبکیه و عنبیه و افزودن بر این، اصول اتاقک تاریک را شرح می‌دهد. این شخص هنگام مطالعه در انعکاس نور، بدون آن که مستقیماً به مسئله انکسار توجه‌ی کند، چنین اظهار کرد که بین زاویه تابش و زاویه انکسار، نسبت ثابتی وجود دارد«مفهوم گشتاور نیزاز کارها ابن هیثم است. »[۳۵]

ابن هیثم بنیان اپتیک را دگرگون کرد و آن را به صورت علم بسیار منظم و مشخصی در آورد. او بحث کامل ریاضی را با نمونه‌های تصوری عالی فیزیکی و تجربه‌های دقیق با هم ترکیب کرد و مانند اقلیدس، فیزیک دان نظری و تجربی بود. برای تشخیص حرکت مستقیم الخط نور یا فتن ویژگی‌های سایه، موارد کاربرد عدسی‌ها و خاصیت اتاق تاریک آزمایش هایی انجام دادف و نخستین بار در مورد این‌ها و بسیاری نمودهای نور شناختی اساسی دیگر به تحلیل ریاضی پرداخت.

به نقل سارتون، ابن هیثم بزرگترین عالم فیزیک در اسلام و از بزرگترین ارباب فن در تاریخ بوده است. [۳۶] ابن هیثم اصطلاحات علمای جبر را تعدیل کرد و برای مسائل حسابی و جبر، روش‌های جدیدی را مطرح نمود. اواز طرق تقاطع دایره و هذلولی، معادله‌ی درجه‌ی چهارم را

حل نمود. و ارتفاع فضای زمین را طبق معادلات نور محاسبه کرد. این هیثم مبانی چگالی مخصوص را کشف کرد و دریافت که وزن هر جسمی با تغییر غلظت هوای محیط، دگرگون می‌شود. او پنج قرن پیش از اروپاییان به وزن هوا پی برد و به اثبات قانون جاذبه پرداخت. [۳۷] گالیله ششصد سال پس از ابن هیثم، نظریات او را دنبال کرد و قوانین را بیان نمود. ابن هیثم، مخترع ذره بین، فشارسنج و دستگاه تخلیه هوا بود و به مسائل مهمی درباره‌ی فشار هوا دست یافته بود. حسن بن هیثم، بزرگترین محقق نور شناخت در فاصله‌ی زمانی میان بطلمیوس و وتیلو بوده است. وی به مطالعه حرکت پرداخت و اصل لختی را درباره‌ی اجرام فلکی و در علم ایستا شناسی کشف کرد. هرچند او از کتب اقلیدس، بطلمیوس، ارسطو و آپولونیوس بهره می‌گرفت، ولی بنیان نورشناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علمی درآورد. ابن هیثم، بخش آیینه‌ها و نور را در فیزیک پایه گذاری کرد و نامش را علم مناظر و مرایا نهاد. او خطای باصره را کشف کرد و ساختمان عدسی چشم را مطالعه و قوانین ریاضی آن را بیان نمود و قواعد انکسار شعاع نور را شش قرن قبلا از دکارت مطرح کرد. وی مطالبی را برای نخستین بار درباره‌ی حرکت مستقیم الخط نور، خصوصیات سایه و عدسی بیان نمود و به ساخت عدسی‌ها و آیینه‌های خمیده پرداخت. تحقیقات دقیق او درباره‌ی انکسار نور به هنگام عبور از اجسام شفاف ، آنقدر مهم بود که راجر بیکن و إلو سیصد سال بعد برای اختراع ذره بین، بر آن تیکه کردند. ابن هیثم قرن‌ها قبل از نیوتن، مستطیل سرعت‌ها را بر سطح منکسر کننده تطبیق داده و به اصل حداقل زمان پرداخته بود. وی زاویه‌ی انکسار نور را اندازه گیری نمود و تحقیقاتی درباره‌ی انکسار نور در استوانه‌ها و کره‌های شیشه ای کرده و در پی یافتن مقادیر درشت نمایی عدسی‌ها مسطح و محدب بود. او قانون سنل را در مورد زاویه‌های کوچک، که در آن‌ها می‌توان خود زاویه را به جای جیب آن قرار داد، کشف کرده بود. [۳۸] این قانون که درباره‌ی روابط سینوسی بین زاویه‌ی تابش و شکست نور است، در سال ۱۹۲۱م توسط سنل(إسنل) بیان گردید. ابن هیثم بیان کرد که نور به صورت یک شیء منفرد قابل رؤیت نیست، بلکه ب واسطه‌ی ذرات معلق در جو دیده می‌شود و این همان روش علمی جدید با نام خاصیت اتاق تاریک است که هرگاه نور آفتاب، مهتاب یا آتش از سوراخ کوچکی وارد اتاق تاریکی شود و هوای اتاق پر از ذرات گرد و غبار باشد، ما نور وارده از این سوراخ را، مخلوط با گرد و خاک می‌بینیم و این نور بر دیوار مقابل

یا کف اتاق به صورت خط هایی مستقیم به چشم می‌خورد. او با مشاهده تصویر منعکس درختان و اشیاء در آب، به قوانین نور و تابش پی برد. [۳۹] خاصیت اتاق تاریکی را که او مطرح کرد، در عکاسی کاربرد ویژه دارد. شاسل فیزیکدان اروپایی می‌گوید که معلومات اروپاییان در علم فیزیک، از ابن هیثم گرفته شده است. وی نظریه اقلیدس و بطلمیوس را رد کرد و گفت که بر عکس نظر آنان، نور از جسم به چشم می‌رسد و سبب دیدن می‌شود. این فیزیکدان برجسته، قانون منحنی بودن سیر اشعه‌ی نور را وضع کرد و نظریه عدسی‌های تلسکوپی را مطرح کرد که نه قرن‌ها بعد در اروپا عنوان گردید. [۴۰]

ابن ابی اصیبعه نام آثار او را تا پایان ۴۲۹ هـ ق گردآوری و همه این ۹۲ اثر را تقریباً به ترتیب زمانی مرتب کرده است. پژوهشگران مسلمان و اروپایی برخی از مقالات و رساله‌های ابن هیثم را از یک سده پیش با این هدف تجزیه و تحلیل و ترجمه و نشر کرده اند. گوستا و لوبون می‌نویسد، گرچه بیشتر کتاب‌های طبیعی دوران اول اسلام، از بین رفته است، به خوبی می‌توان به دست آورد که مسلمانان در خصوص علم فیزیک، تا چه حد پیشرفت کرده بودند، مثلا کتابی که ابن هیثم درباره نور و خواص آئینه‌ها نوشته و از انعکاس نور بحث کرده است به خوبی می‌توان پی برد که مسلمان‌ها در علم فیزیک چه اندازه پیشرفت کرده بودند. [۴۱]

ابن هیثم از دانشمندان کثیر التألیف به شمار می‌آید. ابن هیثم بیش از ۹۲ کتاب و رساله تألیف کرده که اغلب آنها در فیزیک و مکانیک است. پژوهشگران مسلمان و اروپایی برخی از مقالات و رساله‌های این هیثم را از یک سده پیش تجزیه و تحلیل و ترجمه و نشر کرده اند. مهم ترین اثر وی در فیزیک نور، کتاب المناظر است که شامل دو جلد است و هر جلد آن در هفت فصل و اکثر فصل‌ها شامل هفت بخش است. این کتاب بین سالهای ۱۰۲۸ الی ۱۰۳۸ میلادی برابر با ۴۰۵ الی ۴۱۵ هجری قمری تکمیل شده است.

کتاب ابن هیثم ابتدا به زبان عربی در دسترس بود و لذا فقط برای تعداد کمی از دانش پژوهان اروپایی قابل حصول بود. ترجمه لاتین ژرارد کرامونی نیز در آن ایام چندان شهرت نداشت. تا آن که قرن سیزدهم میلادی یعنی در سال ۱۲۷۰ قمری کتاب المناظر توسط دانشمند لهستانی ویته لیو WiteLio به زبان لاتین ترجمه گردید. سپس این کتاب در سال ۱۵۷۲ میلادی توسط فردریک رسینر با عنوان دایره المعارف اپتیک الهازن العربی چاپ شد و به طور

وسیعی در دسترس دانش پژوهان قرار گرفت. از زمان قدیم نور و همچنین رابطه بین چشم و اشیاء موضوع مطالعات بسیاری بوده است. [۴۲] در یونان طبق نظریه ارسطو، در فرایند بینایی انسان، اشیاء به طریقی محیط بین خود و چشم ناظر را تغییر می‌دهند تا مشاهده شوند.

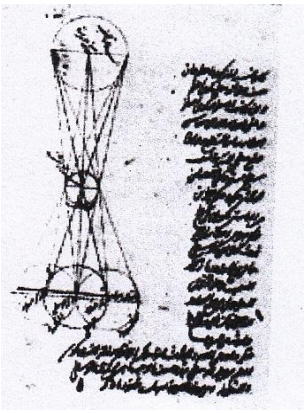
ابن هیثم به طور تجربی ثابت کرد که پرتوها به خط راست از هر نقطه جسم قابل مشاهده به سمت چشم گسیل می‌شوند. ابن هیثم با استفاده از دانش خود درباره تفسیر مغز از اشیاء دیده شده توانست خطاهای حسی اپتیکی، شامل «خطای بصری ماه» را تفسیر کند. این پدیده که بر اساس آن اجسام آسمانی در افق، بزرگتر از وقتی دیده می‌شوند که در سمت الرأس (بالای سر) قرار دارند. ابن هیثم توضیح داد که چرا ماه و خورشید در افق بزرگ تر به نظر می‌رسند. وقتی ماه در اوج اسمان است، هیچ مرجعی در زمین وجود ندارد که بتوانیم ماه را با آن مقایسه نماییم. بدین ترتیب کوچکتر به نظر می‌رسد. ابن هیثم درباره دیدن اشیاء، دیدن دو چشمی، توصیف دقیق چشم، تحقیقات درباره عدسی ها، استفاده از تاریک خانه مطالعات زیادی انجام داده است.

در شکل ۱ تصویری که ابن هیثم از چشم، در کتاب المناظر رسم نموده است نشان داده می‌شود.

شکل (۱) تصویری از چشم ابن هیثم در کتاب المناظر خود آنرا رسم و طرز کار آن را توضیح داده است.

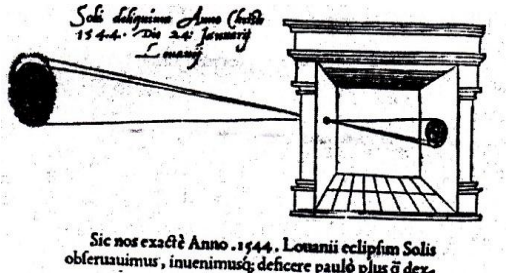
ابن هیثم اولین کسی بود که تشکیل تصویر بر روی چشم را نشان داد و اصطلاح اتاق تاریک را برای دیدن توسط چشم به کاربرد و آن را "بیت المعتصم " نامید.

در شکل ۲ تصویری که کمال الدین فارسی شارح کتاب المناظر ابن هیثم در مورد نحوه تشکیل تصاویر در چشم رسم گردیده است.



شکل ۲. رسم تصویر نحوه تشکیل تصاویر بروی چشم

همچنین طرح اتاق تاریک که براساس کار ابن هیثم رسم شده است در شکل زیر نشان داده



شکل ۳ رسم تصویر نحوه تشکیل تصاویر یروی چشم

کتاب المناظر ابن هیثم توسط کمال الدین فارسی، از شاگردان قطب الدین شیرازی. به نام تنقیح المناظر لذوی البصار و البصائر نقد و تهذیب شده و در حیدرآباد در دو جلد به چاپ رسیده است. [۴۳]

ابن هیثم در کتاب المرایالمحرقه بالدوائر در باره آئینه‌های سوزان بحث نموده است.

پس از ابن هیثم علم اپتیک در جهان اسلام رو به انحطاط نهاد و چنان شد که پس از سده ششم هجری حتی دانشمندان بزرگی چون خواجه نصیرالدین از کارهای او اگاهی نداشتند تنها در سده هفتم هجری بار دیگر مراجعه به علم مناظر رواج یافت و قطب الدین شیرازی شاخه ای

از علم به نام " قوس و قزح" در ایران پدید آورد و بیان داشت که در پیدایش این پدیده انعکاس و انکسار هر دو دخالت دارد. شاگرد وی کمال الدین فارسی تفسیری بر شاهکار ابن هیثم ، کتاب فی المناظر نوشت. [۴۴]

محمد بـن احمـد بیرونـی (۴۴۰-۳۶۲ ق) دانشـمندی جـامع الاطـراف و صـاحب آثـار پرشماری در ریاضیات و اختر شناسی بوده است. او علاوه بر مطالعه در مورد مرکز ثقل و منشـاء حرارت زمین، در مورد اختلاف بین سرعت«صوت»و«نور» هم بحث کرده است. که توانسـت بـا محاسبات ریاضی و نجومی، محیط کره زمین و ارتفاع کوه‌ها را با یک تقریب خوب اندازه گیری کند. او از معاصران ابن هیثم و بزرگتـرین مولـف و دانشـمند ایـن دوره پرثمـر از تـاریخ تمـدن اسلامی است کتاب ستار ه شناسی بزرگ او القانون مسعودی، جـامع تـرین مـتن اختـر شناسـی (نجوم) اسلامی است. بیرونی در فلسفه و فیزیک نیز پژوهش‌های ژرفی داشته است. [۴۵]

مباحث فیزیک بیرونی به اندازه‌ی ریاضیات او در غـرب شـناخته نیسـت. او حرکـت زمـین و قوه‌ی جاذبه و کروی بودن زمین و گردش زمین به دور محور خود و خورشید را که شـش قـرن بعد کشف شد، مطرح کرده بود. کلمنت موله وزن مخصوص اجسام بیرونی را به فرانسوی ترجمه کرد. [۴۶] بیرونی به پدیده‌های مهم علم هیدرو استاتیک مانند صعود آب فواره‌ها و چشمه‌ها دسـت یافته بود. [۴۷] او بر اساس این که ابراه‌های مرتبط هم سطح می‌شوند، طرز کار چشمه‌های طبیعی و چاه‌های فورانی را مشخص کرد. شیخ بهایی سال‌ها پس از بیرونی، قوانین مربوط به فشار آب و تساوی مایعات در ظروف به هم پیوسته را در باغ فین کاشان به کار برد قانونی را که ابوریحان و شیخ بهایی کشف کرده بودند بعدها به قانون پاسگال شهرت یافت. [۴۸]

بیرونی در فیزیک و مکانیک و ابزار شناسی چندین کتاب و رساله نوشـت . کتـاب اسـتیعاب الوجوه الممکنه فی صنعۀ الاصطرلاب و رساله فیما اخرج مافی فرّه الاصطرلاب الی الفعل درباره ابزارهای اختر شناسی و ساخت اصطرلاب است. کتاب الکتابۀ فی المکاییل و المـوازین و شـرائط الطّبار و الشواهین درباره پیمانه‌ها و ترازوها و شر طهای زبانه ترازو و شاهین‌ها و رسـاله النسـب التی بین الفلزات و الجواهر فی الحجم درباره نسبت‌های میان فلزات و سنگ‌هـای گـران بهـا از لحاظ حجم و در زمینه چگاالی سنجی است. در این رساله ، بیرونی با استفاده ا زیک نوع ترازوی بدیع، که بر پایه اصل ارشمیدس کار میکند روشی برای تشخیص وزن مخصوص مـاده جامـدی

که شکل نا مشخصی داشته باشد، فراهم می‌آورد . آن گاه نتایج تعیین وزن مخصوص هشت فلز، پانزده ماده جامد دیگر و شش مایع را می‌آورد که بسیار دقیق است. بیرونی ابزار و روش کار هیدرواستاتیک خود را در این رساله وصف کرده است.

بیرونی بیشتر آزمایش‌ها و تحقیقات خود را در دوره اقامت خود در جرجانیه، حدودا از ۳۹۹ تا ۴۰۷ ق یعنی پیش از آن که در ۴۰۸ ق به دستور سلطان محمود به غزنه برود، انجام داد و سپس در سال‌های زندگی در غزنه از ۴۰۸ تا ۴۷۲ ق، با دسترسی به جواهرات خزانه سلطان محمود و با استفاده از آب رودخانه غزنه به ادامه آزمایش‌های هیدرولیکی خود پرداخت. [۴۹]

آزمایش‌های بیرونی چندان دقیق بود که نتایج آنها ، یعنی "وزن مخصوص " مواد با ارقامی که سده‌ها پس از او دانشمندان غربی با رو ش‌ها و محاسبات جدید به دست آورند، بسیار نزدیک است. (جدول ۱). [۵۰]

ماده	بیرونی	کلمان–موله (۱۸۵۸ م)	بلتون (۱۸۷۶ م)
زر	19/05	19/026	19/30
جیوه	13/58	13/59	13/568
آهن	7/74	7/79	7/79
مروارید	2/69	2/75	2/75
کهربا	2/53	1/08	؟

جدول ۱

در مبحث حرارت، بیرونی انبساط طولی فلزات ، در اثر گرما و ضرورت اصلاح اندازه گیری‌ها را مطرح می‌کند او همچنین وابستگی جزر و مد دریاها را به تغییرات دوره ای ماه کشف می‌کند و به مفهوم جاذبه عمومی نزدیک می‌شود. [۵۱]

ابویوسف یعقوب ابن اسحاق کندی از ۱۸۰هجری قمری درکوفه به دنیا امد. کندی هم عصر المامون ، المعتصم و المتوکل بوده است کندی فیلسوف، ریاضی دان، فیزیک دان و منجم بوده است. به خاطر کتاب هایی که نوشته وی را فیلسوف عرب می‌نامند.

در فیزیک سهم عمده وی در اپتیک هندسی بود و کتابی درباره آن نوشت که این کتاب به وسیله ژراردو کرامونا به لاتین ترجمه گردید و به راهنمای دانشمندان باهوشی نظیر راجربیکن و ویته لیو تبدیل شد. همچنین کتاب وی در زمینه اختر شناسی و نجوم با عنوان "رساله ای در

نجوم" توسط ژرارد ترجمه شده و به چاپ رسیده است. [۵۲]**ابوعبدالله محمد بن معاذ جیانی قرطبی**، فیزیک دان و اختر شناس اندلسی (۴۷۲-۳۷۹ق) افزون بر آثار اختر فیزیک، رساله ای در حیل صنعتی دارد که تأثیر بسیاری بر نوشته‌های دیگران داشته است. نام کتاب وی، الاسرار فی نتایج الافکار است که نسخه خطی آن (۶۴۴ق) در کتابخانه فلورانس موجود است. رساله یاد شده دارای ۳۱ طرح ساخت دستگاه‌های مکانیکی است که در مورد چرخ‌ها و دنده‌ها و جنگ افزارها و پمپ‌ها است. نکته جالب اینکه برخی از وازگان جیانی همان نام‌های فارسی الاصل است که در بخشی خاوری جهان اسلام به کار رفته است. [۵۳]

یکی از دستاوردهای مهم مهندسان اسلامی در حوزه علم حیل، طراحی و ساخت انواع ابزار بالا کشیدن آب (چرخ چاه) بود که نمونه‌های ساخته شده آنها حتی امروزه در سرزمین‌های اسلامی یافت می‌شود . [۵۴]هر گاه از دید عملی به دستاوردهای مهندسان و دانشمندان اسلامی در حوزه علم حیل دقت کنیم. مهم ترین دستاورد در تبادل بین اسلام و غرب، آشنا ساختن اروپا با باروت و سلاح آتشین است. ابن خلدون در کتاب العبر از استفاده از انواع سلاح‌های آتشین و آن هم نه فقط در حیطه استفاده از توپ‌ها یا تفنگ ها، بلکه در انواع گوناگونی از پرتابه‌ها در نبردهای سلاطین اسلامی در آفریقا یاد کرده است . بررسی آرای چند تن از دانشمندان درباره این پرتابه ها، نوشته‌های شهاب الدین فضل الله وحسن الرماح، ما را به دنیای عجیب و شگفت آور سلاح‌های آتشین آشنا می‌سازد. [۵۵]

از جمله دانشمندان و فیزیک دانان مسلمانان دیگر، ابن مسکویه، محمود بن مسعود بن مصلح، ابو اسمعیل علی بن احمد، زید الدین عبدالرحمن دمشقی، ابوالعزجوزی، ابوالقاسم عراقی، قیصرحنفی، قطب الدین شیرازی می‌باشند که متأسفانه آثار آنان از بین رفته است یا اندکی از این آثار باقی مانده است. [۵۶]

نتیجه گیری

توجه به مفهوم کارکردگرایی و فن آوری در حوزه علم حیل باعث نوآوری فیزیکدانان مسلمان شده است. کارکردگرایی، و البته نیازهای اقتصادی و اجتماعی از ویژگی‌های این دستاوردها به حساب می‌آیند. بسته به مورد، شاهد ابداعات، اختراعات و کوشش هایی هستیم که در هر گوشه از عالم اسلام برای رفع نیازهای مردم انجام شده است و برای آگاهی از نقش

دانشمندان و مهندسان اسلامی در طراحی و ساخت این دستاوردها محتاج کنار هم قرار دادن آرای آنان در مهمترین آثار مکانیک و فیزیک اسلامی هستیم. تنها با نگاهی ژرف تر در آثار کمیاب دیگری که کمتر امکان معرفی شدن داشته اند، به سطوح عالی تر دانش مسلمانان از علوم فیزیک و مکانیک خواهیم رسید. در تقابل بین شرق و غرب، در تقابل بین دنیای اسلام و تمدن غرب، بر خلاف سایر علوم که در آنها ترجمه کتاب‌ها عامل انتقال علوم اسلامی از شرق به غرب بودند، در حوزه حیل این برحوزه تمدن‌ها و نه ترجمه کتاب‌ها بود که باعث انتقال فن آوری اسلامی به غرب شد. در رده بندی آثار ترجمه شده از زبان‌های اسلامی به زبان‌های اروپایی تعداد کتاب‌های ترجمه شده در حیطه علم حیل از همه نازل تر است. در مقابل تماس شرق و غرب، به ویژه تماسی که در جریان جنگ‌های صلیبی رخ داد، باعث آشنایی غرب با دستاوردهای فن آوری اسلامی گردید. انواع ساعت‌های خودکار با دقتی حیرت انگیز که نیروی محرکه آنها، آب یا انواع سوخت‌ها بود، انواع وسایل برای بلند کردن اشیاء سنگین (جراثقال ها) و البته از همه مهم تر انواع پرتابه‌ها و سلاح‌های آتشین، و اشنایی غرب با باروت همگی نوآوری‌های مهندسان اسلامی در حوزه علم حیل به حساب می‌آیند. یکی دیگر از شاخه‌های علم حیل، که غرب پیدایش آن را مدیون دانشمندان اسلامی است، مبحث نورشناسی است غرب خود به درستی به ابن هیثم لقب پدر نورشناسی داد است. در حیطه بحث‌های تئوریک، بسیاری از دانشمندان و مهندسان اسلامی به لایه هایی از دانش نظری در حوزه علم حیل رسیده بودند که غرب ۷ قرن پس از این زمان و تنها با ارای دانشمندان مانند نیوتن و گالیله از مرز آن گذشت.

نقش دانشمندان مسلمان در تکمیل مهندسی، مکانیک و فیزیک کمتر از همه جنبه‌های دانش آنان مورد بررسی قرار گرفته است. به ویژه تعداد دانشمندان، تحلیل گران و مورخان علم که در این زمینه به بررسی پرداخته اند، به مراتب کمتر از دیگر علوم است. پرورش مورخان علم با انگیزه پژوهش در حوزه تاریخ علم حیل باید به عنوان یکی از مهمترین دغدغه‌های مکاتب علمی اسلامی، به ویژه در دانشگاه‌ها مورد توجه قرار گیرد.

یادداشت ها:

۱- فرهنگ فارسی عمید، ص ۴۳۳.

۲- غلامحسین رحیمی،«فارابی، علم الحیل و فلسفه فناوری» پژوهش نامه تاریخ تمدن اسلامی، سال۴۴، شماره۱، بهار۱۳۹۰ ص۹۰.

۳- سارتون، جورج، مقدم بر تاریخ علم، ترجمه غلامحسین صدری افشار، تهران: وزارت علوم، ۱۳۵۳، ج ۱، ص ۱۶۷.

۴ - مسعوی، ابوالحسن، مرج الذهب، ترجمه ابوالقاسم پاینده، ج۲، ص۶۷۷

۵ - wulff,H,thetradijioxalcrafjsiaofpersia,cambridge1966,p28

۶ - S.H.Nasr. Islamic science.London.world of Islam festival.1976.p.145

۷ - حکیمی،محمدرضا،دانش مسلمین،تهران،نشرفرهنگ اسلامی،۱۳۶۳،

۸- هیل، دونالد، مهندسی مکانیک در میان مسلمانان، ترجمه حسین معصومی همدانی، تهران: نشر دانش، ش ۴، ص

۹- اذکایی، پرویز، «علم الحیل و فنون آن»، مجله تحقیقات اسلامی، ش ۱و۲، ۱۳۷۷، ص ۱۶۹

۱۰ ابن ندیم،الفهرست،محمدرضا۱۶۱ص مجدد،تهران،امیرکبیر،۱۳۷۰،ص۱۱۲و۱۱۹

۱۱- تورایی خوانساری،حسین"حلقه تکمیل کننده علم الحیل درنزدمسلمانان هرزبان بارنانس اروپا"کتاب ماه علوم وفنون،دورسوم،سال هفتم،دی۱۳۹۳،همچنین برای دیدن تصاویرمربوط به این چرخ هاواختراعات به مقاله رجوع شود.

۱۲ - هونکه،زیگرید،فرهنگ اسلام در اروپا،ترجمه مرتضی رهبانی،تهران،نشرفرهنگ اسلامی، ۱۳۷۰،ص۱۶۱.

۱۳ - زرین کوب،عبدالحسینی،کارنامه اسلام،تهران،سهامی انتشار،۱۳۴۸،ص۶۷

۱۴ - صاحب،غلامحسین،دایرةالمعارف فارسی،تهران،فرانکیسی،۱۳۷۰،ج۱،ص۸۷۳ .

۱۵ - عطایی اصفهانی،علی،تاسیس اسلام در اروپا،قم،انتشارات زر ظهور،۱۳۷۸،ص۱۲۸ .

۱۶ - شریف،محمد،منابع فرهنگ اسلامی،ترجمه سیدخلیل خلیلیان،قم،دفتر نشر فرهنگ اسلامی،۱۳۵۹،ص۱۱۰ .

۱۷ - خوارزمی محمد،مفاتیح العلوم،ترجمه خدیر جم،تهران،منبع فرهنگ ایران،۱۳۴۷،ص۲۳۷ .

۱۸ - علی اکبر ولایتی ، پویایی فرهنگ و تمدن اسلام وایران ، ج ۲ ص ۲۸۴.

۱۹ - هوتکه،فرهنگ اسلام در اروپا،ص۱۹۴ .

۲۰ - سامی،علی،نقش ایران در فرهنگ اسلامی،شیراز،فرید،۱۳۶۵،ص۳۰۴ .

۲۱ – Hill.ArabicWaler- clock. Aleppo, 1981.p.45..Donald R
۲۲ – الجزری، الجامع بین العلم و العمل، النافع فی صناعه الحیل، ص ۵۲ و ۵۳؛ Journal for the History of Arabic science.Vol .No 1,may 1977.pp 34-44
۲۳ – اذکانی، پرویز، «علم الحیل و فنون آن»، تحقیقات اسلامی، ش ۱ و ۲، ۱۳۷۷، ص ۶–۱۸۵.
۲۴ – سارتون، جورج، مقدمه بر تاریخ علم، ترجمه غلامحسین صدری افشار، تهران: وزارت علوم، ج ۱.
۲۵ – هیل، مهندسی مکانیک در میان مسلمانان، ص ۱۰–۸؛ اذکائی، «علم الحیل و فنون آن»، به نقل از یوسف الحسن ص ۷–۱۸۶
۲۶ – Encyclopedia of islam. S.v"khazeni"
۲۷ – افراسیاب پور،علی اکبر"علم الحیل"کتاب ماه،علوم و فنون،مرداد۱۳۸۹،ص۷۹ .
۲۸ - – نصر، سید حسین، علم و تمدن در اسلام، ترجمه احمد آرام، تهران، ۱۳۶۰، ص ۱۲۷؛ درباره نوآوری‌های خازنی در قاسملو، فرید؛ ناطق، محمد جواد، علم ترازو، دانشنامه جهان اسلام، ج ۶
۲۹ – عبدالله، علی، دفاع و جلال شوقی، اعلام الفیزیا فی الاسلام، بیروت، ۱۴۰۴ق، ص ۷۲.
۳۰ – همان، ص ۲۴۵.
۳۱ – کتاب علوم اسلامی و نقش آن در تحولات علمی جهان ص ۳۴۷
۳۲ – «ابن هیثم زندگی و آثار»، دایره المعارف بزرگ اسلامی، زیر نظر کاظم موسوی بجنوردی، ج ۵.
۳۳ – ویل دورا نت،عصرایمان،ترجمه ابر۵۱عصرپانیذه،بخش اول،تهران،علمی و فرهنگی ۱۳۷۳،ص۳۱۰.
۳۴ – قربانی،زین العابدین،تاریخ فرهنگ و تمدن اسلامی،تهران،۱۳۳۶،ص۲۱۲
۳۵ – نوفل،غبدالرازق،مسلمانان و دانش جدید،ترجمه علی رکعتی،تهران،برهان،۱۳۵۱،ص۱۷۰ .
۳۶ – مطهری،مرتضی،خذمات متقابل اسلام و ایران،قم،انتشارات صدرا،۱۳۵۷،ص۵۵۱ .
۳۷ – شریف،منابع فرهنگ و اسلامی،ص۱۱۱ .
۳۸ – حکیمی،دانش مسلمین،ص۱۵۴ .
۳۹ – نوفل،مسلمانان دانش جدید،ص۱۷۲.
۴۰ – شریف،منابع فرهنگ اسلامی،ص۱۱۱
۴۱ – گوستا و لوبون،تمدن اسلام و عرب،ترجمه فخر راعی گیلانی،قرون علمی،۱۳۳۴،ص۶۰۹
۴۲ – کتاب تمدن اسلام و عرب ص ۶۰۹
۴۳ – نصر، علم و تمدن در اسلام، ص ۱۱۶؛ الحسن بن هیثم– قاهره ۱۴۹۴، ص ۳۱.
۴۴ – نصر، علم و تمدن در اسلام، ص ۱۱۸.
۴۵ – درباره زندگی و آثار علمی بیرونی، دانشنامه جهان اسلام، ج ۵.
۴۶ – سامی،نقش ایران در فرهنگ اسلامی،ص۲۹۴ .

۴۷ – نوفل،مسلمانان و دانش جدید،ص۱۷۹.
۴۸ – دامپیر،تایخ علم،ترجمه عبدالحسین ازرنگ،تهران،سمت،۱۳۷۱،ص۹۹
۴۹ – نصر، علم و تمدن در اسلام، ص ۱۲۰.
۵۰ - قربانی، ابوالقاسم، بیرونی نامه، تحقیق در آثار ریاضی استاد ابوریحان بیرونی، تهران، ۱۳۵۳، ص ۵۲.
۵۱ – ولایتی، علی اکبر، پویایی فرهنگ و تمدن اسلام و ایران، ص ۱۸۸.
۵۲ – میه لی آلدو، علوم اسلامی و نقش آن در تحول علمی جهان، ترجمه محمد رضا شجاع رضوی و دکتر اسدالله علوی ص۱۱۰
۵۳ – پرویز اذکائی ص ۱۸۳
۵۴ – A.Y.Hassan and D.R. Hill science techniques Islam. Paris, 1991.pp.19-29
۵۵ – مهدی فرشاد، تاریخ علم در ایران انتشارات امیر کبیر چاپ ۱۳۶۶، ص ۹۷
۵۶ – زین العابدین قربانی، تاریخ فرهنگ و تمدن اسلامی ص ۱۴۵ .