

## مقایسه عملی ظروف تفکیک کننده مایعات در کتاب الحیل از قرن سوم هجری

یوسف یاسی<sup>۱</sup>

**چکیده:** در کتاب الحیل به بیان و طراحی مهندسی دستگاهها و ظروفی اقدام شده که از منظر دانش مهندسی هر یک در نوع خود بی نظیر و شگفت انگیز است. برخی از این ظروف و دستگاهها از نظر طراحی و سازکار توانایی و قابلیت تفکیک مایعات را بر مبنای گرانششان دارند و بعضی دیگر مایعات را بر اساس چگالیشان جدا کنند. الحیل عنوان کتابی است که آن را در قرن سوم هجری در شهر بغداد احمد بن موسی به رشته تحریر در آورد. احمد بن موسی یکی از سه فرزند موسی بن شاکر خراسانی است که در تاریخ علم و دانش به "بنو موسی (فرزندان موسی)" مشهورند. وی از زمره دانشمندان برجسته ایرانی پس از اسلام است. از وی اختراعات و ابداعات زیادی در زمینه علم مکانیک بجا مانده است که شرح آنها در نسخ خطی کتاب الحیل بیان شده است. طراحی مجدد، بازسازی و آزمون مکانیزمهای به کار رفته در طراحی این ظروف در قالب طرحی پژوهشی با عنوان "طراحی و ساخت فناوریهای دانشمندان قدیم ایران" در پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران اجرا شده است. در این مقاله مکانیزمهای به کار رفته در این ظروف و بیان عملکرد آنها از دیدگاه مهندسی امروز و ارزیابی چگونگی فرایند طراحی آنها بررسی شده است. در فرایند طراحی این ظروف همانند بیشتر طرحهای ارائه شده در کتاب الحیل نوعی تفکر تکاملی مشاهده می شود که با پیروی از این تفکر برخی از این ظروف از مکانیزم ظروف دیگر بهره جسته و در جهت تکامل عملکرد آنها مکانیزم یا مکانیزمهای دیگری نیز به آنها افزوده شده است. در نهایت، نمونههای بازسازی شده آزمایش شدند و نتایج به دست آمده از آزمونها بیانگر آن است که عملکرد آنها با آنچه در کتاب الحیل قید شده است، هماهنگ است.

از جمله یافته‌های مهم این طرح می‌توان از طراحی مکانیزمهایی نام برد که قادرند تا در عین سادگی، مایعات را بر اساس چگالی یا گرانشی شان به طور مجزا یا حتی در برخی از ظروف به طور همزمان از یکدیگر تفکیک و از مجرای مشخص به بیرون از ظرف هدایت کنند. با توسعه بهنگام این مکانیزمها می‌توان از آنها در آموزش مهندسی و در صنعت امروز بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: کتاب الحیل، احمد بن موسی بن شاکر خراسانی، بنو موسی، تفکیک سیالات، گرانشی، چگالی.

## ۱. مقدمه

در دوران خلافت مأمون خلیفه عباسی (۸۱۳-۸۳۳) و پس از او، سه نفر از دانشمندان بزرگ ایران زمین که دنیای علم از آنها با نام " بنو موسی " یا فرزندان موسی یاد می‌کند در قلمرو علم و دانش فعالیت‌های گسترده داشتند. این سه نفر که فرزندان موسی بن شاکر خراسانی بودند با نامهای جعفر محمد، احمد و حسن موسوم بودند و در دوران خود در توسعه علم ریاضی، مهندسی مکانیک و نجوم نقش بسزایی داشتند [۲ و ۷]. پدر آنها از اهالی مرو و از منجمان و مهندسان نزدیک به خلیفه در دربار مأمون بود که به دلیل نزدیک بودن با مأمون، سرپرستی سه پسر خود را به وی که در آن وقت ولایتعهدی دستگاه خلافت را عهده دار بود، سپرد [۶ و ۱۰]. مأمون نیز وظیفه سرپرستی، آموزش و پرورش سه کودک را به اسحق بن ابراهیم و ستاره شناس و منجم معروف آن دوران، یحیی بن ابی منصور، واگذار کرد [۲].

این سه برادر که در واقع، شناخته شده‌ترین دانشمندان علوم ریاضی در دوران عباسیان بودند، تحولات این علم را در دنباله آنچه از دانشمندان یونان باستان به دست آمده بود، پی گرفتند. جعفر محمد عمدتاً در ارتباط با هندسه و نجوم، احمد در ارتباط با علم مهندسی مکانیک و حسن نیز در زمینه مثلثات به مدارج بالایی دست یافتند [۵ و ۶].

**الحیل** نام کتابی است که آن را احمد بن موسی در قرن سوم هجری در شهر بغداد به رشته نگارش در آورد [۱ و ۴]. وی که سرآمد دانشمندان دوران خود در علم مکانیک، بود، از جمله دانشمندان برجسته علوم ارشمیدسی آن دوران نیز به حساب می‌آید [۸]. در این کتاب یکصد طرح ابداعی از احمد بن موسی در ارتباط با دستگاهها و ظروف شگفت آوری که بر اساس قوانین مکانیک، پنوماتیک، هیدرولیک، ظروف مرتبطه و قانون ارشمیدس طراحی شده‌اند، ارائه شده است [۲].

بخشهایی از کتاب **الحیل** را ابتدا دو دانشمند آلمانی به نامهای ا. ویدمان و ف. هاووزر به زبان آلمانی ترجمه و تفسیر کردند، لکن بعدها ترجمه کامل و بررسی دقیق و عمیق آن توسط دکتر دونالد هیل ارائه شد [۲]. در حال حاضر، سه نسخه اصلی دست نوشته این کتاب در سه موزه بزرگ جهان موجود است. قدیمی ترین نسخه در موزه توپ کاپی در شهر استانبول ترکیه [۲] و دو نسخه دیگر در موزه برلین گوتا در کشور آلمان و در موزه واتیکان نگهداری می‌شوند [۳ و ۱]. این کتاب در بین مهندسان و دانشمندان عصر خود از جمله شناخته شده ترین کتب مهندسی به شمار می‌رفته است [۳].

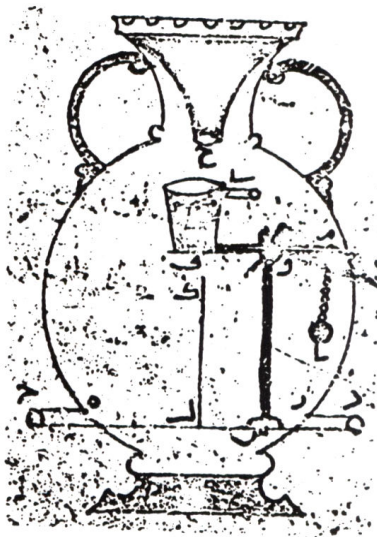
تعدادی از طرحهای ارائه شده در کتاب **الحیل** شامل ظروفی هستند که می‌توانند سیالات را بر مبنای گرانشی یا بر اساس چگالیشان تفکیک کنند. در اینجا سیالات مورد آزمون از یک مجرای

ورودی به داخل ظرف ریخته و بر اساس چگالی یا گرانششان به وسیله سازکار داخل ظرف از خروجی مشخصی به بیرون از ظرف هدایت می‌شوند.

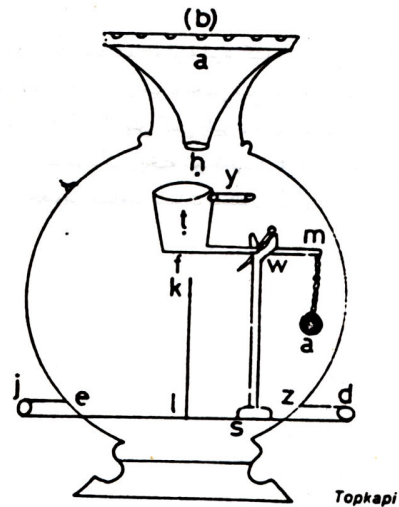
به منظور درک هر چه بیشتر مفاهیم طراحی این ظروف و دستگاهها و برای به دست آوردن تصویر مقایسه‌ای از طراحی مهندسی آنها، طرحی تحقیقاتی را پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران اجرا کرد. از جمله برجسته‌ترین اهداف این طرح مطالعه طراحی اولیه هر یک از ظروف، درک کامل خلاقیت مهندسی در آنها و باز طراحی و ساخت نمونه هر یک بر مبنای اطلاعات به دست آمده است. در ادامه مقاله جزئیات طراحی مهندسی و چگونگی عملکرد تعدادی از ظروف و سازکارهای ارائه شده در کتاب **الحیل**، که توانایی تفکیک مایعات بر اساس چگالی و یا گرانششان را دارند، شرح داده شده است.

## ۲. جام جادویی

بر اساس نسخ دست نوشته کتاب **الحیل** که در موزه های توپکاپی و واتیکان نگهداری می‌شوند و با استناد به تصاویر ۱ و ۲؛ مستخرج از همین کتب، می‌توان جزئیات طراحی مهندسی و عملکرد دستگاه را به شرح زیر بیان داشت [۹۱]:



شکل ۲



شکل ۱

تنگ جادویی مانند هر تنگ معمولی دیگر شامل دو قسمت گلویی و بدنه است که گلویی آن نسبتاً باریک و کمی بلند و بدنه آن کروی شکل و حجیم است. قیفی وارونه در دهانه تنگ قرار گرفته که مدخل تنگ را پوشانیده است و به گونه‌ای همگرا آن را به سمت داخل تنگ هدایت می‌کند، به ترتیبی که مایع ریخته شده در تنگ توسط این قیف وارونه مستقیماً به درون و مرکز داخلی تنگ هدایت و در آنجا تخلیه می‌شود. بدنه تنگ از درون توسط تیغه‌ای باریک و کم ارتفاع به دو قسمت کاملاً مجزا تفکیک شده است، به طوری که مایعات ریخته شده در هر قسمت می‌توانند کاملاً جدا از یکدیگر در درون تنگ قرار بگیرند. در شکل ۲ تصویری از تنگ و سازکار درون آن نشان داده شده است. پایه‌ای باریک و بلند با مقطع مستطیل شکل در مرکز و نزدیک به تیغه جدا کننده به کف تنگ چسبانیده شده است. میله تعادلی به بالای این تیغه متصل است که می‌تواند حول مرکز خود حرکت دورانی ترازو ماندی داشته باشد. در یک سر این میله ظرفی کوچک و استکانی شکل قرار گرفته و به سر دیگر آن وزنه تعادلی آویخته است. وزن این وزنه همواره بر اساس نوع و وزن مخصوص دو سیالی که در این تنگ مورد آزمون قرار می‌گیرند، تعیین می‌شود. لوله‌ای کوتاه و افقی در بالای ظرف استکانی شکل نصب شده است که محتویات استکان از آن طریق به داخل مخزن سمت چپی تنگ تخلیه می‌شود.

واضح است که جهتی که میله تعادل به آن سمت متمایل شده است و سیال را تخلیه می‌کند، به واسطه اختلاف وزن بین وزنه تعادل و وزن سیال درون استکان تعیین می‌شود. اگر وزن وزنه تعادل از مجموع وزن استکان و سیال درونش سبک تر باشد، آن گاه میله تعادلی از حالت سکون ناشی از تعادل خارج می‌شود و در جهت خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت دوران و سیال را در بخش سمت چپی تنگ تخلیه می‌کند که از آنجا از طریق مجرای مربوط سیال به بیرون از تنگ جاری می‌شود. در غیر این صورت، میله تعادلی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت دوران می‌کند و سیال در بخش سمت راستی تنگ تخلیه و به بیرون هدایت می‌شود.

از آنجا که وزن تابعی از چگالی است، می‌توان نتیجه گرفت که در واقع، چگالی سیال است که جهت گردش میله تعادلی را تعیین می‌کند و بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که تنگ جادویی می‌تواند مایعات را بر مبنای چگالی آنها تفکیک سازد. [۹].

در کتاب الحیل به منظور تشخیص دو سیال از یکدیگر توسط تنگ جادو، از آب و روغن استفاده شده است، با این ترتیب که با ریختن روغن به درون تنگ، روغن از طریق لوله انتهایی قیف به داخل استکان مستقر بر روی میله تعادلی می‌ریزد ریخته و از آنجا که وزن وزنه تعادل بر اساس این دو مایع تعیین شده است، لذا وزن مجموع روغن و استکان بر وزن وزنه غلبه نمی‌کند و روغن در جهت وزنه تعادلی به داخل تنگ سرازیر می‌شود. پس از تخلیه روغن وقتی آب به داخل تنگ ریخته شود، به دلیل چگالی بیشتر آب، مجموع وزن آب و استکان بر وزن وزنه غلبه می‌کند و در نتیجه، میله تعادلی

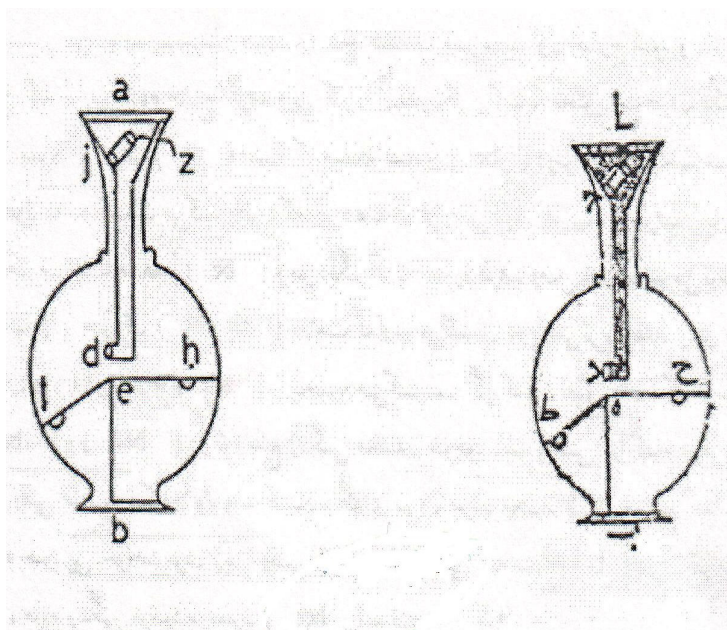
در جهت استکان (ساعتگرد) دوران و محتویات خود را در آن سمت تنگ تخلیه می‌کند. بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که تنگ قادرست که مایعات را بر حسب چگالیشان تشخیص دهد و در جهت مورد نظر تخلیه سازد [۴ و ۲، ۱]. در شکل ۳ تصویری از نمونه ساخته شده در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران نشان داده شده است.



شکل ۳

### ۳. تنگ دو مخزنه جدا کننده مایعات

نمونه‌ای دیگر از ابداعات خلاقانه ارائه شده در کتاب *الحیل* "تنگ دو مخزنه جدا کننده مایعات" است. این تنگ از نظر شکل ظاهری مشابه با تنگهای قدیمی با قسمت گلویی باریک و بلند و مخزنی تقریباً کروی شکل و بزرگ است. در شکل (۴-۱) و در شکل (۴-۲) تصاویری از این تنگ که مستقیماً از کتاب مرجع [۱] بر گرفته شده، نشان داده شده است.



شکل ۲-۴

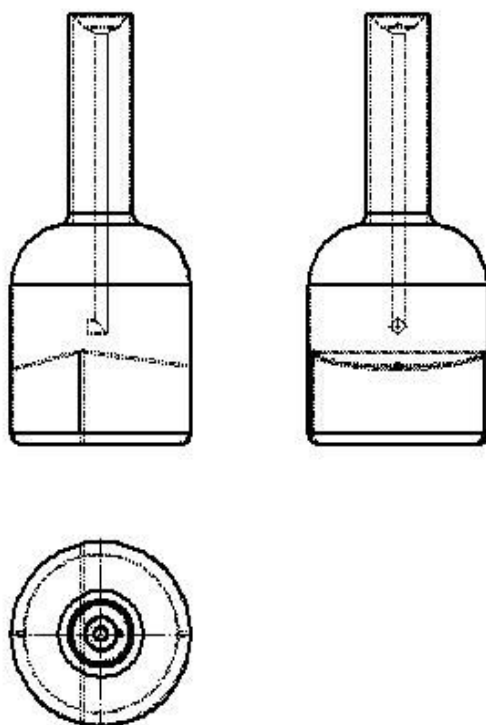
شکل ۴-۱

این تنگ می‌تواند دو مایعی را که به داخل آن ریخته می‌شوند بر حسب اندازه گرانششان از یکدیگر تفکیک کند. این مایعات در دو مخزن جداگانه و به طور مجزا در داخل تنگ نگهداری و هنگام تخلیه نیز به طور مجزا از تنگ تخلیه می‌شوند. لذا، از دیدگاه یک بیننده غیر مطلع دو مایع با رنگهای مختلف از یک مجرا به داخل تنگ ریخته و از طریق همان مجرا به طور مجزا و بدون مخلوط شدن از تنگ خارج می‌شوند.

طراحی ساز کار جداکننده

با استناد به شکل الف-۳ که مستقیماً و بدون هیچ تغییری از کتاب مرجع [۱] استخراج شده است، قیفی وارونه بر مدخل تنگ، دهانه (a)، نصب شده است، به طوری که سیال ورودی به داخل تنگ حتماً باید از طریق این قیف عبور کند و وارد تنگ شود. سوراخی در کناره بالایی قیف تعبیه شده است، سوراخ (Z)، که به منظور خروج سیال از آن استفاده می‌شود. همچنین، انتهای باریک و کشیده قیف لوله‌ای است که به شکل حرف "L" انگلیسی خم شده است؛ بخش انتهایی این لوله باریک شده است تا بر سرعت سیال خروجی بیفزاید؛ بخش (d) سیال پر چگال وقتی به این نقطه از خروجی

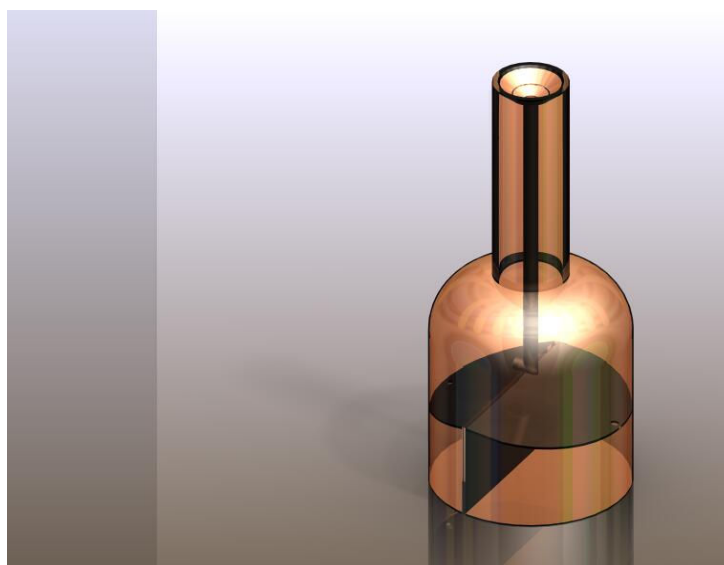
قیف می‌رسد به علت چسبندگی ذاتی قادر به پاشش نیست و به آرامی به بیرون قیف جاری می‌شود و یا حتی می‌چکد. بدین ترتیب این سیال بر روی سطح شیبدار، (h)، در پایین دست چکیده و در اثر شیب مذکور به داخل یکی از دو مخزن مجزای کف تنگ جاری می‌شود. اما سیال کم چگال به محض رسیدن به نقطه خروجی، (d)، با سرعت به بیرون پاشیده و بر روی سطح شیب دار، (t)، تخلیه می‌شود و به سمت مخزن دوم جریان می‌یابد و در آنجا به طور مجزا ذخیره می‌شود. حال که دو سیال در دو مخزن جداگانه در داخل تنگ جای گرفته‌اند، با گرداندن تنگ در جهات ساعتگرد یا پاد ساعتگرد می‌توان دو سیال را به شکلی مجزا از طریق سوراخ جانبی، (z)، در بالای قیف به بیرون هدایت کرد. در شکل ۵ سه نمای مهندسی لین تنگ را نشان داده شده است.



شکل ۵

۱۳۰ مقایسه عملی ظروف تفکیک کننده مایعات در کتاب الحیل از قرن سوم هجری

اگر چه امکان استفاده از این تنگ به عنوان اسباب شعبده بازی وجود داشته است، لکن کماکان از توانایی طراحی مهندسی آن می‌توان در جداسازی سیالات بر مبنای گرانشیانشان بهره گرفت. در شکل ۶ تصویری از نمونه ساخته شده در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران ارائه شده است.

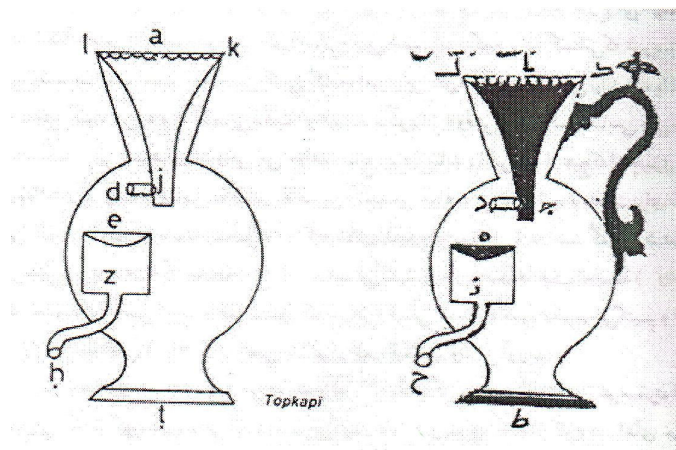


شکل ۶

تنگ با سازکار تفکیک کننده یک لیوانی

یکی دیگر از طرحهای ارائه شده در کتاب الحیل مربوط به تنگی است که می‌تواند با به کارگیری یک سازکار یک لیوانی در درون خود مایعات ورودی به داخل تنگ را بر اساس گرانشیانشان تفکیک کند. در واقع، تفکر طراحی مرتبط با این تنگ تا حد زیادی به تنگ دو مخزنه جدا کننده مایعات که شرح آن در قسمت قبل بیان شد، شباهت دارد. در شکل ۷ تصویری از این تنگ که مستقیماً از کتاب مرجع [۱] استخراج شده، ارائه شده است.





شکل ۷

سازکار تفکیک کننده مایع

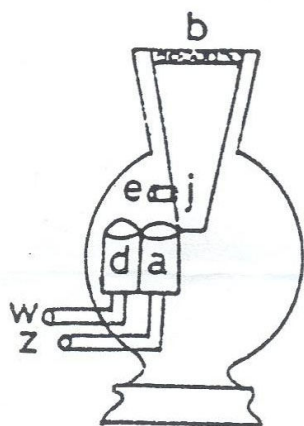
بر اساس شکل ۵ سیال ورودی پر چگال به داخل تنگ از لوله قیف واژگون ورودی عبور می‌کند و از طریق لوله انتهایی (d) به بیرون می‌ریزد. لکن به دلیل چسبندگی زیاد به جداره لوله قادر به پاشش نیست و به آرامی به داخل لیوان داخل تنگ می‌چکد و سپس، به بیرون تنگ راه می‌یابد. اما سیال کم چگال به دلیل روانی و چسبندگی ناچیز با سرعتی زیاد از لوله انتهایی (d) به بیرون پاشیده و پس از برخورد به بدنه تنگ در داخل آن گردآوری می‌شود. لذا، از دیدگاه بیننده ناآگاه این تنگ سیالات کم چگال را در درون خود نگاه می‌دارد و سیالات کم چگال را به بیرون هدایت می‌کند. در شکل ۸ تصویری از نمونه ساخته شده در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران نشان داده شده است.

۱۳۲ مقایسه عملی ظروف تفکیک کننده مایعات در کتاب الحیل از قرن سوم هجری

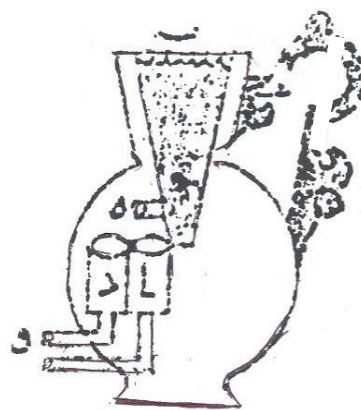


شکل ۸

تنگ با سازکار تفکیک کننده دو لیوانی  
از دیگر طرحهای ارائه شده در کتاب **الحیل** طرح تنگی است که می تواند با به کارگیری یک ساز کار دو لیوانی در درون خود مایعات ورودی به داخل تنگ را بر اساس لزجت یا گرانششان جدا کند. در واقع، تفکر طراحی مرتبط با این تنگ تا حد زیادی به تنگ با سازکار تفکیک کننده یک لیوانی که در قسمت قبل بیان شد، شباهت دارد. در شکل ۱-۹ و شکل ۲-۹ تصاویری از این تنگ که مستقیماً از کتاب مرجع [۱] بر گرفته شده‌اند، ارائه شده است.



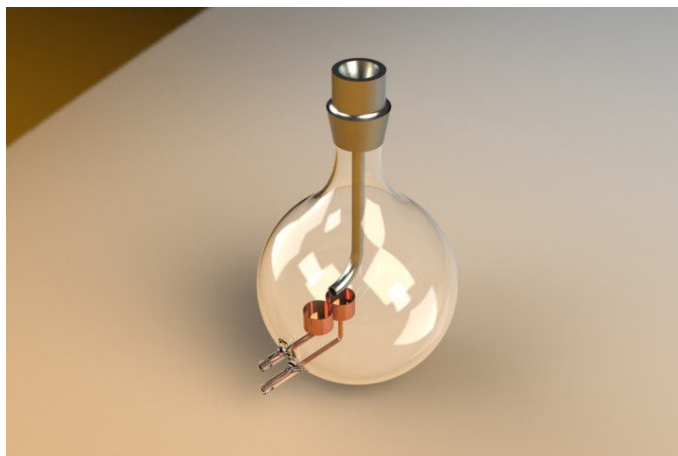
شکل ۹-۲



شکل ۹-۱

سازکار تفکیک کننده دو لیوانی مایع

بر اساس شکل ۶ سیال ورودی پر چگال به داخل تنگ از لوله قیف واژگون ورودی عبور می‌کند و از طریق لوله انتهایی (d) به بیرون می‌ریزد. لکن به دلیل چسبندگی زیاد به جداره لوله قادر به پاشش نیست و به آرامی به داخل لیوان زیرین یا در واقع، لیوان اول در داخل تنگ می‌چکد و سپس، از طریق لوله خروجی مربوطه، لوله Z، به بیرون تنگ راه می‌یابد. اما سیال کم چگال به دلیل روانی و چسبندگی ناچیز با سرعتی زیادتر از خروجی لوله انتهایی (d) به بیرون و به درون لیوان دوم که دورتر از لیوان اول قرار گرفته است و از آنجا از طریق لوله مربوطه، لوله W، به بیرون از تنگ جریان می‌یابد. لذا، از دیدگاه بیننده ناآگاه تنگ سیالات کم چگال و پر چگال را به تفکیک از مجاری مختلف به بیرون هدایت می‌کند. در شکل ۱۰ تصویری از نمونه ساخته شده در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران نشان داده شده است.



شکل ۱۰

#### ۴. نتایج

ظروف و دستگاههای مذکور در این مقاله بر طبق جزئیات طراحی مهندسی آنها که در کتاب الحیل ارائه شده‌اند، طراحی مجدد و ساخته شدند، آن گاه نمونه‌های ساخته شده مطابق آنچه در کتاب قید شده است، آزمون شدند. عملکرد کلیه نمونه‌ها، بجز "تنگ جادویی"، بدون هیچ‌گونه تغییری در تطابق کامل با شرح ذکر شده در کتاب الحیل بود. البته، به منظور کسب نتایج مطابق با کتاب الحیل برای "تنگ جادویی" تغییرات جزئی در سازکار درونی ظرف ایجاد شد [۹]. در نتیجه، از میان ظروف تفکیک کننده سیال در کتاب الحیل فقط یک ظرف قادر به تفکیک مایعات بر اساس چگالی آنها بود و مابقی از گرانروی مایعات مورد آزمون برای تفکیک آنها بهره می‌گیرند.

#### ۵. نکات مهم از دیدگاه آموزش مهندسی

در طول اجرای این بخش از طرح پژوهشی "طراحی و بازسازی ابداعات و اختراعات دانشمندان ایران در طول تاریخ" نکاتی جلب نظر می‌کرد که بعضاً از منظر تفکر طراحی و از دیدگاه طراحی علمی و فنی بر جسته تر از سایرین بودند که از آنها می‌توان در جهت آموزش مهندسی بهره جست. برخی از این نکات به شرح زیر هستند:

➤ از جمله نکات قابل تأمل در این مقاله این است که چرا و به چه علت از هیچ یک از فناوریهای ارائه شده در این کتاب تاکنون در هیچ کجای صنعت این مرز و بوم در طول تاریخ علوم و فنون ایران بهره گرفته نشده است. شاید بی‌توجهی حکمرانان در طی قرون و اعصار مختلف به توسعه فناوریهای نوین از جمله علل این امر بوده است. اما شایسته است که مهندسان و فناوران امروز

با مطالعه دقیق فناوریهای گذشته شکل جدیدی به آنها ببخشند و از آنها در راستای بومی سازی صنایع بهره لازم را بگیرند.

➤ طراحی سازکارهایی که به کمک آنها و با به کارگیری چگالی سیالات به خصوص مایعات قادر باشند تا سیالات را بر مبنای چگالیشان از یکدیگر تفکیک کنند.

➤ طراحی سازکارهایی که به کمک آنها و با به کارگیری خاصیت گرانشی مایعات قادر باشند تا مایعات را بر مبنای لزجت یا گرانششان جدا کنند.

➤ یکی از نکات پر اهمیت این تحقیق دستیابی به چگونگی تفکر طراحی مهندسی احمد بن موسی است. در واقع، بازسازی این ظروف و سایر طرحهای ارائه شده در کتاب **الحیل** موجب روشن شدن نگرش و تفکر تکاملی و گام به گام وی در امر طراحی مهندسی شد. البته، با مطالعه کتاب **الحیل** به راحتی می توان در جای جای آن آثار این گونه تفکر و سیر تکاملی فرایند طراحی مهندسی با شیوه طراحی گام به گام را مشاهده کرد. البته، بر مدرسان و آموزش دهندگان علوم مهندسی است که این گونه تفکر تکاملی در طراحی مهندسی را به دانشجویان رشته های مهندسی بیاموزند.

#### مراجع

۱. غزنی، سرفراز، **ابتکارات خارق العاده مکانیکی یا کتاب الحیل**، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول، ۱۳۷۲.
2. Atilla, Bir, **Kitab Al Hial – Research Center for Islamic History, Art and Culture-Istanbul, 1990.**
۳. غزنی، سرفراز، **سخنی در باره کتاب الحیل**، کنگره بین المللی علم و تکنولوژی در جهان اسلام، تهران: دانشگاه تهران، ۱۵۹- ۱۵۸، صص، ۱۳۷۲.
۴. دانشی، غلامحسین، "پیشرفتهای مهندسی مکانیک در ایران قدیم"، **فصلنامه آموزشی مهندسی ایران**، سال نهم، شماره ۳۳، صص. ۱- ۲۷، بهار ۱۳۸۶.
5. Banu Musa and Hill, Donald Routledge (ed. & transl.), **The Book of Ingenious Devices**, Islamabad: Pakistan Hijuga Council, 1989.
6. Banu Musa, **The Encyclopaedia of Islam VII**, pp. 640- 641, Leiden, 1993.
7. Banu Musa, **Encyclopaedia Iranica III**, 716-71, London, 1989.
8. R. Rashed, **Archimedean learning in the Middle Ages: the Banu Musa**, *Historia Sci.* (2) 6 (1), pp. 1-16, 1996.
۹. یوسف یاسی و گروه همکار "جام جادویی"، **فصلنامه آموزشی مهندسی ایران**، سال دهم، شماره ۳۹، پاییز ۱۳۸۷.
10. <http://muslimheritage.com/topics/default.cfm?ArticleID=805>  
(دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۸)  
(پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۷/۲۲)