

# سیر تحول علم مکانیک نزد مسلمانان

سید مصطفی میر سلیم

مقدمه: جایگاه تاریخی بحث سیر تحول علم مکانیک نزد مسلمانان

تاریخ علم را نباید جدا از تاریخ حیات سیاسی، اجتماعی دانست و مستقل از آن بررسی کرد (شکل ۱). مسلمانان پس از فتوحات اولیه که به یمن برتری معنویشان به دست آمده بود، رفته رفته به بررسی و تحلیل دستاوردهای فتوحات خود در شرق و غرب عالم پرداختند. دوران عباسیان، شاهد رشد فعالیت‌های علمی و تحقیقی در همه زمینه‌هایی بود که به دین و دنیای مسلمانان برمی‌گشت. در همین دوران است که تسلط فنی و مهندسی نیز شتاب می‌گیرد و پشتوانه آن دوران پانصد ساله، قطعاً ایرانیان اند.<sup>۱</sup>

با حکومت سلجوقیان، اقوام ترک وارد صحنه قدرت می‌شوند. آنها سیاستمداران در کنار خلیفه بغداد حکومت را به دست می‌گیرند.<sup>۲</sup> تیره‌ای از

۱. نقطه اوج قدرت عباسیان در ایام خلافت هارون الرشید است. رشد اقتصادی، آرامش سیاسی، پیشرفت‌های علمی، ادبی، هنری و فنی از مشخصات آن است (۱۷۰-۱۹۴).

۲. قدرت سازماندهی کشوری و لشکری سلجوقیان در زمان ملک‌شاه با وزارت نظام‌الملک به اوج خود می‌رسد. تأسیس نظامیه‌ها و مدارس، یادگار آن روزگار است (۴۵۹-۴۷۹).

ملاحظات	اندلس	شمال آفریقا	مصر	آسیای صغیر		شام	مورستان	حرق		ایران	ماداراء النهر	ردیف
				درد شرف	درد شرف			درد شرف	درد شرف			
	بنی امیه	بنی امیه	بنی امیه	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۱
	بنی امیه	ادارسه	بنی عباس	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۲
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۳
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۴
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۵
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۶
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۷
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۸
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۹
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۱۰
	بنی امیه	بنی امیه	بنی طولون	درد شرف	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	بنی عباس	۱۱

شکل ۱

اختلاف همانها (ارتغرل، قرن ۷) پایه گذار حکومت عثمانی می شوند.<sup>۱</sup> در ایام دفع تعرضهای صلیبیان در آسیای صغیر<sup>۲</sup>، و به فاصله یک قرن و نیم، شاهد حملات چنگیزخان از سال ۶۱۶ و سپس امیر تیمور از سال ۷۷۱، از آسیای میانه هستیم. این حملات هر چند خسارات جبران ناپذیری به مسلمانان وارد آورد، اما بالاخره سردمداران آن در فرهنگ اسلامی هضم شدند. به عنوان نمونه، می توان سلسله‌های ایلخانان و تیموریان را ذکر کرد. در این میان نحوه پایان گرفتن جنگهای صلیبی و متوقف شدن پیشرفت مغولها شایان توجه است.

با روی کار آمدن صفویان<sup>۳</sup>، تحرک جدیدی در کنار عثمانیان، که قبل از آن

۱. شکوفایی اصلی حکومت عثمانی در زمان سلطان سلیمان است (۹۲۷-۹۷۴) ولی مانند بقیه سلسله‌ها، تحت تأثیر هوسرانی وزرا، تحریکات حرمسرای سلاطین، شورش بنی چریها (که اولین نوع سپاهی حرفه‌ای است) و عدم کفایت سیاسی برای جذب و اداره اقوام زیر سلطه خود، به ضعف گراییدند.

۲. تعرضهای صلیبی از سال ۴۸۲ م شروع می شود به بهانه بازپس گرفتن بیت المقدس که در سال ۴۶۲ مجدداً به دست مسلمانان افتاده بود. بیت المقدس را ایرانیان در ۶۱۴ م (زمان خسرو پرویز) فتح کردند که سوره روم بدان اشاره می کند: *غَلَبَتِ الرُّومُ فِی اَدْنٰی الْاَرْضِ* (روم: ۲-۳) سپس مسلمانان در زمان خلافت عمر در سال ۱۶ آن را تسخیر کردند. بیت المقدس در ۴۸۶ به دست اولین صلیبیان افتاد که در آنجا حکومت پادشاهی مستقر کردند. دومین جنگهای صلیبی از ۵۳۶ تا ۵۳۸ با شکست صلیبیها مواجه شد. شاه بیت المقدس در ۵۷۷ از صلاح الدین ایوبی شکست خورد و بیت المقدس فتح شد. جنگهای سوم صلیبی که پس از آن روی داد به نتیجه مهمی منجر نشد. جنگهای چهارم صلیبی متوجه قسطنطنیه بود و دو سال به درازا کشید و منجر به بنیانگذاری امپراطوری لاتین قسطنطنیه در سال ۵۹۵ شد. در جنگهای پنجم صلیبی، توانستند قسمتی از بیت المقدس را اشغال کنند (۶۱۳). جنگهای ششم صلیبی عملاً جنبه نظامی ضعیفی داشت ولی منجر به معاهده‌ای شد که بیت المقدس، نصران و بیت لحم را در اختیار آنها قرار می داد (معاهده یافا ۶۲۱). در جنگهای هفتم صلیبی، پس از بازپس‌گیری بیت المقدس به دست مسلمانان در ۶۳۷، لویی مقدس یا لویی نهم، شاه فرانسه اسیر شد و صلیبیها در المنصوره شکست بزرگی خوردند. شاه فرانسه در مقابل پس دادن شهر دمیاط آزاد شد. این جنگها از ۶۴۱ تا ۶۴۷ به درازا کشید. در جنگهای هشتم صلیبی در سال ۶۶۴ که پس از بازپس‌گیری انطاکیه به دست مسلمانان در ۶۶۱ روی داد، صلیبیها شکست قطعی خوردند. لویی مقدس در طول محاصره تونس مُرد و ادوارد، شاه انگلستان، توقف جنگ را درخواست کرد (۶۶۶) و پرونده جنگهای صلیبی بسته شد.

۳. سلسله صفویه از ۹۱۹ تا ۱۱۵۰ دوام داشت.

به فتح قسطنطنیه<sup>۱</sup> نایل آمده بودند، از طرف ایرانیان در جهان اسلام پدید آمد. این تحرک موجب نظم در سرزمینهای ایرانی شد، اما در همان دوران جبهه اروپایی اسلام رو به ضعف رفت. تنها کشورهایی که با فتوحات عثمانی مسلمان شدند آلبانی، بوسنه، دوبروچه، مقدونیه شمالی و تراکیه بودند.<sup>۲</sup>

دنباله حکومتهای اسلامی که در اندلس پس از ورود طارق<sup>۳</sup> استقرار می یابند، در طول هفت صد سال، فرهنگ درخشان و شکوهمندی را رواج می دهند که در پایان با تفرقه ای که بین حکام مسلمان پیدا شد به افول گراییدند.

ثبات نسبی و قدرت سیاسی در اقطار مختلف جهان اسلام در این ادوار زمینه رشد علمی و به اوج رسیدن آن را فراهم آورد و متقابلاً تفرقه و سستی حکومتها، هر جا و هر زمان که بروز نمود، به کم رنگ شدن فعالیت های علمی و فنی کمک کرد.

مهمترین چهره های علمی - فنی که تا قرن یازدهم از ایران برخاسته اند به ترتیب تاریخی (تاریخ وفات)، در جدول ۱ آمده است. ملاحظه می شود که ۹۰ درصد بزرگان دانش و فن جهان اسلام تا قرن هشتم هجری ظهور پیدا کرده اند.

شکوفایی علوم اسلامی از ابتدای قرن سوم به این دلیل است که تا پایان قرن اول، مسلمانان مشغول فتوحات و تا پایان قرن دوم، مشغول تثبیت آن

۱. قسطنطنیه در سال ۸۵۷ به دست سلطان محمد دوم فتح شد. محاصره و نیز در ۹۳۶ رخ داد.  
 ۲. آلبانی از اواخر قرن نهم به تسخیر عثمانیها درآمد. بوسنه از ۸۳۹ (۱۴۳۶ م) خراجگذار عثمانیها بود و در سال ۸۶۷ مستخر سلطان محمد دوم شد. دوبروچه پس از معاهده استغابو (۱۸۷۸ م) از حکومت عثمانی جدا شد و به رومانی پیوست. مقدونیه از سال ۷۶۷ به تصرف عثمانیها درآمد.

۳. طارق از ۹۱ تا ۹۴ مشغول فتح اندلس بود. موسی بن نصیر نیز از ۹۲ تا ۹۴ او را همراهی می کرد. بعد از چند قرن شکوفایی بالاخره آخرین شهر اسلامی اندلس، غرناطه، در سال ۸۹۸ به دست اسپانیاییها می افتد و امرای بنی نصر اندلس منقرض می شوند.

بوده‌اند. این فاصله، مرحله عمق یافتن ریشه‌های اسلام و تطبیق نظامهای سنتی م ناطق فتح شده با اسلام بود.

در اواخر قرن دوم است که علمایی همچون ابوزید، ابو عبیده، اصمعی، کار فرهنگنامه‌ایی زبان عربی را تکمیل کردند.<sup>۱</sup> به همین مناسبت ذکر نام خلیل بن احمد که بنیانگذار فرهنگنامه نویسی است ضرورت دارد.

از مشخصه‌های بسیار مهم علوم اسلامی آن است که بر یک نکته تأکید دارد و آن ضرورت به آزمایش گذاشته شدن فرضیه‌ها به شکلهای گوناگون تجربی، ریاضی و مشاهده‌ای است. کارهای بیرونی و عبدالرحمن صوفی شاهد خوبی بر این مدعاست هر چند ابوعلی سینا در طبیعت شناسی مینا را تجربه قرار نداده است.

برای بررسی سیر تحول مکانیک نزد مسلمانان ضروری است جایگاه این علم را در تقسیم‌بندی علوم آن روزگار جامعه اسلامی مشخص کنیم. بدین منظور از طبقه‌بندی فارابی (در احصاء العلوم)، استفاده می‌کنیم. این طبقه‌بندی از لحاظ جایگاهی که به مکانیک داده است، نسبتاً کاملتر است. او علوم را به شکل زیر تقسیم می‌کند:

الف) علم زبان: لغت، نحو، صرف، شعر، کتابت و قرائت.

ب) علم منطق: مقدمات، عبارت، قیاس، برهان، جدل، سفسطه، خطابه و شعر.

ج) علم تعالیم: ۱- علم عدد: نظری، عملی، ۲- علم هندسه: نظری، عملی، ۳- علم مناظر یا بصریات، ۴- علم نجوم: اشکال و حرکات زمین و اجرام فلکی، احکام نجوم، ۵- علم موسیقی: نظری، عملی، ۶- علم ائفال: در تعیین اوزان و بحث در اصول افزارهایی که برای برداشتن اجسام به کار می‌رود (علم سکون، استاتیک)، ۷- علم حیل: جبر و مقابله، معماری، مهندسی، علم ساختن آلات (ابزار نجوم، آینه‌ها، ظرفهای عجیب و...).

1. *Sciences et Techniques en Islam*, A. Y. Hassan and D.R. Hill Unesco, Paris 1991, p. 19.



پښتونستان د علومو او مطالعاتو فریښی  
پرتال جامع علومو انسانی

د) علم طبیعی: اجسام طبیعی، اجسام بسیط، عناصر اجسام مرکب، کون و فساد اجسام طبیعی، اعراض و انفعالات مختص به عناصر، اجسام ترکیب یافته از عناصر، معادن، گیاهان و جانوران.

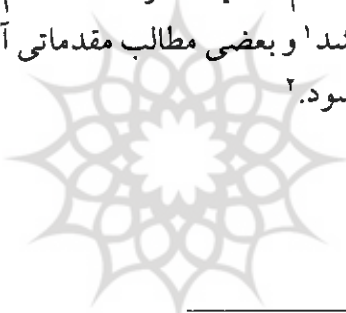
علم الهی: وجود، مبادی و براهین در علوم نظری خاص (منطق، تعالیم و طبیعی)، موجودات غیر جسمانی.

ه) علم مدنی: سعادت، سیرتهای نیکو در بلاد و ملتها، افعال نیکو (اخلاق و سیاست)

علم فقه: آراء

علم کلام: آراء

در این تقسیم‌بندی، علم مکانیک، در قسمت علم تعالیم، شامل علم افعال و علم حیل می‌باشد<sup>۱</sup> و بعضی مطالب مقدماتی آن نیز در زیر سرفصل علم طبیعی مطرح می‌شود.<sup>۲</sup>



۱. بعد از فارابی، طبقه‌بندی نهایی تقسیم علوم در اسلام منسوب به ابن خلدون است که خلاصه آن بدین صورت است:

الف) علوم فلسفی و عقلی که انسان می‌تواند بر حسب طبیعت اندیشه خود به آنها پی‌ببرد و به یاری مشاعر بشری خویش به موضوعات و مسائل و اقسام براهین و انواع تعالیم آن رهبری شود: ۱- منطق، ۲- علوم طبیعی شامل طب و فلاح، ۳- علوم ما بعدالطبیعی یا الهیات شامل علوم ساحری یا طلسمات، علم اسرار حروف، علم کیمیا، ۴- علم تصاویر یا تعالیم شامل علم هندسه، علم حساب، علم موسیقی، علم نجوم و احکام نجوم.

ب) علوم نقلی و وضعی که کلیه آنها مستند به خبر از واضع شرع است و عقل را در آنها مجالی نیست: ۱- علم قرآن و تفسیر و قرأت، ۲- علم حدیث و علم رجال، ۳- علم کلام، ۴- علم فقه، ۵- علم تصوف، ۶- علم زبان عربی: لغت، نحو، بیان، ادب؛ ملاحظه می‌شود که در این طبقه‌بندی جایگاه مکانیک مبهم است (سیدحسین نصر، علم و تمدن در اسلام، ترجمه احمد آرام، تهران ۱۳۵۹، ص ۵۷).

۲. ابونصر محمدبن فارابی، احصاءالعلوم، ترجمه حسین خدیوچم، بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۴۸، ص ۴-۷.

## فصل یک: بررسی آرای علمای اسلامی در مبحث مکانیک

۱-۱ قطب‌الدین شیرازی، مؤلف دایرة‌المعارف گرانقدر فارسی (درة‌التاج لغرة‌الدباج)، علم جرائقال و علم حیل را از فروع علم ریاضی که همان علوم تعالیم در تقسیم‌بندی فارابی است ذکر می‌کند. به علم حیل "نیرنجات" که جمع معرّب واژه نیرنگ فارسی است نیز می‌گویند (غیاث اللغات) که به معنی مکر و افسون و عجایب و حتی ادعیه است. حیل و نیرنجات بیشتر جنبه کاربردی داشته است و اهل این فن بیشتر از سایر رشته‌ها در پنهان نگاهداشتن اسرار کار خود کوشا بوده‌اند و در این رشته کمتر کتاب نوشته‌اند.<sup>۱</sup>

یادآوری می‌شود که علم سکون (استاتیک) پس از افلاطون و ارسطو، به ارشمیدس برمی‌گردد. هموست که مفهوم مرکز ثقل را برای اجسام مطرح می‌کند.<sup>۲</sup> اما سخن بیرونی درباره اصل جاذبه و جهت آن به طرف مرکز زمین صریح و واضح است (قانون مسعودی).

خازنی هم بر همان رأی تأکید و اضافه می‌کند که اختلاف قوه جذب وابسته به مسافت بین جسم و مرکز کره زمین است. شریف ادیسی جاذبه زمین را به جاذبه مغناطیسی تشبیه می‌کند.<sup>۳</sup>

۱. محمد حافظ اصفهانی، نتیجه‌الدوله، مقدمه تقی پیش، تهران، ۱۳۵۰، ص دوازده.

۲. افلاطون متولد ۴۲۷ قبل از میلاد و متوفی به سال ۳۴۷ قبل از میلاد است. کتاب او در باب (علم سکون، تیمایوس (Timaios) است. ارسطو متولد ۳۸۴ قبل از میلاد و متوفی به سال ۳۲۲ قبل از میلاد از شاگردان افلاطون است. اوست که موضوع گرایش هر جسم به سمت مرکز زمین را مطرح می‌کند. ارشمیدس متولد ۲۸۷ قبل از میلاد و مقتول ۲۱۲ قبل از میلاد است. آثار او به عربی ترجمه و تدریس شده است.

۳. علی عبدالله دفاع و جلال شوقی، اعلام الفیزیاة فی الاسلام، بیروت ۱۴۰۴ ق، ص ۷۲.

۴. این را که نیروی ثقل (نیروی طبیعی) متناسب با بزرگی جسم است، علمای اسلامی می‌شناختند. ابن سینا در فصل بیست و دوم از نمط ششم کتاب الاشارات و التنبیها، ج سوم، ۱۴۰۳ ق، ص ۲۰۰ می‌نویسد: القوة فی الجسم الاکبر، اذا كانت مشابهة للقوة فی الجسم الاصغر، حتی لو فصل من الاکبر مثل الاصغر، تشابهت القوتان بالاطلاق، فانها فی الجسم الاکبر اقوی و اکثر، اذ فيها بالقوة شبيه تلك و زیاده، یعنی نیروی (موجود در) جسم بزرگتر، اگر ←



علم ایستابشناسی (هیدروستاتیک) هم به ارشمیدس برمی‌گردد. لیکن پیشرفت و تعمیق آن مرهون بیرونی است. بیرونی به تغییر وزن مخصوص آب بر اثر تغییر دما پی‌برد و نیز متوجه موضوع فشار و تعادل در مایعات و تغییرات آن در هنگام جریان مایعات شد.<sup>۱</sup> پس از او خازنی به تشریح جامع‌تر موضوع پرداخت. او به تأثیر مقدار فشار هوا بر وزن اجسام اشاره‌ای دقیق می‌کند و بر توریچلی و پاسکال و بویل چندین قرن سبقت دارد.<sup>۲</sup> او قانون ارشمیدس دربارهٔ مایعات را به گازها تسری داد.<sup>۳</sup>

← همانند/برابر نیروی (موجود در) جسم کوچکتر باشد، حتی اگر به قدر جسم کوچکتر از جسم بزرگتر جدا شود، این دو نیرو مطلقاً همانند/برابرند، و آن نیرو همانا در جسم بزرگتر قویتر و بیشتر است زیرا در آن، نیرویی همانند آن نیرو و [حتی] بیش از آن وجود دارد. دربارهٔ جاذبه زمین، بیرونی در قانون مسعودی می‌نویسد (مطبعة دایرةالمعارف العثمانية، حیدرآباد دکن، جلد اول، مقاله اول، ۱۳۷۳/۱۹۵۴، ص ۲۲): الناس على الارض منتصبو القامات على استقامة اقطار الكرة، و عليها أيضاً تؤول الاثقال الى السفل، یعنی قامت افراد روی زمین در جهت قطره‌های کره است. همچنین بر روی زمین، چیزهای سنگین به سوی پایین باز می‌گردند (= می‌گیرند).

و ابو الفتح عبدالرحمان منصور خازنی می‌نویسد: ان الاجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الارض و ان اختلاف قوة الجذب مرجع الى المسافة بين الجسم الساقط و هذا المركز، یعنی اجسامی که فرو می‌افتند بسوی مرکز زمین جذب (کشیده) می‌شوند، و اختلاف نیروی جاذبه به فاصلهٔ میان جسم فروافتنده و آن مرکز برمی‌گردد.

همو در کتاب میزان الحکمة می‌نویسد (باب اول، فصل اول ص ۱۶): الجسم الثقيل هو الذي يتحرك بقوة ذاتية ابدأ الى مركز العالم فقط، اعنى ان الثقيل هو الذي له قوة محرّكة الى نقطة المركز، یعنی جسم سنگین به نیروی ذاتی خود همیشه فقط به سوی مرکز جهان حرکت می‌کند، یعنی جسم سنگین آن است که نیروی محرکی به سوی نقطه مرکز دارد.

و تشبیه جاذبهٔ زمین به جاذبهٔ مغناطیسی را شریف ادریسی در کتاب نزهة المشتاق فی اختراق الافاق (جلد ۱، ص ۷-۸) این طور شرح می‌دهد: الارض جاذبة لمانی ابدانها من الثقل بمنزلة حجر المغناطیس الذي يجذب الحديد، یعنی زمین، به مثابهٔ سنگ مغناطیس که آهن را می‌رباید (جذب می‌کند) چیزهای سنگین موجود در بطون خود را جذب می‌کند.

۲. همان، ص ۲۴۵

۱ دفاع - شوقی، همان، ۲۳۱-۲۳۴

۳. حمید مورانی و عبدالحلیم مستصر در کتاب خود، قرأت فی تاریخ العلوم عند العرب می‌نویسند: لقد سبق الخازنی تورشیللی فی الإشارة الى مادة الهواء و وزنه و أشار الى أن للهواء وزناً و قوة رافعة كالسوائل، و أن وزن الجسم المغمور فی الهواء ينقص عن وزنه الحقيقي، و أن مقدار ما ينقصه من الوزن يتوقف على كثافة الهواء و بیّن أن قاعده ←

خازنی پیشقدم در تعیین وزن مخصوص مایعات و مواد مرکب است و بدان منظور از ترازوی ویژه‌ای با ۵ کفه، استفاده کرده است (شکل ۲). به اهمیت کتاب خازنی میزان الحکمة، مستقلاً اشاره خواهیم کرد. خازنی گرانروی سیالات را مطرح می‌کند و می‌گوید حرکت اجسام در مایعات وابسته به مقاومت مایع است.<sup>۱</sup> همین مطلب را فخر رازی صحه می‌گذارد و می‌گوید مقدار مقاومت در مقابل حرکت وابسته به جنس سیال محیط حرکت است.<sup>۲،۳</sup>

← ارخمیدس لاتسری فقط علی السوائل و لکن تسری ایضا علی الغازات و کانت مثل هذه الدراسات هی التي مهدت لاخترع البارومتر و مفرغات الهواء و المضخات، و ما أنشبهه، وبهذا یکون الخازنی قد سبق تور شیللی و باسکال و بویل و غیرهم، یعنی در اشاره به ماده هوا و وزن آن، خازنی بر تریچلی (Torricelli) تقدم داشته است. خازنی به این (موضوع) اشاره کرده که هوا، مانند مایعات، وزن و نیروی بالا برنده دارد، و وزن حقیقی جسم واقع در هوا کاهش می‌یابد، و مقدار این کاهش وزن منوط به چگالی (غلظت) هواست. همچنین تبیین کرده است که قانون ارشمیدس نه فقط در مورد مایعات بلکه در مورد گازها هم صدق می‌کند. این‌گونه پژوهشها و مطالعات بود که زمینه را برای اختراع بارومتر (baromètre) آلات تخلیه هوا [یعنی ایجاد خلأ] آلات ایجاد هوای فشرده، و نظیر اینها آماده کرد، و از این حیث خازنی بر تریچلی و پاسکال (Pascal) و بویل (Boyle) و غیر هم تقدم داشته است.

۱. خازنی به مقاومت سیالات در کتاب میزان الحکمة اشاره می‌کند (باب اول، فصل سوم، ص ۱۶): اذا تحرك جسم ثقيل في اجسام رطبة فان الحركة فيها بحسب رطوباتها فتكون حركته في الجسم الارطب اسرع، یعنی هرگاه جسم سنگینی در جسمهای تر (مرطوب) حرکت کند، حرکت آن در اجسام تر بستگی به مقدار تری (رطوبت) آنها دارد، یعنی حرکت آن در جسم مرطوبتر، سریعتر است.

۲. امام فخر رازی در فصل ۱۹ از فن اول کتاب دوم المباحث المشرقیة، چاپ حیدرآباد دکن، ص ۲۳۲ و ۲۳۳ می‌نویسد: ان الجسم اذا تحرك في مسافة فكلما كان الجسم الذي في المسافة ارق، كانت الحركة فيه اسرع، و كلما كان أغلظ كانت الحركة فيه ابطأ لأن الرقيق شديد الانفعال عن الدافع الخارق، و الغليظ شديد المقاومة، و ایضا المشاهدة تدل علی ذلك، یعنی هرگاه جسمی مسافتی را بپیماید، هرچه جسمی / ماده‌ای که در آن مسافت هست رقیقتر باشد حرکت در آن سریعتر، و رقیق هرچه غلیظتر باشد حرکت در آن کندتر است، زیرا غلیظ [ماده/ جسم] در برابر عامل دافع (= راننده) و خارق نیز بر این [= سوراخ‌کننده، سنبنده، گسلنده] سخت متغزل می‌شود ولی [ماده] مقاومت شدیدی در برابر آن عامل نشان می‌دهد. مشاهدات [ما] موضوع دلالت می‌کند.

۳. دفاع - شوقی، همان، ص ۲۹۱.



پرتاب اجسام بررسی می‌کند.<sup>۱</sup> ابن سینا قانون اول را چهار قرن جلوتر از لئوناردو داوینچی بیان می‌کند: وقتی بر جسمی از خارج نیرویی اعمال نمی‌شود آن جسم در حال سکون می‌ماند یا به حرکت مستقیم یکنواخت خود ادامه می‌دهد.<sup>۲</sup>

او بسیار جلوتر از گالیله (پنج قرن)، حرکت دایمی خود به خودی را رد می‌کند.<sup>۳</sup> ابن سینا در مقوله دیگر ضمن اشاره به زیادبودن سرعت نور، بر محدودبودن آن تأکید می‌کند.<sup>۴</sup> وابستگی حرکت به زمان را بهمنیار مرزبان (متوفی ۴۵۸)، از شاگردان بوعلی، در کتاب التحصیل مطرح می‌کند و می‌گوید: هر سرعتی در زمان معنی دارد زیرا با هر سرعت مسافتی طی می‌شود و این طی مسافت با مرور زمان توأم است. اگر سرعت حرکت، بینهایت زیاد شود، مدت زمان آن بینهایت کوچک می‌شود.<sup>۵</sup> در همین زمینه

۱. دفاع - شوقی، همان، ص ۸۰-۸۱.

۲. ابن سینا در کتاب الإشارات و التنبیها، النمط الثاني، الفصل السادس می‌گوید (جلد دوم، ص ۱۹۸): انك لتعلم ان الجسم اذا خلی و طباعه ولم يعرض له من خارج تأثير غریب، لم یكن له بد من موضوع معین و شكل معین، فاذن فی طباعه مبدأ استیجاب ذلك، یعنی بدان که اگر جسمی تنها با طبع خود باشد (تأثیر بیگانه‌ای از بیرون بر آن وارد نشود)، ناچار باید موضعی معین و ، در شکلی معین داشته باشد، و بنابراین، مبدأ و منشأ و جوب این است. و [موضوع] طبیعت آن جسم در مقاله چهارم طبیعیات کتاب شفا می‌نویسد: و لیست المعارقه للجسم بماهو جسم، بل بازدارنده بمعنی فیه یطلب البقاء علی حاله (دفاع - شوقی، همان، ص ۸۶-۸۷). یعنی بر حال خود [عامل] و عایق جسم، جسمانیت آن نیست، بلکه می‌باشد. [عاملی] در آن است که خواهان بقای [جسم] بر حال خود می‌باشد.

۳. جمله ابن سینا به نقل از فصل ۲۳ نمط ششم کتاب اشارات و تنبیها (جلد سوم، ص ۲۰۱) این است: لا یجوز أن یكون فی جسم من الأجسام قوة طبيعية تحرك ذلك الجسم حرکات بلانهایة، یعنی ممکن نیست که در جسمی نیرویی طبیعی وجود داشته باشد که آن جسم را بلانهایه به حرکت وادارد. جستجوی حرکت دائمی موضوع جذابی بوده که تا اوایل قرن بیستم بسیاری از متفکران را به خود مشغول داشته است. در شکل ۳۳ سه نمونه از دستگاههایی که فکر می‌کردند بتواند دائماً بچرخد و طراحی آن بین قرون سوم و ششم انجام گرفته مشاهده می‌شود.

۴. دفاع - شوقی، همان، ص ۱۹۷-۱۹۸.

۵. جمله بهمنیار مرزبان در التحصیل، (کتاب سوم، مقاله اول، فصل چهارم، ص ۴۳۹) این است: و کل سرعة فی زمان، لأن کل سرعة هی فی قطع مسافة او مایجری مجری لمسافة ←

ابن هیثم اضافه می‌کند که حرکت نور نیاز به زمان دارد هر چند به دلیل سرعت زیاد نور، مدت آن به حس ما در نیاید. او همچنین به موضوع "مقدار حرکت" اشاره می‌کند و آن را وابسته به مسافت طی شده در طول سقوط و مقدار ثقل می‌داند.<sup>۱</sup> و ابوالبرکات بغدادی در کتاب خود، *المعتبر فی الحکمة* تصریح می‌کند که هر چه مسافت طی شده در طول سقوط بیشتر باشد سرعت جسم و مقدار حرکت آن بیشتر می‌شود.<sup>۲</sup> اخوان صفا در رساله<sup>۳</sup> ۱۵،

← و کل ذلك في زمان. فلو كانت حركة لانهاية لها في السرعة، لكان زمان لانهاية له في القصر، فكانت زيرا الحركة لاني زمان، يعني هر سرعتی در زمان است در [یستگی به گذشت زمان دارد] هر سرعتی در پیمایش مسافتی (یا چیزی مانند مسافت) است و همه این پس [موضوع] زمان واقع می‌شود. اگر پایانی برای سرعت حرکت نباشد پایانی، هم برای کوتاهی زمان نخواهد بود و حرکت در "لازمان" (بیزمانی) صورت خواهد گرفت...

۱. ابن هیثم بحق پدر علم نور نامیده شده است. او در کتاب *المناظر* (نسخه خطی کتابخانه فاتح استانبول شماره ۳۲۱۳) در باره نیاز نور به زمان می‌نویسد: اذا كان الثقب مستتراً ثم رفع الساتر، فوصول الضوء من الثقب الى الجسم المقابل ليس يكون الا في زمان، و ان كان خفياً عن الحسن، يعني هرگاه منفذ [نور] پوشیده باشد و سپس ساتر (= شیء پوشاننده آن) برداشته شود، رسیدن نور از منفذ به جسم مقابل فقط در زمان انجام می‌گیرد، حتی اگر آن [نور] از حس [باصره] پنهان باشد. همو درباره مقدار حرکت، جمله ارزشمندی را مطرح می‌کند (کتاب *المناظر*، مقالة چهارم، فصل سوم، ص ۷۱ و ۷۵). لأن الحركة المكتسبة انما تكون بحسب مقدار المسافة (و) بحسب مقدار الثقل، یعنی زیرا حرکت مکتسب همانا به حسب مقدار مسافت و سنگینی [جسم] حاصل می‌شود. در این جمله هر چند مسافت مطرح شده ولی به اعتبار سرعت به دست آمده پس از طی مسافت در طول سقوط می‌باشد و مقدار ثقل نیز دقیقاً گویای جرم ماده است و می‌دانیم که مقدار حرکت حاصل ضرب سرعت و جرم است (دفاع - شوقی، همان، ص ۸۳-۸۴). تعبیر بکار رفته به جای مقدار حرکت از طرف علمای اسلامی، قوة الحركة یا اعتماد الحركة است.

۲. در نسخه خطی شماره ۳۲۲۲ کتابخانه احمد الثالث در استانبول از کتاب *المعتبر فی الحکمة* جلد دوم، فصل ۲۴ ص ۹۵ آمده است: فانك ترى ان مبدالغاية كلما كان ابعد، كان آخر حركة اسرع و قوة ميله اشد و بذلك يشبه و يسحق. فلا يكون له ذلك اذا القى عن مسافة اقصر، بل يبين أن [التفاوت في ذلك بقدر طول المسافة التي سلكها، يعني پس می‌بینی که هر چه مبدأ پایان آن [غایت] دورتر نیروی باشد، آخر حرکت آن [جسم] سریعتر و نیروی میل شدیدتر است و بدینسان جسم در موقع اصابت به جسم دیگر، آن را در نتیجه] می‌شکند (می‌شکافد) و خورد می‌کند. این شکننده و خورد کننده می‌پیماید. [این نیست که آن جسم از مسافت کمتری (= از فاصله نزدیکتری) پرتاب می‌شود، بلکه تفاوت در این [امر] ناشی از طول مسافتی است که [آن جسم] می‌پیماید.

تعریف حرکت و انواع آن و قانون اول را بیان کرده‌اند.<sup>۱</sup> البته برتری نیوتن در جمع کردن سه قانون حرکت و بویژه در دادن شکل ریاضی به قانون دوم، به جای خود باقی است. اما عملاً این علمای مسلمان بودند که بسیار زودتر از او قانون اول و سوم را تبیین کردند و به مفهوم درست قانون دوم بسیار نزدیک شدند. درباره قانون دوم یعنی برابر بودن نیرو با حاصلضرب جرم در شتاب یا با تغییر مقدار حرکت (به بیان نیوتن)، بغدادی هفت قرن پیش از او چنین می‌گوید: هر چه نیرو بیشتر یا شدیدتر شود، سرعت زیادتر می‌شود و زمان کوتاه‌تر و اصطلاحی که به کار می‌برد "سلب الزمان فی السرعة" است که مفهوم امروزی شتاب را می‌رساند.<sup>۲</sup>

در مورد قانون سوم یعنی برابری اندازه عمل و عکس‌العمل و جهت متضاد آنها، بغدادی در *المعتبر فی الحکمة و فخر رازی هم در المباحث المشرقیة*، تصریح دارند.<sup>۳</sup> فخر رازی از مفهومی علمی در جمیع فروع

۱. (۲۱) اخوان صفا در رساله ۱۵ می‌نویسند (المجلد الثانی، دارصادر بیروت، ص ۱۳): واما الحركة التي تسمى النقلة فهي عند جمهور الناس الخروج من مكان الى مكان آخر، یعنی و اما به حرکتی که النقلة (= انتقال) نام دارد در نزد عموم مردم مکانی [به معنای] خروج از مکانی [زفتن دیگر است... و در رساله ۱۶: والحركات ستة انواع، احدها النقلة و هي نوعان: دورية و مستقيمة... (اخوان الصفاء، المجلد الثاني، ص ۲۵) یعنی شش گونه حرکت وجود دارد که یکی از آنها النقلة است، و این خود دو گونه است. دوری (= دایره‌وار) و مستقیم، و در رساله ۲۴ تأکید می‌کنند که در غیاب عوامل خارجی، هر جسم در حالت سکون خود باقی می‌ماند (ص ۳۹۸).

۲. نسخه خطی شماره ۳۲۲۲ کتابخانه احمد الثالث در استانبول، کتاب *المعتبر فی الحکمة اثر ابوالبرکات هبة‌الله بن ملکا البغدادی*. در جلد دوم، فصل ۲۲ ص ۸۵ می‌خوانیم: وکل حركة ففی زمان لا محالة، فالقوة الاشد تحرك اسرع، و فی زمان اقصر. فكلما اشتدت القوة ازدادت السرعة، فقصر الزمان، فاذا لم تتناه السرعة لم تتناه السرعة و فی ذلك ان تصير الحركة فی غير زمان اشد لأن سلب الزمان فی السرعة نهاية ماللشدة، یعنی هر حرکتی بالقصر در زمان است، و نیروی شدیدتر باعث حرکتی سریعتر و در زمانی کوتاهتر می‌شود. هر چه نیرو شدیدتر شود سرعت بیشتر و زمان کوتاهتر می‌شود. پس اگر شدت نیرو نهایی نداشته باشد سرعت هم نهایی ندارد.

۳. در همان کتاب، فصل ۲۴، ص ۹۴ آمده است: ان الحلقة المتجاذبة بين المصارعين لكل واحد من المتجاذبين فی جذبها قوة مقاومة لقوة الآخر. و ليس اذا غلب احدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت منه قوة جذب الاخر، بل تلك القوة موجودة مقهورة فلولاها لما احتاج الاخر الى ←

معرفت، برای بیانات تفسیری خود استفاده کرده است<sup>۱</sup> و موضوع "میل" را که همان تابع پتانسیل است، با تمثیل حرکت به سمت موضع پایین تر در حرکت به سمت مرکز زمین مطرح می‌کند.<sup>۲</sup>

به این ترتیب حتماً باید قانون اول را به بوعلی و قانون تصادم یا ضربه را به ابن هیثم و قانون سوم را به بغدادی نسبت داد.<sup>۳</sup> بغدادی، علاوه بر آن، درباره سقوط آزاد در خلأ تأکید می‌کند که بر خلاف نظر ارسطو که سرعت سقوط را اشتباهاً متناسب با وزن اجسام می‌دانست، همه اجسام یکسانند و وزن و شکل، تأثیری در حرکت آنها در خلأ ندارد.<sup>۴</sup>

— کل ذلك از الجذب، یعنی در ذوری هر [متشکل] دو عامل متجاذب (= که یکدیگر را متقابلاً جذب می‌کنند)، یک از آن دو متجاذب، نیروی مقاومتی در برابر نیروی دیگر دارد، و چنین نیست که، اگر یکی از آن دو غالب شد و دیگری را به سوی خود جذب کرد، آن مغلوب خالی و عاری از نیروی جذب دیگری باشد، بلکه آن نیرو موجود ولی مقهور است، اگر نیرویی موجود نبود، آن دیگری نیازی به کل این جذب نمی‌داشت. این در بیان قانون سوم یا برابری عمل و عکس‌العمل است. همین معنی را فخر رازی در کتاب المباحث المشرقیة فی علم الالهیات والطبیعیات چاپ حیدرآباد، کتاب دوم، فن دوم، باب دوم، فصل دهم، مسأله دوم بیان می‌کند:

الحلقة التي يجذبها جاذبان متساويان حتى وقفت في الوسط، لاشك ان كل واحد منهما فعل فيها فعلاً معوقاً بفعل الآخر... (ثم لاشك) ان الذي فعله كل واحد منهما لوخلى عن المعارض لاقتضى انجذاب الحلقة الى جانبه، فثبت وجود شيء لوخلى عن المعارض لاقتضى الدفع الى جهة مخصوصة...، یعنی [درباره] حلقه‌ای که دو جاذب متساوی آن را چنان جذب کنند که در میان قرار گیرد، شکی نیست که هر یک از آن دو، کنشی معوق به کنش دیگری در آن حلقه را اعمال می‌کنند... پس شکی نیست که اگر یکی از آن دو جاذب معارضی نداشته باشد، [این عدم معارض] مقتضی انجذاب (= جذب شدن) حلقه به جانب آن جاذب می‌شود. پس ثابت می‌شود که اگر شيء جاذب، معارضی نداشته باشد، [عدم معارض] دفع (= راندن) آن شيء را در راستای مخصوصی اقتضاء خواهد کرد...

۱. دفاع - شوقی، همان، ص ۲۹۲

۲. کتاب المباحث المشرقیة، کتاب دوم، فن اول، فصل ششم ص ۲۱۹: کل ماله مکان فلا بد و أن يكون له مکان طبیعی و مکان غریب و أن يكون له لامحالة ميل الى مکان الملائم و ميل عن مکان الغریب و الميل هو الثقل و الخفة، یعنی هر چیزی که مکان نداشته باشد، ناگزیر باید مکانی طبیعی و غریب (= غیر طبیعی، نامناسب، بیگانه) داشته باشد، و بیشک گرایش آن چیز به مکان متناسب (طبیعی) و گریز از مکان نامتناسب است. گرایش همان سنگینی و سبکی است.

۳. دفاع - شوقی، همان، ص ۹۱.

۴. در ص ۴۹ از نسخه خطی شماره ۳۲۲۲ آمده است: وایضاً لو تحركت الاجسام فی ←

در مبحث حرارت، بیرونی انبساط طولی فلزات در اثر گرما و ضرورت اصلاح اندازه گیریها را مطرح می کند. او ضمناً وابستگی جزر و مد دریاها را به تغییرات دوری ماه کشف می کند و به مفهوم جاذبه عمومی نزدیک می شود.<sup>۱</sup> ابوبکر رازی به غیر از بحث در ماهیت ماده، زمان، مکان، حرکت و وزن از لحاظ فلسفی، اهل آزمایش بوده و تحولاتی را بررسی کرده که از لحاظ ترمودینامیک دارای اهمیت اند: تقطیر، انحلال، تبخیر، تبلور، تصفیه، تصعید، ذوب، تکلیس...؛ ضمناً او رساله ویژه ای در مکانیک به نام کتاب الحیل دارد و طبقه بندی منظمی از مواد معدنی به دست داده است. البته رازی را بیشتر با شهرتش در طب بالینی و آزمایشهای کیمیایی می شناسند.

کتاب میزان الحکمة شاید مهمترین تألیف اسلامی در مکانیک و ایستابشناسی و مخصوصاً بحث در مراکز ثقل بوده باشد. خازنی در آن کتاب که در ۵۱۵ پایان یافته، نظریه دانشمندان مقدم بر خود همچون رازی و بیرونی و خیام را آورده است. "ویدمان" آثار خازنی را بررسی و مزیت آنها را به کار خیام در این زمینه گوشزد کرده است.

اشتغال به مکانیک و بویژه قوانین دستگاههای ساده در نوشته های بنوموسی و بعضی آثار منتسب به ابن سینا (معیار العقول)، دیده می شود و مطالعات ایستابشناسی هم با کامیابی زیاد توسط بیرونی و نیز عمر خیام

---

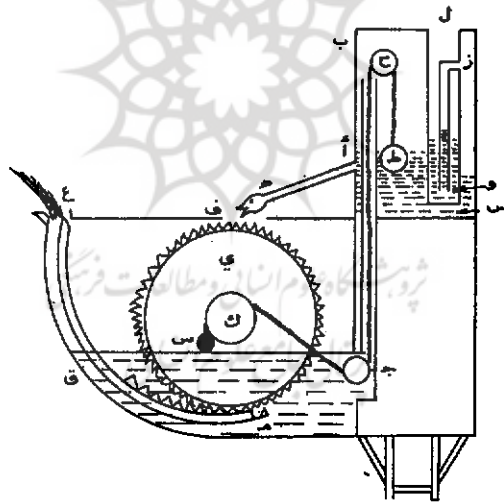
— الخلاء لتساوت حركة الثقیل و الخفیف، و الكبیر و الصغیر و المخروط المتحرك علی رأسه الحاد و المخروط المتحرك علی قاعدته الواسعة، فی السرعة و البطء لانها انما تختلف فی الملاء بهذه الأشياء بسهولة خرقها لما تخرقه من المقاوم المخروق كالماء والهواء و غیره، یعنی همچنین اگر اجسام در خلأ حرکت کنند، حرکت جسم سنگین و سبک، بزرگ و کوچک، و نیز حرکت مخروطی که بر نك تیز خود و مخروطی که بر قاعده وسیع خود بجنبند، از حیث تندی و کندی، متساوی خواهد بود. اختلاف حرکت آنها در ملاء بستگی به سهولت خرق (= شکافتن، دریدن) اشیاء مقاومی مانند هوا و آب و غیره دارد.

۱. دفاع - شوقی، همان، ص ۲۳۱.



صورت گرفته است. اما خازنی در این مکتب به پیشرفت بیشتری نائل شد. او ایستابشناسی را توأم با مکانیک مطالعه کرد و مخصوصاً به مفهوم مرکز ثقل و کاربرد آن در ترازو توجه فراوان کرد.<sup>۱</sup> کوششهای او را یک قرن بعد "الجزری" دنبال کرد که کتاب "فی معرفة الحیل الهندسیة" او تألیف معتبری در باره مکانیک نزد مسلمانان بشمار می‌رود.<sup>۲</sup> آکار الجزری را به نوبه خود قیصرالحنفی دنبال کرد که در صنعت چرخاب یا دولاب تخصص داشت.

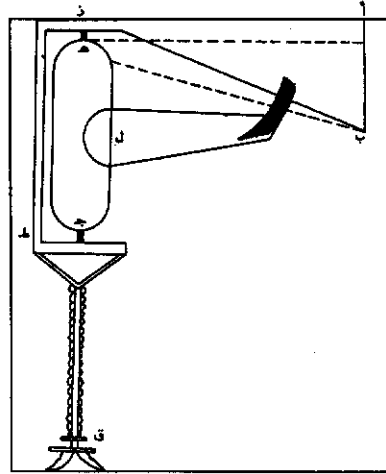
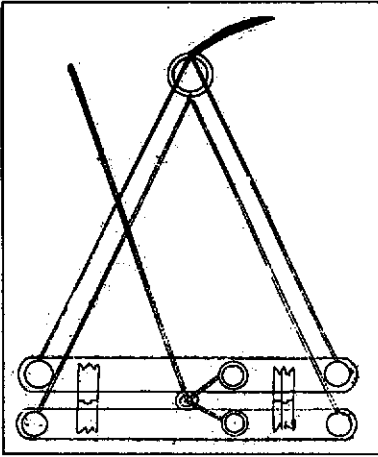
درباره دانش فنی باید اذعان داشت که پیشقدم، همان بنوموسی هستند که دامنه اختراعات و ابتکارات آنها نسبتاً گسترده است، مانند پر شدن خودکار ظروف پس از تخلیه، بالا آمدن خودکار فتیله و پر شدن خودکار روغن چراغ (شکل ۳)، چراغ مخصوص کار در محیط معادن، دستگاه



شکل ۳. تغذیه روغن و فتیله خودکار چراغ از کتاب الحیل بنوموسی

۱. همان، ص ۲۴۱-۲۴۲.

۲. عنوان اصلی کتاب الجزری: الجامع بین العلم والعمل، النافع، فی صناعة الحیل است که در سه نسخه قدیمی ونفیس دراستانبول موجود است. در یک نسخه متأخر موجود در آکسفورد و مورد استفاده ویدمان و هاپسر و هیل عنوان فی معرفة الحیل الهندسیة ذکر شده است.



شکل ۴ ب. دستگاه لایروبی از نسخه  
خطی تألیف بنوموسی - برلن.

شکل ۴ الف. چراغ معدن مجهز به بادگیر  
از کتاب "الحیل" بنوموسی.

لایروبی (شکل ۴ الف و ب)، فواره‌های مختلف و متعدد، و دستگاه  
اخبار صوتی خودکار برای مراقبت آبیاری مزارع.<sup>۱</sup>

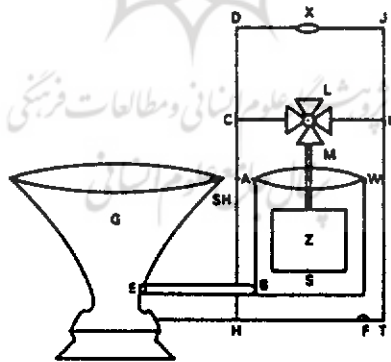
بنوموسی سه برادر بودند: محمد، احمد و حسن، محمد در صحنه  
سیاسی از همه برتر بود، ولی احمد در علم حیل مهارت بیشتر داشت و  
حسن در ریاضیات، بیشتر به هندسه پرداخته بود. آنان پسران موسی بن شاکر  
بودند که خود خراسانی بود و گویند که در زمان مأمون به منجمی رسید. او  
زود از دنیا رفت و مأمون به تربیت سه فرزند خردسال او همت گماشت و  
آنها را زیر نظر اسحاق بن ابراهیم المصعبی قرارداد. آنها به بیت الحکمة در  
بغداد راه یافتند و آموزش کاملی گرفتند. و بعد همانها سرپرستی جنبش  
ترجمه را با پشتیبانیهای مادی و معنوی خود به عهده گرفتند.<sup>۲</sup>

ثابت بن قزّه ریاضیدان مشهور ابتدا نزد محمد بن موسی زندگی می‌کرد و  
شاگرد او بود. پیرونی در آثار الباقیه از بنوموسی به بزرگی یاد می‌کند و مهارت  
و دقت آنها را می‌ستاید. ابن خلکان می‌گوید: «بنوموسی از طرف مأمون

۱. بنی موسی بن شاکر، کتاب الحیل، تحقیق احمد یوسف الحسن، حلب، ۱۹۸۱.

۲. همان، ص ک.

مأموریت یافتند مسافت پیرامون کره زمین را محاسبه کنند». ابن ابی اصیبعه می‌گوید: «بنوموسی در هواشناسی به نتایج مهمی دست یافتند». ثابت بن قره نیز اشاره به مشاهدات و بررسیهای آنها در باره پدیده‌های جوی دارد. آنها در زمینه علوم ریاضی، نجوم، فیزیک و مکانیک شاخص بودند.<sup>۱</sup> در مکانیک بسیار برتر از گذشتگان یونانی نظیر هرون و فیلون عمل کردند.<sup>۲</sup> هیل در ترجمه کتاب الحیل، وسایل اصلی را که مکرراً استفاده شده است، استخراج و در ده ردیف خلاصه کرده است.<sup>۳</sup> دو بخش از کتاب الحیل اختصاص دارد به: ۱- کشش اوزان و حرکت به کمک نیروهای کوچک، ۲- دستگاههای محرک و نیرنگات. دستگاههای ابداعی بنوموسی بر مبنای ایستابشناسی طراحی شده است، در حالی که دستگاههای الجزری و پس از او تقی الدین بر مبنای مکانیک و هیدرولیک استوار است. بنوموسی، در فکر ایجاد امکان مراقبت ذاتی، به نحوی که دستگاههای ابتکاری آنها نیاز به مراقبت‌کننده خارجی و تنظیم‌کننده نوبه‌ای (شکل ۴ ج) نداشته باشد، ریشه‌های خودکار و ابزار به وجود آورنده تأخیر زمانی را ابداع کردند و به کار بردند.<sup>۴</sup>



شکل ۴ ج. ظرف پرشونده خودکار از کتاب "الحیل" بنوموسی.

۳. همان، ص س.

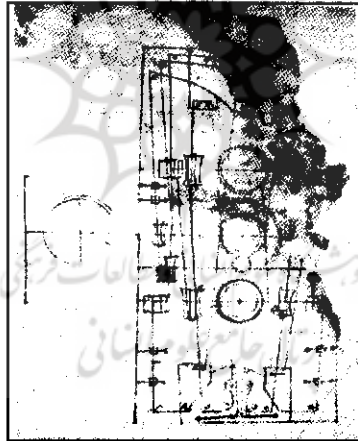
۲. همان، ص نج.

۱. همان، ص کوکز.

۴. همان، ص نو - نثر.

بنوموسی برای اولین بار میل‌لنگ را در تاریخ دانش فنی به کار بردند (پانصد سال جلوتر از اروپاییان).<sup>۱</sup> المرادی نیز در قرن پنجم از دنده در بعضی از دستگاهها استفاده کرده است (شکل ۵ الف).<sup>۲</sup> بعد از بنوموسی، در زمینه دانش فنی به الجزری می‌رسیم و کتاب مهم او فی معرفة الحیل الهندسیه یا الجامع بین العلم و العمل، النافع فی صناعة الحیل که به سال ۶۰۲ نوشته شده است. از مهندسان هم عهد الجزری باید از ابن‌ساعاتی، رضوان‌بن‌محمد یاد کرد که صاحب کتاب علم الساعات و العمل بها است.<sup>۳</sup> در استمرار همان حرکت در سال ۹۵۹، به کتاب الطرق السنیه فی الآت الروحانیة تألیف ابن‌معروف، تقی‌الدین محمد می‌رسیم. در این کتاب به دانش فنی ادوات جدید از جمله موارد زیر پرداخته شده است:

الف) ساعات مکانیکی فلکی مشهور به حق‌القمر.



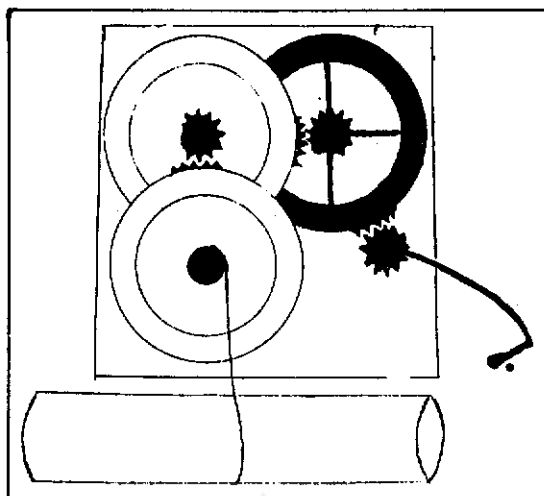
شکل ۵ الف. رسم فنی الگوی شماره پنج المرادی از یک مجموعه دنده. نیروی محرک به وسیله چرخ آب سمت چپ تأمین می‌شود. از نسخه خطی:

11v,ms orient.152 - فلورانس

1. Hassan- Hill, p. 45.

2. ibid, p. 62.

3. Donald R. Hill, *Arabic Water - Clock*, Aleppo, 1981, p. 182.



شکل ۵ ب. رسم فنی مجموعه دنده های یک جراثقال از نسخه خطی

تقی الدین - دویلن.

ب) بنکامات یا علم ساعات که به چهار نوع ساعت آبی و شنی که قبل از ساعات مکانیکی مرسوم بوده، پرداخته است.

ج) دستگاههای جراثقال که سه نوع آن را تشریح کرده است (شکل ۵ ب).

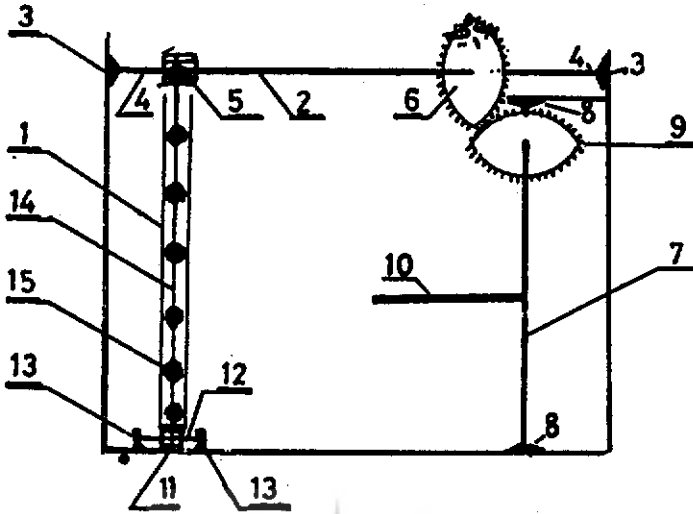
د) دستگاههای بالابرنده آب یا تلمبه‌ها، که چهار نوع آن را تبیین و ترسیم می‌کند (شکل ۶ و شکل ۷).

ه) دستگاه چرخش خودکار محور با استفاده از فشار بخار آب، در ۹۵۳ (این اختراع صد سال قبل از اختراع ویلکینز<sup>۱</sup> (۱۶۴۸ م) انجام شد<sup>۲</sup>).

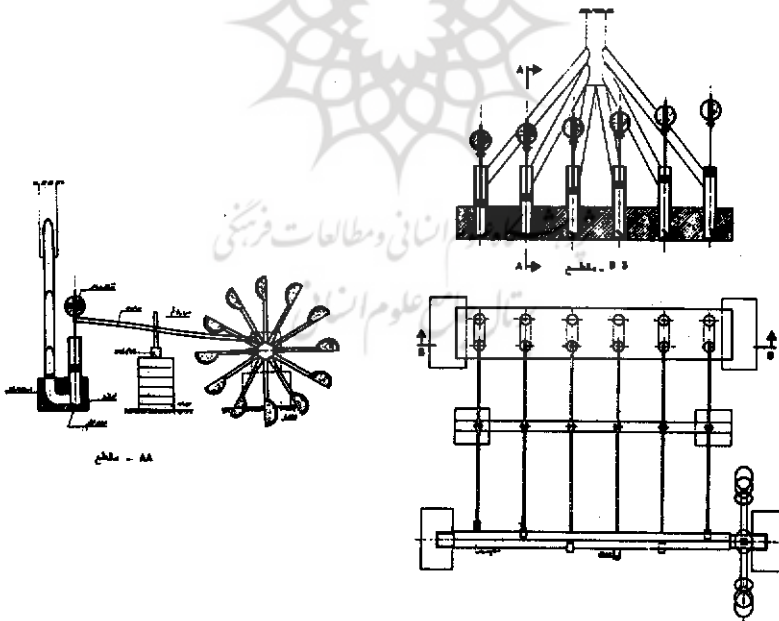
مناسب است اشاره‌ای هم به اولین تجربه پرواز در سال ۲۶۶ بشود. این ابتکار را بنی الطیب (ابن فرناس) با استفاده از بالهای پارچه‌ای و پر مرغ به اجرا گذاشت ولی موفقیتی به دست نیاورد.

1. Wilkins

۲. احمدیوسف الحسن، تقی الدین و الهندسة المکانیکی العربیة، حلب ۱۹۷۶، ص ۳۳-۳۴.



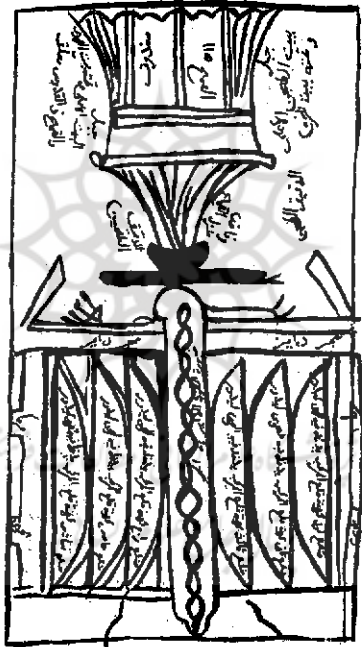
شکل ۶. رسم فنی تلمبه چاه آب از کتاب "طرق السنية" - تقي الدين.



شکل ۷. رسم فنی تلمبه شش استوانه‌ای تقي الدين از کتاب "الهندسة - المکانیکية" - احمد يوسف حسن.

## فصل دو: بررسی بعضی آثار مهم در مکانیک

۱-۲ استفاده از نیروی باد: تاریخ آسیاب بادی واقعاً با تمدن اسلامی و در ایران آغاز می‌شود. از این آسیابها در کتاب الحیل بنوموسی در قرن سوم یاد شده است. در قرن چهارم، آسیاب بادیهای سیستان را سیاحان مسلمان تشریح کرده‌اند (شکل ۸)، این نوشته‌ها نشان می‌دهد که آسیاب بادی دارای محور عمودی بود و اطراف آن با دیوار بسته می‌شد، جز یک ورودی که باعث حرکت چرخشی آسیاب می‌گردید.<sup>۱</sup>



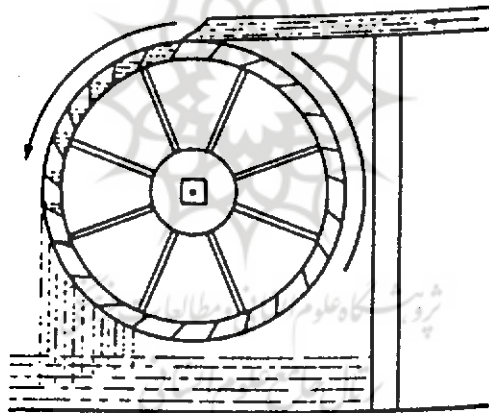
شکل ۸. مقطع یک آسیاب بادی افقی از کتاب "ترجمه نخبة الدهر" دمشقی.

۱. تشریح جزئیات آسیابهای بادی در کتاب نخبة الدهر دمشقی، تألیف حدود سال ۷۰۰، آمده است. دانش فنی این نوع آسیابها، از طریق اندلس به اروپا منتقل شد. آسیاب بادیهای Tarragona دوران اسلامی، در کتاب الروض، تألیف "همیاری" در سال ۶۶۱ تشریح شده است. ژوزف نیدهام<sup>۲</sup> معتقد است که آسیاب بادیهای شبه قاره که برای شکر استفاده می‌شد نیز از مسلمانان گرفته شده است (Hassan-Hill, op.cit, pp. 54-55).

روبر فوریس می‌گوید که آسیاب بادی از آسیابهای ایرانی اقتباس شده که در مناطق کم آب ولی بادخیز به کار می‌رفته است.<sup>۱</sup> این آسیاب بعدها در سرزمینهای مساعد اسلامی و حتی در خاور دور نیز شایع شد. استفاده از نیروی باد برای مصارف دیگری هم نظیر تلمبه کردن آب، خرد کردن نیشکر، و به طور کلی به عنوان منبع انرژی مطرح شده است.<sup>۲</sup> ب ۲۶

۲-۲ استفاده از نیروی آب: مسلمانان در بکارگیری از آب همت وافر ورزیدند زیرا حیاتشان بسیار متأثر از وضع آب و آبیاری بود و هست. آنها برای بالا بردن آب، ابتکارهای زیادی از خود نشان دادند.

الف) نیروی آب: برای مسلمانان نیروی آب و بهره‌گیری از آن در چرخ غوطه‌ور از پایین، چرخ تغذیه شونده از بالا (شکل ۹) و چرخ افقی

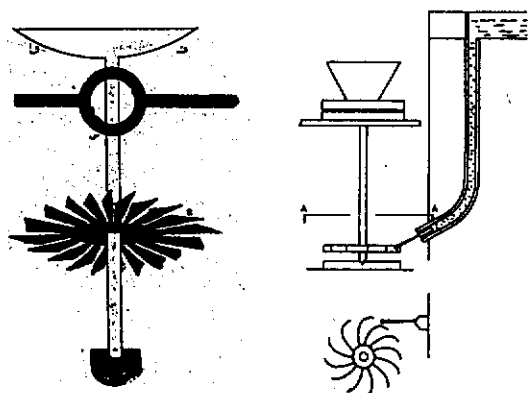


شکل ۹. چرخ تغذیه‌شونده از بالا.

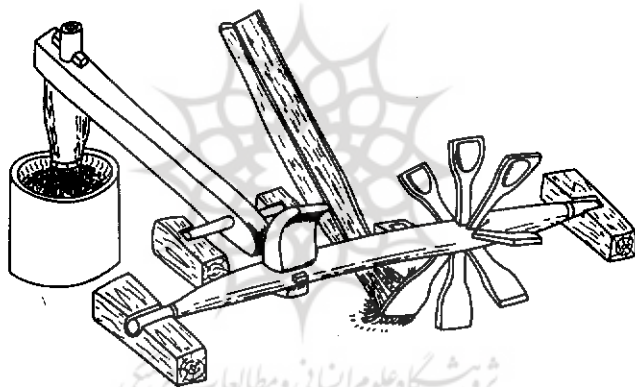
۱. شمس‌الدین محمد بن ابی طالب انصاری دمشقی در کتاب *نخبة الدهر فی عجائب البر و البحر* باب هفتم فصل پنجم ص ۳۰۸ (ترجمه سید حمید طبیبیان، ناشر فرهنگستان ادب و هنر ایران، ۱۳۵۷) می‌نویسد: سرزمین سیستان از سوی باختر در پس آنها واقع است و اقلیمی پر از باد و شن می‌باشد و مردان آنجا باد را برای به گردش درآوردن آسیابها و جابجا کردن شنها، از جایی به جای دیگر، برمی‌گردانند و منحرف می‌سازند تا به جایی که باد فرمانبردار آنان شده است.

2. Hassan-Hill, op.cit, p. 54.





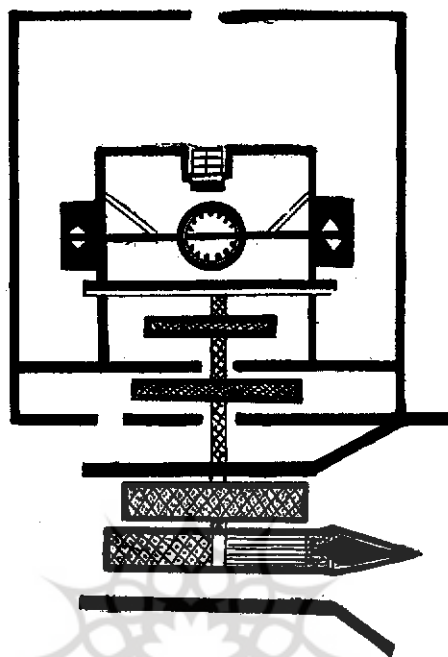
شکل ۱۰. چرخ افقی با فواره مایل کار الجزری از کتاب H-H



شکل ۱۱. دستگاه دانه کوب به کمک چرخ آب از کتاب H-H

(شکل ۱۰)، با فواره‌های آب عمودی یا مایل، همچنین اصل شار محوری، از زمان بنوموسی شناخته شده بود. المرادی، که در اندلس به سر می‌برد، در قرن پنجم از چرخ تغذیه شونده از بالا یاد می‌کند بدون آنکه آن را نوعی ابتکار تلقی کند. استفاده از چرخ غوطه‌ور از پایین بسیار رایج بوده است، برای قایق‌های آسیابی در مسیر رودخانه‌های بزرگ راه حل دیگری نمی‌توان تصور کرد. مسلمانان بسیار مشتاق بودند تا از تبدیل انرژی آب برای آسیاب کردن استفاده کنند (شکل‌های ۱۱، ۱۲ الف و ب، ۱۳)، بدان منظور مقدار جریان



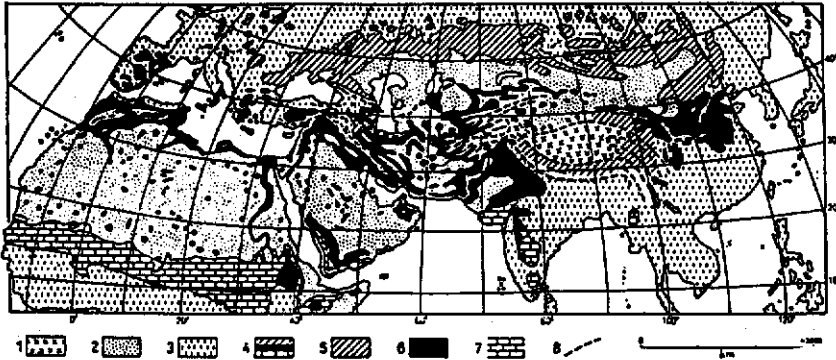


شکل ۱۳. نقشه یک آسیاب آبی، کار محمد حافظ اصفهانی از کتاب "نتیجه الدولة".

آب را با تخمین قابلیت بکارگیری آن برای آسیاب می‌سنجیدند. در قرن چهارم، در بصره برای نخستین بار از آسیابهایی استفاده شد که در اثر جزر و مد به حرکت درمی‌آمد. چنان استفاده‌ای یک قرن بعد از آن، در اروپا شروع شد.<sup>۱</sup> آسیابها از اندلس تا ماوراءالنهر دیده می‌شد و اغلب کاربرد محلی داشت. نیاز شهرهای بزرگ، استفاده از آسیاب را برای تولید آرد به میزان زیاد ایجاب می‌کرد، در نیشابور هفتاد آسیاب آبی کار می‌کرد. مثال دیگر، بغداد قرن چهارم است که با قایقهای آسیابی مستقر بر روی دجله و فرات، هر کدام تا ده تن گندم را در روز آرد می‌کردند.

در سمرقند در سال ۱۳۴ از آسیاب برای تولید کاغذ استفاده می‌شد. از نیروی آب برای آماده‌سازی نیشکر و خرد کردن سنگ معدن طلا و نیز

1. *ibid*, p. 53.



۱- بیابانهای مرتفع، ۲- بیابانهای خشک و نیمه خشک، ۳- جنگل، ۴- آبادی جلگه و مرتع، ۵- جلگه با آب و هوای سرد، ۶- جلگه با تابستانهای گرم و طولانی، ۷- جلگه استوایی، ۸- زنجیره‌های کوهستانی

شکل ۱۴. مناطق خشک و بیابانی در کشورهای جهان اسلام از مجله "تحقیقات جغرافیایی"، وابسته به بنیاد پژوهشهای آستان قدس رضوی.

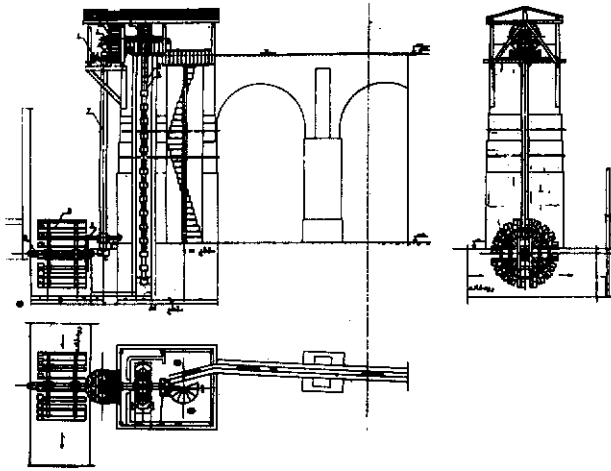
اره کردن چوب بهره‌گیری شده است. الجزری بر روی محور چرخها، که طولانیتر می‌گرفت، بادامک نصب می‌کرد.<sup>۱</sup> جای تحقیق بیشتر درباره جزئیات صنعت آسیاب نزد مسلمانان وجود دارد.

ب) دستگاههای بالابرنده آب: اکثر کشورهای مسلمان‌نشین در مناطق خشک یعنی بین مدارهای ۱۵ و ۳۵ عرض جغرافیایی واقع شده است<sup>۲</sup> (شکل ۱۴)، پس موضوع آبیاری از مسائل اساسی مسلمانان به شمار می‌رفت و به این دلیل از قدیم الایام از خود خلاقیت نشان داده‌اند. دستگاههایی که به کار گرفته شده، غیر از ریسمان، دلو و چرخ چاه، از این قرار است:

۱) «شدوف» که یک اهرم نوع اول است و از عهد باستان در مصر و آشور معمول بوده است. استفاده از آن، به علت سادگی و ارزانی، امروزه نیز در مصر رایج است.

1. *ibid.* pp.52-53.

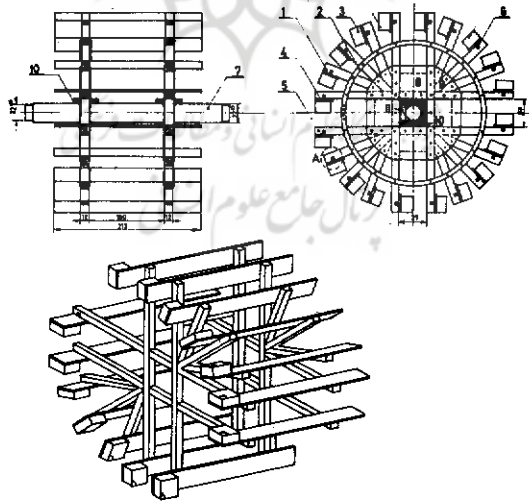
۲. حبیب تقی‌زاده، "آب و هوای مناطق بیابانی"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره چهارم، سال اول ۱۳۶۶، ص ۱۶۴.



شکل ۱۵ الف. رسم فنی دستگاه بالا برنده آب: ساقیه مقیاس ۱/۲۵ شبیه

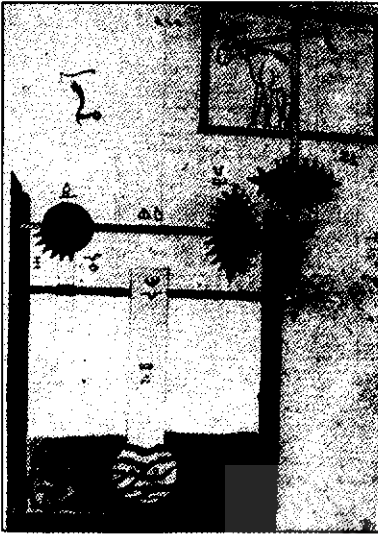
دستگاه سوم الجزری از کتاب H-H

۲) ساقیه که بازدهی در حدود ۶۰٪ دارد با شاری در حدود چهار متر مکعب در ساعت و ارتفاع آب چهار متر. در نوشته‌های ابن بصال (قرن ۵)، ساقیه تشریح شده است (شکل ۱۵ الف و ب). در این دستگاه دو چرخ



شکل ۱۵ ب. رسم فنی چرخ آب یا ناعوره از کتاب "الهندسة الميكانيكية"

احمدیوسف حسن.



شکل ۱۷. دستگاه بالا برنده آب با استفاده از دنده ناقص کار الجزری از کتاب H-H



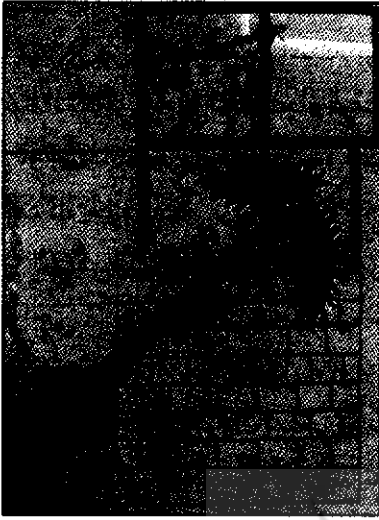
شکل ۱۶. یک ناعوره اندلسی از کتاب H-H

دنده دار عمود بر هم وجود دارد که با حرکت دورانی یک حیوان به گردش در می آیند. ساقیه های بزرگ، ضامنی برای جلوگیری از گردش معکوس دارند. این دستگاه از اوایل میلاد مسیح شناخته شده بود.

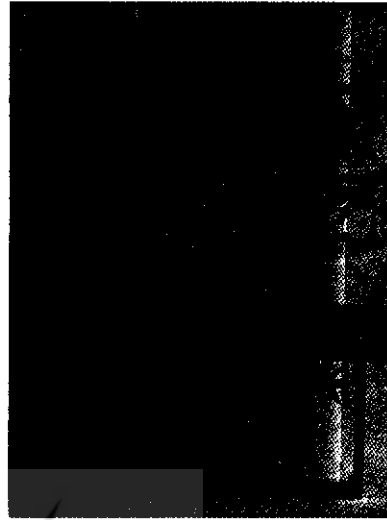
۳) ناعوره: بنابر نوشته مقدسی (متوفی ۳۹۰) تعداد زیادی ناعوره روی کارون برای آبیاری مزارع اهواز مستقر بوده است. امروزه کمتر از این دستگاه استفاده می شود ولی نمونه های زیبایی از آن در حماة سوریه هنوز وجود دارد (شکل ۱۶).

۴) تلمبه: الجزری با استفاده از دنده ناقص تلمبه های مختلفی طراحی کرد و ساخت (شکل ۱۷). دنده ناقص را بعدها جوانی دو دیوندی<sup>۱</sup> در ساعت های مکانیکی بکار برد. در طراحی های الجزری سه نکته واضح است: الف) شکل پره های آب. ب) قراردادن چهار دنده ناقص روی یک محور.

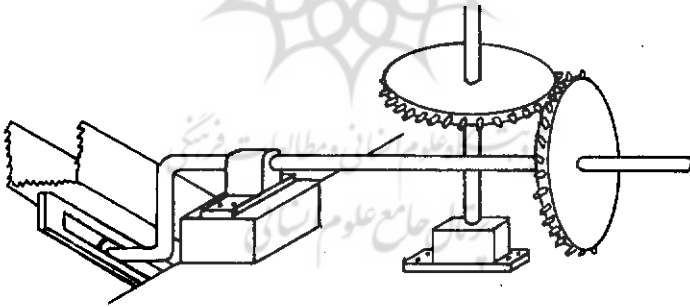
1. Giovanni di Dondi



شکل ۱۹. دستگاه بالا برنده آب با استفاده از میل لنگ کار چهارم الجزری از کتاب H-H.



شکل ۱۸. دستگاه زنجیری بالا برنده آب با استفاده نمایشی - کارالجزری از کتاب "الهندسة" المیکانیکیة العربیة" - احمدیوسف حسن.



شکل ۲۰. رسم فنی دنده‌ها و میل لنگ در کار چهارم الجزری از کتاب H-H.

ج) استفاده نمایشی از یک کار فنی به منظور توسعه فرهنگ فنی (شکل ۱۸).

اولین نوع تلمبه با کارکرد مضاعف یا دوطرفه و با استفاده از تبدیل حرکت دورانی به حرکت رفت و آمدی، کار الجزری است که دارای بازدهی بهتر از

ناعوره و کاربردی مناسب برای مناطقی است که سطح آب رودخانه خیلی پایینتر از مزارع اطراف آن است. برای اولین بار در طرح چهارم الجزری استفاده کامل از میل لنگ انجام گرفته است (شکل‌های ۱۹ و ۲۰)، هرچند قبل از او استفاده جزئی از آن شده است و برادران بنوموسی آن را در چندین دستگاه خود به کار برده‌اند.

۵) تقی‌الدین، دو تلمبه دیگر بر مبنای کار الجزری ولی پیشرفته‌تر از آن طراحی می‌کند. یک تلمبه با دو استوانه متقابل و دیگری تلمبه‌ای با شش استوانه در یک بدنه<sup>۱</sup> (شکل ۷).

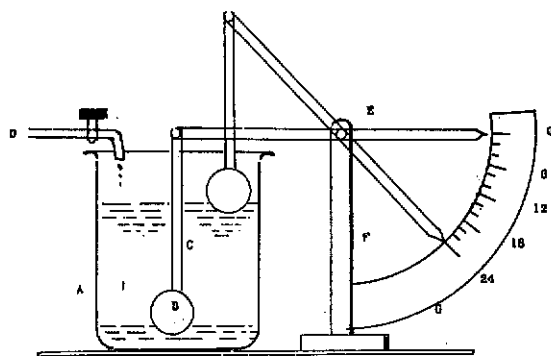
ج) ساعت آبی: زمان سنجی همواره برای مسلمانان مهم بوده است و لذا علم البنکامات<sup>۲</sup> را توسعه داده‌اند تا به شناخت هر چه دقیقتر اوقات شرعی و سایر امور عرفی دست یابند (شکل ۲۱ الف، ب و ج).

۱. شرح کامل جزئیات و ویژگی‌های این دو تلمبه و دو تلمبه دیگر به نامهای المضخة الحلزونية و مضخة الحبل ذی اکرالقماش را در صفحات ۳۸ تا ۵۰، دکتر احمدیوسف الحسن در کتاب خود موسوم به تقی‌الدین و الهندسة المیکانیکیة العربیة، حلب ۱۹۷۶، ضمن نقل کامل و تبیین و مصورسازی کتاب الطرق السنیة فی الآلات الروحانیة آورده است.

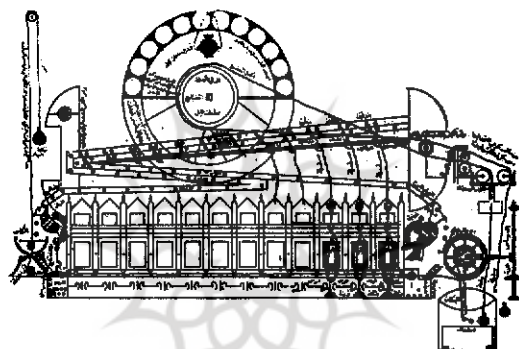
۲. بنکان به صورت بنکام و بنجان هم نوشته شده است. الجزری لفظ فناکین جمع فنکان و لفظ بنکام را به کار برده است ولی رضوان غیر بنکان استفاده نکرده است. این کلمه اصلاً فارسی است و لفظاً و معنأ از فنجان گرفته شده است که در اندلس به آن بنجانة می‌گویند. ضمناً در زبان چینی، فنگ به معنی یک ده هزارم شبانه روز است، ممکن است ریشه واژه فنکان از آن باشد.

جاحظ در کتاب الحیوان می‌گوید: و ملوکنا و علماؤنا یستعملون بالنهار الاضطرابات و باللیل المنکابات، و لهم بالنهار سوی الاضطراب خطوط و ظل یعرفون به ما مضی من النهار و ما بقی منه، یعنی شاهان و دانشمندان ما در روز از اضطرابها و در شب از "منکاب"ها استفاده می‌کنند. در روز، به جز اضطراب، خطوط و سایه نیز در اختیار دارند [ساعت آفتابی = Cadran solaire] که به وسیله آن می‌فهمند چقدر از روز گذشته و چقدر مانده است (کتاب الحیوان، تحقیق عبدالسلام هارون، چاپ حلب، ج ۲، ص ۲۹۴). لفظ فنجان در علم ساعت به ظرفی گفته می‌شود که دارای روزنه معینی است و وقتی روی آب قرار داده شود، از آن روزنه ته ظرف آب به مقداری متناسب با زمان سپری شده، وارد آن می‌شود. این ابزار تا چندی پیش در روستاهای ایران هم به کار می‌رفت، از جمله در کرمان که به آن طشته می‌گفتند. مفهوم این لفظ برای همه وسایلی که برای اندازه‌گیری زمان به کار می‌رفت، توسعه یافت. به این ترتیب بنکانات بخشی از علم الحبل محسوب می‌شود. (کتاب علم الساعات و العمل بها، تحقیق محمداحمد دهمان، دمشق ۱۴۰۱، ص ۱۶).

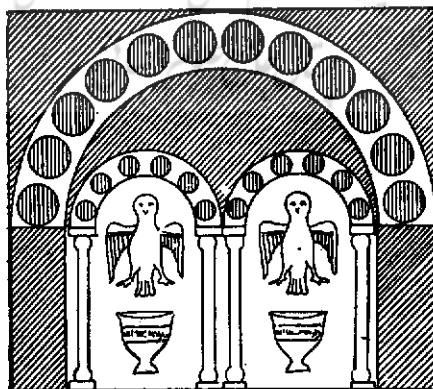




شکل ۲۱ الف. ساعت آبی ایران باستان.



شکل ۲۱ ب. ساعت تشریح شده به وسیله ابن جبیر و رسم شده بر مبنای تخیل دکتر ج. سوقاجیه.



شکل ۲۱ ج. ساعت تشریح شده به وسیله رضوان از کتاب "علم الساعات".

ریشه و مبنای این کار را پنج کتاب تشکیل می دهد:

(۱) کتاب ارشمیدس فی عمل البنکامات که مؤلف آن ناشناخته است.  
 (۲) کتاب الأسرار فی نتایج الأفكار اثر ابن خلف المرادی، قرن پنجم، اندلس.

(۳) کتاب میزان الحکمة، عبدالرحمن خازنی، تألیف ۵۱۵، خراسان (مرو).

(۴) عمل الساعات و العمل بها، اثر ابن الساعاتی رضوان بن محمد، ۶۰۰.

(۵) کتاب فی معرفة الحیل الهندسیة یا الجامع بین العلم و العمل، اثر ابن الرزاز الجزری، دیار بکر، ۶۰۲.

البته از ساعت آبی قیفی خالی شونده، در ۱۵۰۰ قبل از میلاد در مصر استفاده می شده است و چینپها هم دویست سال پیش از میلاد از قیف آبی با سطح ثابت و پرکننده مخزن، استفاده می کردند.<sup>۱</sup> در ساعت آبی از شار آب یک روزنه در انتهای پایینی یک قیف استفاده می شود. این شار برابر است با:  $Q = Cd.a.\sqrt{2gh}$  که در آن ضریب انقباض،  $a$  سطح مقطع روزنه و  $h$  ارتفاع آب بالای روزنه است. بنابراین مدت زمانی که سپری می شود تا ارتفاع آب از  $H_0$  به  $H$  برسد برابر است با:  $t = \frac{2A}{Cd.a.\sqrt{g}} (\sqrt{H} - \sqrt{H_0})$  که در آن  $A$  سطح مقطع مخزن است و ثابت فرض شده است (استوانه به جای قیف مخروط). به این ترتیب شار ثابت نیست و هرچه ارتفاع آب کم شود، شار تغییر می کند و مثلاً اگر بخواهیم زمانی متناسب با ارتفاع آب جریان یافته داشته باشیم، باید شعاع مقطع مخروط قیف، ریشه چهارم ارتفاع باشد:  $r = k\sqrt[4]{Vh}$ . جریان آرام یا مغشوش آثار یکسانی ندارند. اگر جریان مغشوش باشد، به شرط ثابت بودن ارتفاع، ضریب انقباض ثابت می ماند در حالی که برای جریان آرام، ضریب انقباض وابسته به دما می شود. بنابراین تنها راه رسیدن به شار ثابت

1. Hassn- Hill, op. cit, p. 56.

از روزنه این است که سطح مقطع روزنه به اندازه کافی بزرگ باشد تا جریان مغشوش شود و ارتفاع آب بالای روزنه و نیز دمای آب ثابت باشد. مهندسان مسلمان بدون اطلاع از تحلیل ریاضی قضیه به طور کمی، دلایل تغییرات شار را می‌شناختند و ابتکارهایی را به کار بستند تا آن تغییرات را کمتر سازند.<sup>۱</sup>

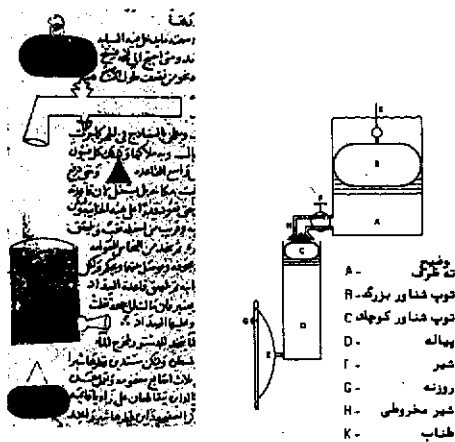
فکر اولیه ساعت آبی از یونانیها و سپس ایرانیها بود. اولین ساعت آبی را ارشمیدس ساخت و ایرانی‌ها در زمان ساسانیان آن را بهتر کردند و سپس به روم شرقی انتقال یافت. دانش ساعت آبی در دوران اسلامی از روم شرقی به مسلمانان رسید. این ندیم به نسخه‌های خطی اشاره می‌کند که به عربی است و ساعت ارشمیدس را یک دستگاه آبی مجهز به تیله‌انداز معرفی می‌کند. ابعاد این ساعت، به چند متر می‌رسید که با اصلاحات بعدی مسلمانان ابعاد آن به حدود نیم متر تقلیل یافت. کار الجزری در این باب از همه مهمتر است هر چند که قبل از او هارون الرشید ساعتی به شارلمانی هدیه کرد و ابن هیثم نیز ساعتی ساخته بود.<sup>۲</sup>

ساعت آبی بعد از اسلام در ایران رایج بوده است و این نوع ساعت را به پادشاهان هدیه می‌دادند. امام محمد غزالی (متوفی ۵۰۵) و فخر رازی (متوفی ۶۰۶) از صندوق ساعت، بسیار عادی یاد می‌کنند.<sup>۳</sup> ساعت خازنی (۵۱۵) مجهز به ترازو بود و میزان‌الماء نام گرفت.

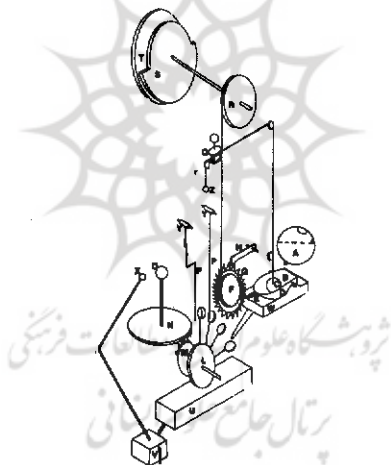
در قرن پنجم نیز سوسانگ<sup>۴</sup> ساعت آبی بزرگی در چین ساخت که حرکت آن از یک چرخ آبی به دست می‌آمد. آن چرخ دقیقاً تنظیم شده بود تا در طول زمان به درجات معینی بگردد.<sup>۵</sup>

الجزری در ساعت خود ابتکارهایی به خرج داد که کاربرد عام مکانیکی

1. *ibid*, p. 5.2. *ibid*, p. 56.3. *ibid*, p. 19.4. *susong*.5. Hassan-Hill, *op.cit*, p. 56.



شکل ۲۲. ساعت آبی ششم الجزری از کتاب "الساعات المائیه"، هیل.



شکل ۲۳. تنظیم کننده در ساعت آبی الجزری از کتاب H-H.

دارد (شکل ۲۲)، زینه بندی دقیق روزنه های کوچک، روشهای مراقبت از نحوه ثابت نگهداشتن سطح آب، استفاده از الگوهای کاغذی برای تهیه نقشه های پیچیده، استفاده از الگوهای چوبی، استفاده از چوب ورق شده برای کمینه ساختن سرریز، لولای یک طرفه، ظروف ترازودار، تعادل ایستای چرخها، دنده های پیچیده. (شکل ۲۳، ساعت ششم الجزری را نشان می دهد).

المرادی یک ساعت وزنه‌ای درست کرد که در آن از جیوه استفاده شده بود.<sup>۱</sup> تقی الدین نیز در قرن دهم ساعت مکانیکی خود را ساخت که مجهز به موتور وزنه‌ای بود. او ساعت دیگری نیز ساخت که با استفاده از فنر و محور مارپیچ مخروطی کار می‌کرد.<sup>۲</sup>

می‌توان گفت پیشرفت ملتها متناسب با مقدار ارج نهادن آنها به زمان است، دانستن قدر هر ساعت و هر لحظه. مسلمانان از ساعتهای آفتابی نیز برای زمان سنجی استفاده کرده‌اند و دقیقترین کار، استفاده از اسطرلاب برای تعیین ساعت در روز و شب است به شرط آنکه هوا ابری نباشد. البته غیر از زمان سنجی، از اسطرلاب برای مقاصد نظری و عملی دیگری بهره گرفته شده است، مانند اثبات و حل ترسیمی بسیاری از مسائل نجوم کروی، اندازه‌گیری ارتفاع بلندیاها و استخراج احکام نجومی، شکل‌های ۲۴ و ۲۵



شکل ۲۵. پشت یک اسطرلاب مسطح از کتاب "علم الساعات".



شکل ۲۴. روی یک اسطرلاب مسطح از کتاب "علم الساعات".

۱. بنا به گزارش صلاح الدین الصفدی که در رمضان ۷۴۳ برای دیدن اسطرلاب ابداعی ابن الشاطر رفته بود، آن "اسطرلاب" به شکل نیم‌دایره‌ای بود به قطر نصف تا ثلث ذراع که شب و روز مدام کار می‌کرد بدون نیاز به آب ولی آن را با وضع مخصوصی مرتب کرده بود که از آن ساعات شناخته می‌شد. از این گزارش مستفاد می‌شود که آنچه ابن الشاطر ساخته بود اولین ساعت مکانیکی است و همان ابتکار است که به اروپا راه می‌یابد (ابن الساعاتی، رضوان بن محمد، علم الساعات و العمل بها، چاپ محمد احمد دهمان، دمشق ۱۹۸۱، ص ۵۲).

به ترتیب، رو و پشت یک اسطرلاب مسطح را نشان می‌دهد. قدیمیترین آثاری که در باره اسطرلاب وجود دارد از ماشاءالله میثمی در حوالی سال ۲۰۰، علی بن عیسی اسطرلابی در حوالی سال ۲۱۵ و محمد بن موسی خوارزمی در حوالی ۲۲۰ است. ساده‌ترین اسطرلابها، تقلیدی از نمونه‌های یونانی و سوری است.

در پشت اسطرلاب نمایش ترسیمی چهار تابع اصلی مثلثات وجود دارد. بعلاوه اطلاعات مختلفی در باره تقویم شرعی و احکام نجومی به دست می‌دهد. نام احمد و محمد پسران ابراهیم اصفهانی باید به عنوان سازندگان قدیمیترین اسطرلابها، یعنی دقیقترین وسایل اندازه‌گیری و محاسبه آن روز ذکر شود (۳۷۴). عبدالرحمن صوفی، (متوفی ۳۷۶)، کتاب بسیار مهم العمل بالاسطرلاب را نوشت. کار آنها را زرقالی در اندلس اصلاح و به معتمد بن عباد شاه اشبیلیه در سال ۴۶۱ هدیه کرد. البته بیرونی سی سال قبل از تولد زرقالی از تصویر استوانه‌ای در اسطرلاب استفاده کرده بود.<sup>۱</sup>

زینبندی ساعت‌های آبی به کمک اندازه‌گیریهای دقیق نجومی با اسطرلاب انجام می‌گرفت. در اروپا اولین ساعت وزنه‌ای در سال ۱۳۰۰ و ساعت فنری در سال ۱۴۳۰ میلادی ساخته شد. آلمان از ۱۵۲۵ و انگلستان از ۱۵۸۰ ساعت‌سازی را شروع کرد. اما اثر این معروف هر چند با تأخیر ولی با دقت در سال ۱۵۶۵ میلادی تألیف شد.<sup>۲</sup>

۲-۳ استفاده از گرما، تسلط به دانش احتراق از مهمترین عوامل تاریخی مؤثر بر سرنوشت ملتها محسوب می‌شود. باید سیر تحول شناخت باروت، تسلط به نفاطه‌ها، تسلط به دانش فنی توپ و تسلط به دانش فنی پرتاب را، هم از لحاظ طراحی احتراق و هم طراحی ساخت تولید بررسی کرد. باروت رفته رفته و در طول چند قرن از چین به سرزمینهای اسلامی آمد و

1. Encyclopaedia of Islam, "ASTURLāb", (by. W. Hartner).

2. Hassan-Hill, op. cit, p. 59.

از آنجا به اروپا رفت. در دوران عباسیان از نفاطون استفاده می شده است. در حدود ۵۴ هجری قمری کالینیکوس، یک معمار سوری، قبل از محاصره قسطنطنیه از بعلبک بدانجا فرار می کند. او رمز یک نوع آتش<sup>۱</sup> جدید را از مسلمانان به روم شرقی برد و باعث شد تا آنها بتوانند در مقابل مسلمانان و نیز اروپاییان و اسلاوها مقاومت کنند: ظاهراً غیر از نفت ماده دیگری بدان افزودند که مبنای آن شوره (نیترات پتاسیم) بود.<sup>۲</sup>

روش پرتاب مبتنی بر بکارگیری زراقه یا مزرق یا نفاطه بود (تلمبه ای از برنز که مایع مشتعل را از طریق شیپوره ای پرتاب می کرد).<sup>۳</sup> وقتی صلاح الدین ایوبی در سال ۵۳۳ به قدرت رسید، سلاحهای آتشین را در جنگهای خود با صلیبیان به کار بست و این به کامیابی او انجامید. در جنگ المنصوره سلاحهای آتشین حاوی باروت، نقش مهمی داشتند (سال ۶۴۷)، در این جنگ لویی نهم، شاه فرانسه؛ اسیر شد. مهارت مهندسان مسلمان باعث برتری سپاه آنان شد. وقایع نگار فرانسوی، ژان سیردو ژوئن ویل<sup>۴</sup> می نویسد: «وقتی فرماندهی سپاه فرانسه متوجه شد که مسلمانان مشغول آماده کردن سلاح آتشین خود هستند، وحشتزده، شکست خود را پذیرفت.»<sup>۵</sup> سلاحی که پرتاب شد مشهور به "قدر" و طول آن به اندازه یک نیزه بود (شکل ۲۶)،



شکل ۲۶. قدر یا موشک آتش زا به تشریح استاد الرماح از کتاب H-H.

1. feu grégeois.

2. Hassan-Hill, op. cit, p. 106.

3. ibid, p. 108.

4. Jean sire de joinville.

5. Hassan-Hill, op. cit, p. 111.

صدای رعد آسایی داشت و نور آن صحنه نبرد را در شب همچون روز روشن می‌کرد و در برخورد با زمین، پس از انفجار، مایع مشتعلی را به هر سو می‌پراکند. از این اسلحه ۱۵۰ سال پیشتر از جنگ‌های صلیبی استفاده می‌شد ولی هیچگاه این چنین وحشتناک نبود. علت آن اختلاط با باروت بود. از این زمان اهمیت حضور مهندسی جبهه بارز شد. استادکارانی با وظیفه آهنگری، نجاری، ریخته‌گری، نفاطی، همه زیر نظر یک امیر ارتش در جنگ خدمت می‌کردند.

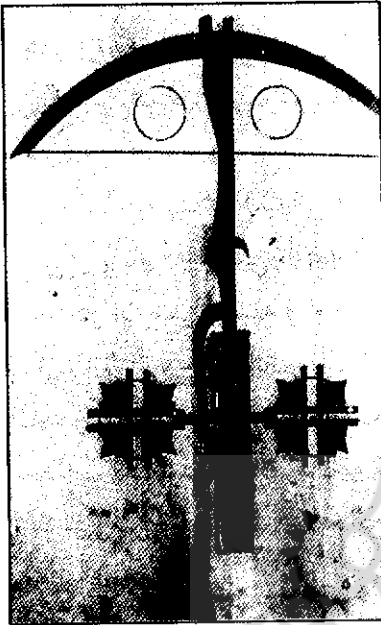
در ۶۹۰ با استفاده از باروت به عنوان عامل مؤثر و قطعی، عکا محاصره شد و سقوط کرد و جنگ‌های صلیبی آن دوران به پایان رسید.<sup>۱</sup> ابن خلدون در ۷۷۹ گزارشی از محاصره "سجلماسه" در مغرب در ۶۸۰ توسط سلطان ابویوسف ارائه می‌کند. او می‌گوید که سلطان تجهیزات محاصره را پهن کرد و دستگاه‌های باروتی را، به نام "هندام النفط" مستقر کرد که تکه‌های کوچک آهنی (حصه) پرتاب می‌کرد. آن تکه‌های آهنی از اتاقکی (خزئه) که در مقابل آتش باروت قرار گرفته خارج می‌شد.

مورخ اسپانیایی، خوزه کنده می‌نویسد: در ۶۰۱ خلیفه الموحدالناصر در محاصره شهر المهدیه در شمال آفریقا از توپ استفاده کرد. "پیر"، کشیش شهر لئون، گزارش می‌دهد که در سال ۶۴۶ مسلمانان در اشبیلیه از توپ استفاده کردند.

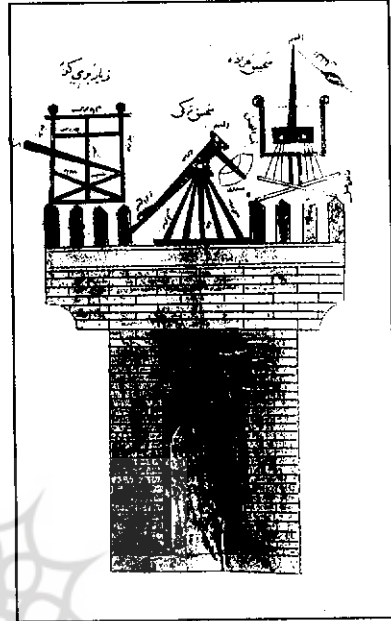
توپ در نیمه دوم قرن هفتم در کشورهای شرقی اسلام نیز به کار رفت. در دوران حکمرانی ممالیک توپ سبکی در مقابله با مغولان به کار گرفته شد. آنها پس از انهدام بغداد در ۶۵۶، ناگزیر در مقابل ممالیک چندین شکست را متحمل شدند. اولین شکست در ۶۵۸ در جنگ بین هلاکو و سردار مملوک، سلطان قُطز در عین جالوت اتفاق افتاد. این جنگ نقش مهمی در تاریخ دارد و آخرین شکست آنان در ۷۰۲ در مرج الصُفر در جنوب دمشق رخ داد،

1. *ibid*, p. 112.





شکل ۲۸. زیارت یا تیرکمان مکانیکی  
از کتاب "الانینق فی المجانیق".



شکل ۲۷. انواع منجنیقها  
از کتاب "الانینق فی المجانیق".

در این جنگ ممالیک، غازان خان را شکست دادند و تهدید مغولان از میان رفت.<sup>۱</sup>

شهاب الدین بن فضل العمری (۷۰۰-۷۴۹) مورخ، علامه و سیاستمدار دوران ممالیک در کتاب خود تعاریف بالمصطلح الشریف، یک فصل را به ابزار محاصره اختصاص داده است (در دوران سلطان الناصر ۷۰۹-۷۴۱)، او ۶ نوع ابزار را برمی شمارد: منجنیق (شکل ۲۷)، زیارت (تیر کمان مکانیکی شکل ۲۸)، ستایر (سپر)، ختایی (پیکان)، مکاحیل البارود، قواریرالنفط.

1. ibid, p. 113.

"کنت‌های داری" و "سالزبری"<sup>۱</sup> در محاصره الجزیره شرکت داشتند تا گزارشی از نحوه استفاده از توپ رابه انگلستان ببرند (۱۳۴۲/۷۴۳). در اروپا اولین گزارش استفاده از توپ به جنگ کرسی<sup>۲</sup> برمی‌گردد (سال ۱۳۴۶ میلادی).

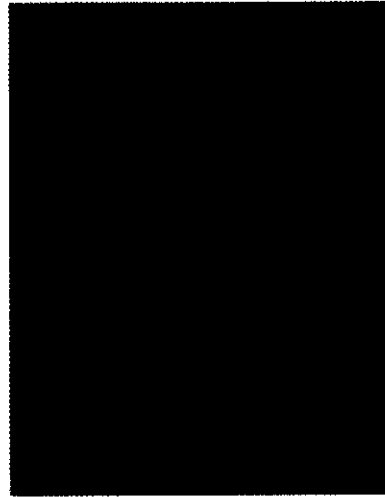
ابن‌ارنبغاء زردکاش (متوفی ۸۶۷)، کتاب الانیق فی المجانیق را درباره سلاح‌های پرتابی و آتشین تألیف کرده و مجموعه‌ای از اطلاعات ساخت و تولید را در آن همراه نقشه و جدول ترکیب مواد دقیقاً ارائه داده است. بعد از سال ۷۴۳ حکمرانان ممالیک کار توپ را بهتر کردند. عثمانیها بهترین استفاده را از توپ در فتح قسطنطنیه، در سال ۸۵۷ (۱۴۵۳ میلادی) بردند. مشخصات یک توپ در آن زمان به قطر ۸۸ سانتیمتر، وزن ۲۷۰ کیلوگرم بود و ۲/۴ کیلومتر برد داشت. جابجایی آن به کمک هفتاد گاو نر و هزار نفر خدمه انجام می‌گرفت.<sup>۳</sup>

باروت مؤثر باید با شوره خالص تهیه شود و بنابراین فرآیند تخلیص و تبلور شوره مهم است. استادحسن الرماح (متوفی ۶۹۴) در کتاب خود، به نام الفروسیه و المناسب الحریبه، هفتاد روش را بدین منظور تشریح کرده است. باروت ترکیبی از شوره و گوگرد و زغال با نسبت‌های معین بود. اسلحه آتشین عبارت بود از مواد منفجره به نامهای ایکرخ، ورده و ذخیره (شکل ۲۹). موشک پیکانی با خرج باروتی (شکل ۳۰) و مجهز به یک نارنجک آتش‌زا (شکل ۳۱) بود که نامهای مختلف داشت، و اژدر (شکل ۳۲) برای عملیات در سطح آب به کار می‌رفت.<sup>۴</sup>

1. Derby and salisbury 2. Crecy

3. Hassan- Hill, op. cit, p. 114.

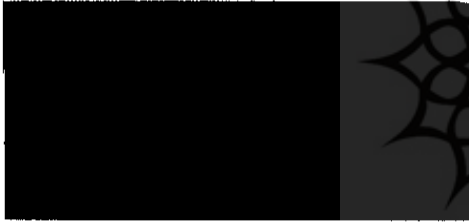
۴. مقدار موادی که در موشک استفاده می‌شد از دقت و اهمیت برخوردار بوده است. مثلاً برای پیکانی به نام سهم طولی یا سهم ساعی ۲۱۸ گرم کاغذ (۷۰ درهم) و ۲۸۰ گرم دوا (۹۰ درهم) به کار می‌رفت و می‌توانست سر جنگی به وزن یک رطل (حدود نیم کیلوگرم) را حمل کند. برای موشک دیگری به نام طیار ۴۶۸ گرم کاغذ (۱۵۰ درهم) و همان اندازه دوا استفاده می‌شد.



شکل ۲۹. نارنجک به تشریح استادالرماح  
از کتاب H-H.



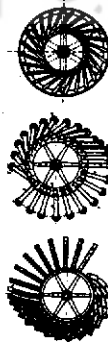
شکل ۳۰. موشک به تشریح استادالرماح  
از کتاب H-H.



شکل ۳۲. ازدر به تشریح استادالرماح  
از کتاب H-H.



شکل ۳۱. صندوق منفجرشونده و محتوی مایع  
آتشزا - زراقه از کتاب "الانیق فی المجانیق".



شکل ۳۳. سه نوع چرخ دوار دائمی از کتاب H-H

### فصل سه: بررسی چند عامل نوآوری در دانش فنی مسلمانان

۱-۳ نوآوری در دانش فنی باعث رشد صنایع و بهبود وضعیت کشاورزی در سرزمینهای مسلمان نشین شد. عواملی که بر این نوآوریها مؤثر واقع شدند به ترتیب اهمیت عبارتند از:

الف) دین و یکپارچگی فرهنگی اسلام نیروی مثبتی برای تحقق مقاصد مورد نظر بود. شکوفایی علم و فرهنگ در تمدن اسلامی نتیجه بهبود کیفی زندگی در شهرهای اسلامی بود. اسلام جهش لازم را برای رشد زندگی شهری ایجاد کرد و به همراه آن شکوفایی شهرها و مساعی فنی وابسته به زندگی شهری پیش آمد. بعلاوه دین نوعی اتحاد بین ملیتها و اقوام مختلف از چین تا اقیانوس اطلس پدید آورد.

ب) خط مشی علمی حکومت مبنی بر تعمیم استفاده از زبان واحد، ترجمه آثار علمی گذشتگان، استقرار مدارس، آزمایشگاهها، کتابخانهها، سرپرستی علمی و راهنمایی پژوهشهای علمی و فنی و راه اندازی طرحهای صنعتی دولتی (طراحی و تأسیس) بود.

ج) نقش زبان مشترک: نزدیک به ۲۵۰۰۰۰ نسخه خطی که بیشترشان به عربی نوشته شده است در کتابخانههای جهان موجود است. زبان عربی جایگزین زبانهای قبلی، آرامی، یونانی و لاتین شد. ولی زبان فارسی و پس از آن زبان ترکی به یمن تأثیر زبان عربی به عنوان زبان اسلامی شناخته شدند. علوم یونان، خاورمیانه و هند به زبان عربی درآمدند و موانع فرهنگی از میان مردم و علما برداشته شد و علم در دسترس همگان قرار گرفت. بنوموسی، الجزری، ابن الساعاتی، ابن معروف و دیگران به زبان عربی ساده و آسان فهم می نوشتند.

د) وجود مدارس، رصدخانهها، کتابخانهها، بیت الحکمهها: قبیل از بیت الحکمه مأمون، هارون الرشید به ابتکار برمکیان کتابخانه مهم

خزانة الحکمه را برپا ساخت. جنبش ترجمه و جستجوی آثار خطی در ممالک روم نیز از همان زمان آغاز شد و در دوران مأمون ادامه یافت.

بنوموسی، حنین بن اسحاق و ثابت بن قره که به ترتیب مسلمان، نصاری و صابئی بودند از اعضای بیت الحکمه مأمون بشمار می آمدند. فاطمیان در قاهره دارالحکمه را برپا کردند که کتابخانه بزرگ و تالار قرائت داشت، محدثان، قضاة، نحویون، اهل منطق، حکما، منجمان و ریاضیدانان زیر نظر یک عالم گرد هم می آمدند. مسجدها کلاً دارای کتابخانه های اهدایی بودند و مدرسه داشتند. از جمع چند مدرسه، دانشگاه تأسیس شد، مانند الازهر در قاهره و زیتونه در تونس. مدارس طب وابسته به بیمارستانها بودند و رصدخانه مراغه را خواجه نصیر، رصدخانه سمرقند را الغریک و رصدخانه استانبول را ابن معروف اداره می کردند که تیکو براهه<sup>۱</sup> منجم دانمارکی (۱۵۴۶-۱۶۰۱)، بعد ها از آن الگو گرفت.

ه) سرپرستی علما و مهندسان، پشتیبانی مادی و معنوی آنها، فراهم ساختن امکانات و لوازم کار و پرداخت شهریه به آنها باعث می شد که محققان بتوانند زندگی خود را در راه علم وقف کنند.

و) تحقیق، آزمایش و تجربه، اختراع؛ جنبش ترجمه در زمان بنوموسی، استفاده از تجربه و پژوهش گذشتگان به وسیله الجزری و ابن معروف و خصوصاً اختراع دستگاههای متنوع، ادوات مختلف همه گواه حاکمیت روش علمی در دوران شکوفایی فرهنگ اسلامی در جهان است.

ز) تجارت بین الملل: علاوه بر کشاورزی و صنعت، تجارت بین الملل سومین منبع درآمد ملی در کشورهای اسلامی محسوب می شد. محصولات، صادر و مواد اولیه و واسطه ای وارد می شد. پول کشورهای اسلامی در اروپا معتبر بود و همین تجارت وسیله ای برای انتقال دانش فنی مسلمانان به اروپا شد، همان طور که وسیله ای برای کسب صنعت

1. Tycho Brahe

کاغذسازی و صنعت باروت و قطب‌نما از چین در قرن دوم هجری بود.

### نتیجه‌گیری

اگر سیر تحول دانش فنی نزد مسلمانان تحلیل شود این نتیجه حاصل می‌شود که تا انتهای قرن دوم، دوران انتقالی است که در آن علوم اسلامی متولد می‌شود، و تا انتهای قرن پنجم دوران ابتکار و نوآوری است. در این دوران مسلمانان به نقاط اوج و برخی قله‌ها در دانش فنی صعود می‌کنند. از قرن پنجم تا یازدهم آهنگ پیشرفت آهسته می‌شود ولی نوآوری علمی و فنی، نمونه‌های ارزنده دیگری را به جهان عرضه می‌کند. از قرن یازدهم به بعد نیز انقلاب صنعتی در غرب شکل می‌گیرد. آنچه در جهان اسلام وابسته به دانش فنی بوده است و در شش عنوان می‌توان خلاصه کرد عبارتند از:

(۱) سطح زندگی مردم، (۲) انواع و تنوع کالاهای مصرفی یا مورد استفاده، (۳) پیشرفت کشاورزی، (۴) روشهای آبیاری، (۵) توسعه راههای مواصلاتی، (۶) ساخت ادوات جنگی (روند پیروزی مسلمانان در جنگهای صلیبی متناسب با پیشرفتهای فنی مکتسب بود).

علم در اطراف رود نیل، سوریه، و ایران باستان شکل گرفت و در دوران اسلام به نقطه اوج رسید. ریشه این اوج گرفتن علمی و فنی در جهان اسلام را می‌توان ثبات سیاسی، پیشرفت اقتصادی و دین اسلام نام برد به همین سیاق علل توقف و سپس عقب افتادگی مسلمانان را می‌توان از هم گسستگی سیاسی و ضعف دولتها، سیر قهقرایی اقتصادی و انحراف از ارزشهای اسلامی دانست. در دوران حاضر هنوز دانش فنی جایگاه ارزشمند خود را نزد مسلمانان به این دلایل باز نیافته است:

(۱) عدم مطالعه سیر تحول علم و فن نزد مسلمانان و عدم شناخت کامل

آنچه در گذشته انجام گرفته است.

۲) عدم اهتمام به بررسی کتب خطی میراث فرهنگ اسلامی به زبانهای عربی و فارسی یا ترکی، و نیز عدم بررسی کارهایی که پژوهشگران خارجی در این زمینه انجام داده‌اند.

۳) عدم بهره‌برداری از کاوشهای باستان‌شناسی.

۴) سکوت ناآگاهانه یا عمدی پژوهشگران خارجی درباره پیشقدمی دانشمندان اسلامی در بسیاری از ابداعات منسوب به اروپائیان.

۵) عدم تحریر دانش فنی اختراعات مسلمانان به صورتی که امروز درباره تعلق بسیاری از این اختراعات به آنها نیاز به بحث و گفتگو وجود دارد. (اطلاعات فنی از طریق مسافرت، تجارت، و جنگ به صورت شفاهی مبادله می‌شد).

۶) هر دستگاه یا روش فنی را پس از اختراع می‌توان بهبود بخشید یا بهره‌برداری و کاربرد مناسبتری برای آن یافت.

۷) مقایسه وضع موجود کشورهای اسلامی، که بیشتر آنها جزو کشورهای جهان سوم‌اند با غرب، ذهن متخصصان را بعضاً مشوش می‌کند.

۸) حمله اقوام مغول آسیای مرکزی باعث تشدید سیر قهقرایی شد.

۹) فروپاشی نظام آبیاری مهندسی، تخریب کشاورزی (بویژه در بین‌النهرین).

۱۰) فرقه‌گرایی‌ها از قرن دهم به بعد باعث پژمردگی علمی شد (مثال:

تخریب رصدخانه ابن معروف که مصادف با ساخت رصدخانه "تیکوبراهه" بود).

۱۱) وقایع جهانی مهمی که، در شرایط ناهنجار اقتصادی جهان اسلام

پدید آمد، به عنوان مثال: دورزدن دماغه امیدنیک توسط پرتغالیها در ۹۰۱ آثار اقتصادی و نظامی مهمی برای منطقه‌ای که امروز خاورمیانه نامیده می‌شود در پی داشت. باید توسعه استعمار غرب را توأم با قدرت تجاری و

دریایی، به عنوان عامل مهم و مؤثر بر خاورمیانه، نیز در نظر گرفت. توسعه مناسبات تجاری بین اروپا و حکومت عثمانی باعث تضعیف رشد علوم و فنون شد. در سال ۹۵۶ سلطان سلیمان دوم پیمان تجارت آزاد را با انگلیسیها بست و حقوق گمرکی را نسبت به واردات آنها شدیداً کاهش داد، این امر رفته رفته وابستگی زیادی را نسبت به اروپا پدید آورد که در هنگامه انقلاب صنعتی به مثابه ضربه مهلکی بر اندام ضعیف شده اقتصاد و صنعت جهان اسلام بود.

در قرن سیزدهم و چهاردهم، بخش مهمی از سرزمینهای اسلامی مستعمره غرب شد و از هر پیشرفتی واماند و فاصله‌ها به اندازه‌ای زیاد شد که حتی پس از کسب استقلال و آزادی در اواخر قرن ۱۴ هنوز رشدی حاصل نشده است.

اکنون با توجه به تسلط اقتصادی مطلق غرب و وابستگی فرهنگی ما به غرب که عاریت گرفتن زبانهای غربی (و در مواردی حتی خط) نمونه‌ای از آن است، شاهد اختلافات قومی، قبیله‌ای، همسایه‌ای، جدیدی هستیم.

از سیر تحولات تاریخی و زمینه علمی دو درس مهم می‌توان گرفت:

(۱) هیچ امر فنی یا طراحی در هیچ رشته‌ای نیست، که ملتی، با هر فرهنگی نتواند بر آن مسلط شود.

(۲) رشد علمی و فنی در کشورهای غنی بیشتر است، زیرا غنا موجب ساخت زیربناها می‌شود. این رشد در کشورهایی با فرهنگ پایدار سریعتر انجام می‌گیرد. آینده روشن کشورهای جهان اسلام در زمینه علمی نیازمند همکاریهای منطقه‌ای و جامع اقتصادی است و در مورد کشور خودمان، خوشبختانه مبانی رشد علمی و تسلط به دانش فنی موجود است:

(۱) از لحاظ اعتقادی پشتوانه قوی وجود دارد.

(۲) از لحاظ تاریخی و فرهنگی سابقه پر بار وجود دارد: ثبت صدها فن و



هنر، سند این ادعاست، بعلاوه این سرزمین مهد تمدن بوده است و کمبودی از نظر شخصیت تاریخی ندارد.

(۳) از لحاظ زبان و ادب، میراثی بسیار غنی نزد ماست.

(۴) حضور نیروی انسانی لازم که مستعد شکوفایی در همه زمینه‌های علمی است.

(۵) در اختیار داشتن منابع طبیعی و مواد اولیه.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

