فصل چهارم

محاسبات فنی

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ محاسبه‌ی طول قطعات را توضیح دهد.

۲ــ محاسبه‌ی سطح شکل‌های هندسی را توضیح دهد.

۳ــ محاسبه‌ی حجم شکل‌های هندسی معمول را توضیح دهد.

۴ــ محاسبه‌ی سطح جانبی و سطح کل را توضیح دهد.

۵ــ محاسبه‌ی جرم قطعات را توضیح دهد.

۶ــ تعیین جرم قطعات به کمک جدول‌ها را بیان کند.

۱ــ۴ــ محاسبات طول

در این قسمت محاسبات طولی را که در مباحث رشته‌ی تأسیسات، اعم از بهداشتی، حرارتی، گازرسانی و برودتی مورد نیاز است می‌آوریم.

۱ــ۱ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری طول در سیستم SI[1] :

واحد اندازه‌گیری طول در سیستم SI، متر (m) است.

با توجه به نوع و بزرگی طول مورد اندازه‌گیری، ممکن است از واحدهای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از متر نیز استفاده شود که در سیستم SI پیشوندهایی برای بیان آن‌ها در نظر گرفته شده است، مانند کیلومتر به معنای هزار متر و میلی‌متر به معنای یک هزارم متر.

چون این پیشوندها در واحدهای اندازه‌گیری کمیت‌های دیگر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول ۱ــ۴ پیشوندهای مذکور را آورده‌ایم.

$$dm = ۱۰^{-۱} m = \frac{۱}{۱۰} m \rightarrow ۱m = ۱۰\,dm$$

$$cm = ۱۰^{-۲} m = \frac{۱}{۱۰۰} m \rightarrow ۱m = ۱۰۰cm$$

جدول ۱ــ ۴ــ پیشوندهای اجزاء و اضعاف واحدهای اندازه‌گیری

اجزاء			اضعاف		
(دهم)	$۱۰^{-۱}$ دسی	d(Deci)	(تریلیون)	$۱۰^{۱۲}$ ترا	T(Tera)
(صدم)	$۱۰^{-۲}$ سانتی	c(Centi)	(بیلیون)	$۱۰^{۹}$ گیگا	G(Giga)
(هزارم)	$۱۰^{-۳}$ میلی	m(Mili)	(میلیون)	$۱۰^{۶}$ مگا	M(Mega)
(میلیونیم)	$۱۰^{-۶}$ میکرو	μ(Micro)	(هزار)	$۱۰^{۳}$ کیلو	K(Kilo)
(بیلیونیم)	$۱۰^{-۹}$ نانو	n(Nano)	(صد)	$۱۰^{۲}$ هکتو	H(Hecto)
(تریلیونیم)	$۱۰^{-۱۲}$ پیکو	p(Pico)	(ده)	۱۰ دکا	D(Deka)
مثال : $w = ۱۰^{۶}$ مگاوات $= Mw$					

۱ــ Systeme Internationale لفظ فرانسوی

$$mm = ۱۰^{-۳}\,m = \frac{۱}{۱۰۰۰}\,m \rightarrow ۱m = ۱۰۰۰mm$$

مثال ۱: ۵۰ متر چند سانتی‌متر و چند میلی‌متر است؟

با توجه به موارد بالا چون $cm = \frac{۱}{۱۰۰}\,m$ پس

$$۱m = ۱۰۰cm$$

$$۵۰(m) = ۵۰(۱۰۰cm) = ۵۰۰۰cm$$

$$۵۰(m) = ۵۰(۱۰۰۰mm) = ۵۰۰۰۰mm$$

مثال ۲: ۵۰۰ متر چند کیلومتر است؟

$$km = ۱۰۰۰m \Rightarrow m = \frac{۱}{۱۰۰۰}\ km$$

$$۵۰۰(m) = ۵۰۰(\frac{۱}{۱۰۰۰}\ km) = \frac{۵۰۰}{۱۰۰۰}km = ۰/۵km$$

مثال ۳: ۵۰۰۰۰ سانتی‌متر چند کیلومتر است؟

$$۵۰۰۰۰(cm) = ۵۰۰۰۰(\frac{۱}{۱۰۰}m)$$

$$= ۵۰۰(m)$$

$$= ۵۰۰\times(\frac{۱}{۱۰۰۰}km)$$

$$= ۰/۵km$$

مثال ۴: ۵۰ دسی‌متر چند سانتی‌متر است؟

$$۵۰(dm) = ۵۰(\frac{۱}{۱۰}m) = ۵۰\times\frac{۱}{۱۰}(m)$$

$$= ۵m$$

$$= ۵(۱۰۰cm)$$

$$= ۵۰۰cm$$

۲ــ۱ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری طول در سیستم IP[۱]:

سیستم اندازه‌گیری SI از سال ۱۹۶۷ به بعد مورد قبول اکثر کشورهای جهان قرار گرفته است با این وجود هنوز هم با دستگاه‌ها و کتاب‌هایی سر و کار داریم که براساس سیستم اندازه‌گیری IP تولید شده‌اند. لذا ناگزیر هستیم تا رواج کامل سیستم SI با سیستم‌های دیگر نظیر IP نیز آشنا شویم. سیستم IP در کشورهای انگلیسی زبان مانند کشور انگلستان و آمریکا رایج است. واحد اندازه‌گیری طول در سیستم IP فوت است. در سیستم IP نیز واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر از فوت وجود دارند که در موارد خاصی به‌کار می‌روند مانند اینچ، یارد، مایل و... .

فوت را با علامت اختصاری $ft^{(')}$ و اینچ را با علامت اختصاری $in^{('')}$ نشان می‌دهند.

$$۱ft = ۱۲in \text{ (اینچ)}$$

$$۱yd. = ۳ft \text{ یارد}$$

مثال ۱: فشار جو تقریباً برابر۳۴ فوت ستون آب است. این فشار را برحسب اینچ ستون آب حساب کنید.

$$۳۴(ft) = ۳۴(۱۲\ in)$$

$$= ۳۴\times۱۲(in)$$

$$= ۴۰۸in$$

۳ــ۱ــ۴ــ تبدیل واحدهای سیستم SI به سیستم IP و بالعکس: با توجه به وجود کتاب و دستگاه در هر دو سیستم ناگزیر به آشنایی با تبدیل واحدهای دو سیستم به همدیگر هستیم. برای تبدیل واحد در رشته تأسیسات با توجه به روابطی که در زیر ملاحظه می‌کنید می‌توان واحدهای آن‌ها را به همدیگر تبدیل نمود.

$$۱in = ۲/۵۴cm$$

$$۱ft = ۳۰/۴۸cm$$

مثال ۱: فشار اتمسفر ۷۶ سانتی‌متر جیوه است. این فشار برابر چند اینچ جیوه است؟

$$\text{فشار اتمسفر} = ۷۶cm$$

$$= ۷۶\times(\frac{۱}{۲/۵۴}in)$$

$$= ۷۶\times\frac{۱}{۲/۵۴}\times(in)$$

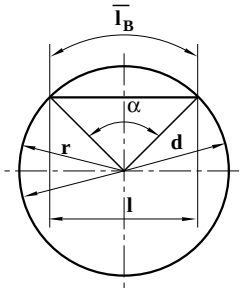
$$= ۲۹/۹۲\ inHg$$

مثال ۲: قطر اسمی لوله‌ی $۱\frac{۱'}{۴}$ اینچ برابر چند میلی‌متر است؟

۱ــ مخفف Inch و P و مخففPound. سیستم IP را سیستم F.P.S نیز می‌گویند. F مخفف Foot (فوت)، P مخفف Pound(پوند) و S مخفف Second (ثانیه)

$$1\frac{1}{4}\text{in} = \frac{5}{4}\text{in} = \frac{5}{4}(2/54\text{cm})$$
$$= \frac{5}{4}\times 2/54(\text{cm})$$
$$= 3/175\text{cm}$$
$$= 31/75\text{mm}$$

۴ــ۱ــ۴ــ محاسبه‌ی محیط: هر قطعه‌ی صنعتی، معمولاً ترکیبی از شکل‌های هندسی است. بنابراین برای محاسبه‌ی محیط این نوع قطعات، ابتدا آن‌ها را به شکل‌های هندسی تقسیم‌بندی می‌کنیم و پس از محاسبه‌ی محیط هرکدام، از جمع آن‌ها محیط قطعه را به‌دست می‌آوریم. در شکل ۱ــ۴ فرمول محاسبه‌ی محیط دایره و طول قوس قطاع یا قطعه‌ی دایره آورده شده است.



$$U = \pi \times d$$

$$l_B \approx \frac{\pi \times d \times \alpha}{360}$$

علائم اختصاری

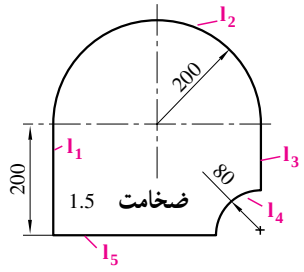
d = قطر دایره	r = شعاع دایره
U = محیط	l_B = طول قوس قطاع یا قطعه‌ی دایره
α = زاویه‌ی مرکزی	l = طول قطعه‌ی دایره

شکل ۱ــ۴ــ محاسبه‌ی محیط دایره

مثال: می‌خواهیم قطعه‌ای را مطابق شکل۲ــ۴، با روش برش با گاز، از ورق فولادی ببریم. طول مسیر برش را حساب کنید.

حل: منظور از طول مسیر برش همان محیط قطعه است. برای به‌دست‌آوردن محیط قطعه، ابتدا محیط آن را به طول‌های l_1، l_2، l_3، l_4 و l_5 تفکیک نموده و پس از محاسبه‌ی طول هریک از آن‌ها، با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعه‌ی مرکب را به‌دست می‌آوریم.

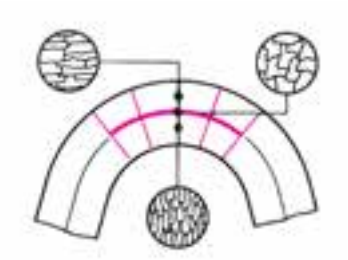
$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$$
$$l_1 = 200\text{mm}$$
$$l_2 = \frac{d_2 \times \pi}{2} = \frac{400\text{mm}\times 3/14}{2} = 628\text{mm}$$
$$l_3 = 200\text{mm} - 80\text{mm} = 120\text{mm}$$
$$l_4 = \frac{d_4 \times \pi}{4} = \frac{160\text{mm}\times 3/14}{4} = 125/6\text{mm}$$
$$l_5 = 400\text{mm} - 80\text{mm} = 320\text{mm}$$
$$U = 200\text{mm} + 628\text{mm} + 120\text{mm} + 125/6\text{mm}$$
$$+320\text{mm} = 1393/6\text{mm}$$



شکل ۲ــ۴ــ محاسبه‌ی محیط قطعه

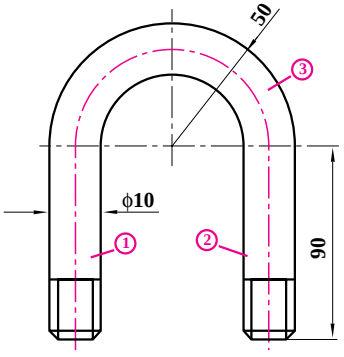
۵ــ۱ــ۴ــ محاسبه‌ی طول گسترده‌ی قطعات خمیده: هنگام خم‌کاری یک قطعه، لایه‌های خارجی آن کشیده می‌شوند و برعکس لایه‌های داخلی آن فشرده می‌شوند. بین لایه‌های خارجی و داخلی، لایه‌ای وجود دارد که در موقع خم‌کاری، نه کشیده و نه فشرده می‌شود و طول آن بدون تغییر باقی می‌ماند، این لایه را لایه‌ی خنثی و طول آن را طول گسترده‌ی قطعه می‌نامند (شکل ۳ــ۴).

طول لایه‌ی خنثی = طول گسترده



شکل ۳ــ۴ــ لایه‌ی خنثی و طول آن

مثال ۱: می‌خواهیم از میل گردی به قطر ۱۰ میلی‌متر، بستی، مطابق شکل ۴ــ۴، بسازیم. طول گسترده‌ی آن را به‌دست آورید.



شکل ۴ــ۴ــ محاسبه‌ی طول بست

حل:

$$d_m = D - S$$

$$d_m = ۲R - ۱۰ = ۲ \times ۵۰ - ۱۰ = ۹۰$$

$$l_s = l_۱ + l_۲ + l_۳$$

$$l_۱ = ۹۰mm$$

$$l_۲ = ۹۰mm$$

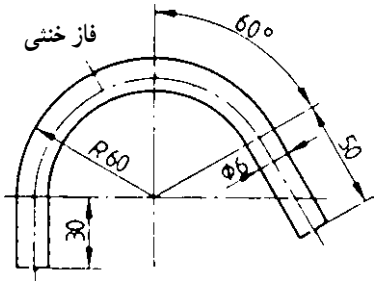
$$l_۳ = \frac{dm \times \pi}{۲} = \frac{۹۰ \times ۳/۱۴}{۲}$$

$$l_۳ = ۱۴۱/۳mm$$

$$l_s = ۹۰mm + ۹۰mm + ۱۴۱/۳mm$$

$$l_s = ۳۲۱/۳mm$$

مثال ۲: طول گسترده‌ی قطعه‌ی شکل ۵ــ۴ را به‌دست آورید.



شکل ۵ــ۴ــ طول گسترده‌ی قطعه

حل:

$$l_s = l_۱ + l_۲ + l_۳$$

$$l_۲ = \frac{d_m \times \pi \times \alpha}{۳۶۰^\circ} = \frac{(۱۲۰mm - ۶mm) \times ۳/۱۴ \times ۱۵۰^\circ}{۳۶۰^\circ}$$

$$l_۲ = ۱۴۹/۱۵mm$$

$$l_s = ۳۰mm + ۱۴۹/۱۵mm + ۵۰mm$$

$$l_s = ۲۲۹/۱۵mm$$

تمرین

۱ــ تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

ــ برحسب متر :

۲۵۶۵mm ،۶/۵km ،۹mm ،۱۷/۵cm ،۳۱dm ،۷۵mm

ــ برحسب سانتی‌متر :

۶۳۲mm ،۱۳/۰۰۷m ،۲/۰۴dm ،۳۹/۶dm ،۳/۷m

ــ برحسب دسی‌متر :

۵mm ،۰/۷cm ،۴/۰۳۱m ،۲۳/۵cm ،۱۹/۸m

ــ برحسب میلی‌متر :

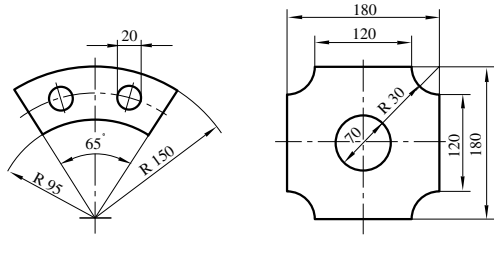
۱/۰۰۵m ،۳۷μm ،۱۹dm ،۳/۶cm ،۱/۷۵m

$$۳\frac{۱}{۴}in ،۲۳\frac{۵}{۸}in ،\frac{۱}{۲}in ،\frac{۵}{۸}in ،\frac{۳}{۴}in ،\frac{۷}{۸}in ،۱\frac{۱}{۲}in ،\frac{۳}{۱۶}in$$

۲ــ قطر دایره‌ای ۱۱۵/۷ میلی‌متر است، محیط آن را به‌دست آورید.

۳ــ محیط دایره‌ای ۶۲/۸ میلی‌متر است، قطر آن را به‌دست آورید.

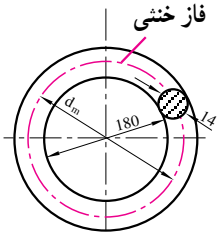
۴ــ اندازه محیط داخلی و خارجی قطعات شکل ۶ــ۴ را به‌دست آورید.



(الف) (ب)

شکل ۶ ــ۴

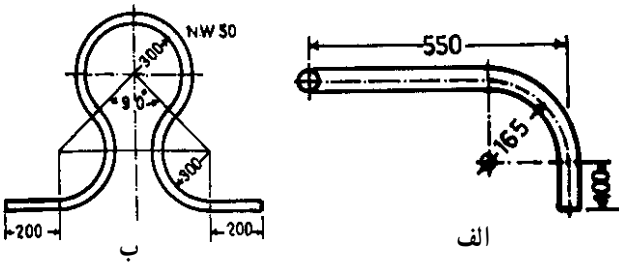
۵ــ طول گسترده‌ی حلقه شکل ۷ــ۴ را به‌دست آورید.



شکل ۷ــ۴ــ محاسبه‌ی طول گسترده‌ی حلقه

۶ــ قطر داخلی و قطر خارجی یک لوله‌ی $\frac{۳}{۴}$ اینچ به ترتیب ۲۱/۶ و ۲۶/۹ میلی‌متر است. ضخامت جدار لوله را پیدا کنید.

۷ــ طول لوله‌ی به‌کار رفته در شکل ۸ــ۴ را پیدا کنید



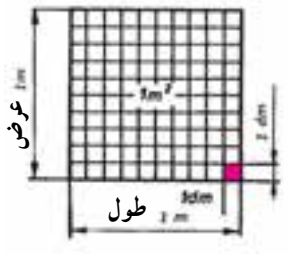
شکل ۸ ــ۴ــ محاسبه‌ی طول لوله‌ی به‌کار رفته

۲ــ۴ــ محاسبات سطح

۱ــ۲ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری سطح در سیستم SI:

در سیستم بین‌المللی واحدها (SI) واحد سطح، مترمربع است و سطحی مربع است که طول هر ضلع آن (۱) متر باشد.

دسی‌مترمربع، سانتی‌مترمربع و میلی‌مترمربع واحدهای کوچک‌تری هستند که در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۹ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری سطح متر مربع

$$A = L^۲$$

$$۱\ m = ۱۰۰cm \qquad ۱\ cm = \frac{۱}{۱۰۰}m$$

$$۱\ m^۲ = (۱۰۰cm)^۲ \qquad ۱\ cm^۲ = (\frac{۱}{۱۰۰}m)^۲$$

$$۱\ m^۲ = ۱۰۰۰۰cm^۲ \qquad ۱\ cm^۲ = \frac{۱}{۱۰۰۰۰}m^۲$$

در شکل ۱۰ــ۴ محاسبات مربوط به محیط و مساحت شکل‌های هندسی معمول آورده شده است.

مثال: مساحت دیوار اتاقی به طول (۴) متر و به ارتفاع (۲/۸) متر، چند متر مربع و چند سانتی‌متر مربع است؟

پاسخ:

$$A = ۴m \times ۲/۸m = ۴ \times ۲/۸m^۲ = ۱۱/۲m^۲$$

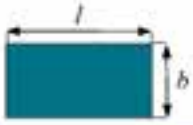
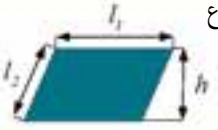
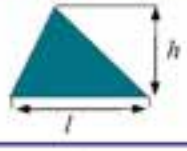
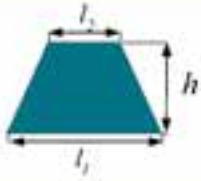
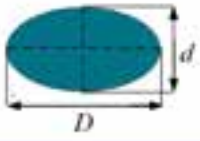
$$A = (۴۰۰cm) \times (۲۸۰cm) = ۱۱۲۰۰۰cm^۲$$

مثال: مساحت یک موزائیک به ضلع (۳۰) سانتی‌مترمربع، چند سانتی‌مترمربع و چند مترمربع است؟

پاسخ:

$$A = (۳۰cm) \times (۳۰cm) = ۹۰۰cm^۲$$

$$A = (۰/۳m)(۰/۳m) = ۰/۰۹m^۲$$

شکل	محیط	مساحت
مربع	$U = 4 \times l$	$A = l^2$
مستطیل 	$U = 2 \times (l+b)$	$A = l \times b$
لوزی	$U = 4 \times l$	$A = l \times h$
متوازی الاضلاع 	$U = 2 \times (l_1+l_2)$	$A = l_1 \times h$
مثلث 	مجموع طول اضلاع = U	$A = \frac{l \times h}{2}$
ذوزنقه 	مجموع طول اضلاع = U	$A = \frac{(l_1+l_2)}{2} \times h$
دایره	$U = \pi \times d$	$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$
بیضی 	$U \approx \pi \times \frac{(d+D)}{2}$	$A = \frac{\pi \times d \times D}{4}$
تاج دایره	مجموع طول کمان ها = U	$A = \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4}$

علائم اختصاری:

A - مساحت U - محیط l - طول b - عرض h - ارتفاع D - قطر بزرگ d - قطر کوچک

شکل ۱۰ــ۴ــ روابط محاسبه محیط و مساحت شکل‌های هندسی

مثال: مساحت ذوزنقه‌ای را که طول دو قاعده‌ی آن به‌ترتیب (۴۰) و (۳۰) سانتی‌متر و ارتفاع آن (۲۰) سانتی‌متر باشد، حساب کنید.

پاسخ:

با توجه به شکل ۱۰ــ۴

$$l_1 = 40cm \quad , \quad l_2 = 30cm$$

$$h = 20cm$$

$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b$$

$$= \frac{40 + 30}{2} \times 20 = 700cm^2$$

مثال: مساحت ورق به‌کار رفته در قطعه شکل ۱۱ــ۴ را بر حسب دسی‌متر مربع به‌دست آورید.

پاسخ:

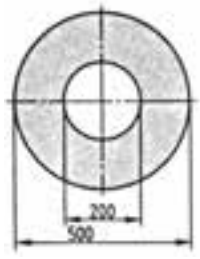
$$D = 500mm = 5dm$$

$$d = 200mm = 2dm$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{3/14 \times 5^2}{4} - \frac{3/14 \times 2^2}{4}$$

$$A = 16/485dm^2$$



شکل ۱۱ــ۴

پرسش و تمرین

۱ــ حاصل مساحت‌های زیر را برحسب سانتی‌متر مربع به‌دست آورید.

الف) $33/6dm^2 + 0/51m^2 + 50/74dm^2 - 1/2m^2$

ب) $1100cm^2 + 40m^2 - 810dm^2 - 31/2m^2$

۲ــ حاصل مساحت را به مترمربع تبدیل کنید.

$6/0009cm^2, 70cm^2, 24405dm^2, 175dm^2$

۳ــ محیط یک مربع برابر (۲۸) سانتی‌متر است، مساحت و قطر آن را حساب کنید.

۴ــ سطح مقطع یک دودکش (۴۰۰) سانتی‌مترمربع است اگر مقطع دودکش به‌شکل مربع باشد، طول هر ضلع دودکش چند سانتی‌متر است؟ طول هر ضلع دودکش چند اینچ است؟

۵ــ سطح یک مربع به ضلع (۴۰) سانتی‌متر باید معادل سطح یک دایره باشد، قطر دایره را مشخص کنید.

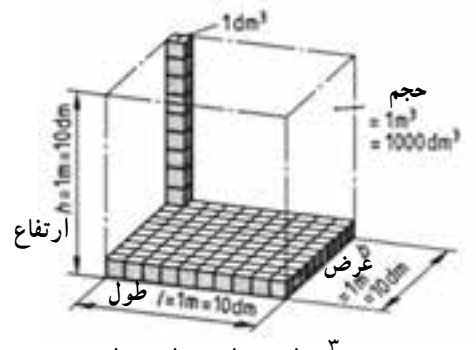
۶ــ یک مخزن ذخیره‌ی گازوئیل دارای قطر (۱۶۰۰) میلی‌متر است اوّلاً سطح مقطع مخزن چند دسی‌متر مربع است؟ ثانیاً محیط مقطع مخزن را حساب کنید.

۷ــ طبق استاندارد BS ۱۳۸۷ حداکثر قطر خارجی لوله‌ی فولادی ۱ اینچ ۳۳/۴ میلی‌متر و ضخامت آن ۳/۲ میلی‌متر است، ۱ــ قطر داخلی لوله ،۲ــ سطح مقطع خارجی لوله، ۳ــ سطح مقطع داخلی لوله، ۴ــ سطح مقطع قسمت فلزی لوله را حساب کنید.

۳ــ۴ــ محاسبات حجم

۱ــ۳ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری حجم در سیستم SI :

واحد اندازه‌گیری حجم در سیستم SI مترمکعب است و حجم مکعبی است که، طول، عرض و ارتفاع آن ۱ متر باشد (شکل ۱۲ــ۴).



$۱m \times ۱m \times ۱m = ۱m^۳$

شکل ۱۲ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است.

دسی‌متر مکعب، سانتی‌متر مکعب و میلی‌متر مکعب واحدهای کوچک‌تری هستند که در سیستم SI مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$V = L.L.L. = L^۳$

$m^۳ = (۱۰dm)^۳ = ۱۰۰۰dm^۳$

$dm^۳ = lit$ یک لیتر

$m^۳ = ۱۰۰۰lit$

هر مترمکعب (۱۰۰۰) لیتر و هر لیتر $(\frac{۱}{۱۰۰۰})$ متر مکعب است.

$m = ۱۰dm \qquad dm = \frac{۱}{۱۰}m$

$m^۳ = (۱۰dm)^۳ \qquad dm^۳ = (\frac{۱}{۱۰}m)^۳$

$m^۳ = ۱۰۰۰dm^۳ \qquad dm^۳ = \frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳$

$m^۳ = ۱۰۰۰lit \qquad lit = \frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳$

به‌تبدیل لیتر به سانتی‌متر مکعب و سانتی‌متر مکعب به لیتر توجه نمایید.

$dm = ۱۰cm \qquad cm = \frac{۱}{۱۰}dm$

$dm^۳ = (۱۰cm)^۳ \qquad cm^۳ = (\frac{۱}{۱۰}dm)^۳$

$dm^۳ = ۱۰۰۰cm^۳ \qquad cm^۳ = \frac{۱}{۱۰۰۰}dm^۳$

$lit = ۱۰۰۰cm^۳ \qquad cm^۳ = \frac{۱}{۱۰۰۰}lit$

توجه: ضریب تبدیل در واحدهای حجم، از واحدی به واحد مجاور (۱۰۰۰) است، که در تبدیل واحد از کمیت بزرگ‌تر به کوچک‌تر آن را در (۱۰۰۰) ضرب می‌کنند و در تبدیل واحد از کمیت کوچک‌تر به‌بزرگ‌تر آن را بر (۱۰۰۰) تقسیم می‌نمایند.

مثال: حجم اتاق (۳۶) متر مکعب است، حجم اتاق چند لیتر و چند سانتی‌متر مکعب است؟

پاسخ:

$۳۶m^۳ = ۳۶(۱۰dm)^۳ = ۳۶(۱۰۰۰dm^۳)$

$= ۳۶۰۰۰dm^۳ = ۳۶۰۰۰lit$

$۳۶m^۳ = ۳۶۰۰۰dm^۳ = ۳۶۰۰۰(۱۰cm)^۳$

$= ۳۶۰۰۰(۱۰۰cm)^۳ = ۳۶۰۰۰۰۰۰cm^۳$

یا

$۳۶m^۳ = ۳۶ \times ۱۰۰۰dm^۳ = ۳۶۰۰۰dm^۳$

$= ۳۶۰۰۰lit$

$۳۶۰۰۰dm^۳ = ۳۶۰۰۰ \times ۱۰۰۰$

$= ۳۶۰۰۰۰۰۰cm^۳$

مثال: (۱۰۰۰۰۰) سانتی‌متر مکعب چند لیتر و چند مترمکعب است؟

پاسخ:

$۱۰۰۰۰۰cm^۳ = ۱۰۰۰۰۰(\frac{۱}{۱۰}dm)^۳$

$= ۱۰۰۰۰۰ \times \frac{۱}{۱۰۰۰}dm^۳ = ۱۰۰dm^۳ = ۱۰۰lit$

$$۱۰۰dm^۳ = ۱۰۰(\frac{۱}{۱۰}m)^۳ = ۱۰۰\times\frac{۱}{۱۰۰۰}m^۳$$

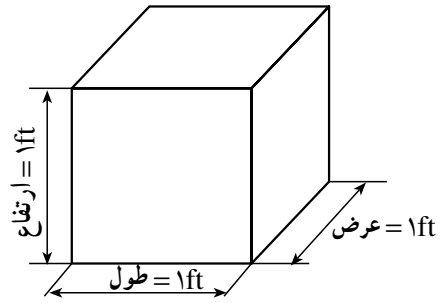
$$=\frac{۱}{۱۰}m^۳ = ۰/۱m^۳$$

$$۱۰۰۰۰۰cm^۳ \div ۱۰۰۰ = ۱۰۰dm^۳ = ۱۰۰lit$$

$$۱۰۰dm^۳ \div ۱۰۰۰ = ۰/۱m^۳$$

۲ــ۳ــ۴ــ واحد اندازه‌گیری حجم در سیستم IP:

واحد اندازه‌گیری حجم در سیستم «IP» و یا در کشورهای انگلیسی زبان «فوت مکعب» است و آن حجم مکعبی است که طول و عرض و ارتفاع آن برابر یک فوت باشد.



$$۱ft\times۱ft\times۱ft = ۱ft^۳$$

شکل ۱۳ــ۴ــ فوت مکعب واحد اندازه‌گیری حجم در سیستمSI

واحد دیگری در این سیستم که بیش‌تر برای اندازه‌گیری حجم مایعات استفاده می‌شود، «گالن» نام دارد که بر دو نوع است : گالن آمریکایی و گالن امپریال.

لیتر ۳/۷۸۵ = ۱گالن آمریکایی
لیتر ۴/۵۴۶ = ۱ گالن امپریال
گالن آمریکایی ۷/۴۸۱ = ۱ فوت مکعب

۳ــ۳ــ۴ــ تبدیل واحدها: تبدیل واحدهای حجم در سیستم «SI» به واحدهای حجم در سیستم «IP» و برعکس را ملاحظه نمایید.

$m = ۳/۲۸ft$	$ft = ۰/۳۰۴۸m$
$m^۳ = (۳/۲۸ft)^۳$	$ft^۳ = (۰/۳۰۴۸m)^۳$
$m^۳ = ۳۵/۳۱ft^۳$	$ft^۳ = ۰/۰۲۸m^۳$

مثال: حجم اتاق ۳۶ مترمکعبی، چند فوت مکعب است؟

پاسخ:

$$۳۶m^۳ = ۳۶\times(۳/۲۸m)^۳ = ۳۶\times۳۵/۳۱m^۳$$

$$=۱۲۷۱/۱۶m^۳$$

مثال: $(۱۰۷۶)ft^۳$ معادل چند متر مکعب است؟

پاسخ:

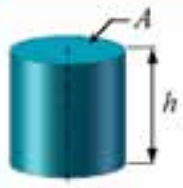
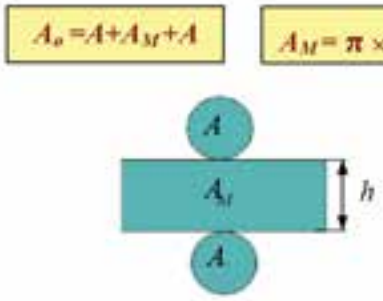
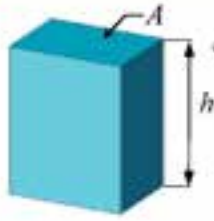
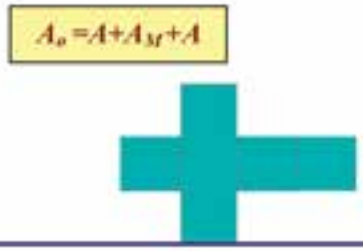
$$۱m^۳ = ۳۵/۳۱ft^۳$$

$$۱۰۷۶ft^۳ = \frac{۱۰۷۶}{۳۵/۳۱}m^۳$$

$$=۳۰/۴۷m^۳$$

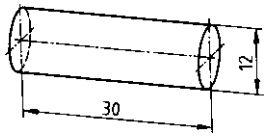
روابط حجم ــ سطح جانبی و سطح کل حجم‌های هندسی

در شکل ۱۴ــ۴ روابط محاسبه سطح جانبی، سطح کل و حجم شکل‌هایی که در رشته تأسیسات کاربرد عملی دارند آورده شده است تا در محاسبات مربوطه مورد استفاده قرار گیرد.

شکل	مساحت	حجم
استوانه 	سطح قاعده بالا+ سطح جانبی + سطح قاعده پایین= سطح کلی 	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم $V = A \times h$
منشور چهار ضلعی 	سطح قاعده بالا+ سطح جانبی + سطح قاعده پایین= سطح کلی 	ارتفاع × مساحت قاعده = حجم $V = A \times h$
کره	$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$	$V = \frac{\pi \times d^3}{6}$
علائم اختصاری: V = حجم A = سطح قاعده A_M = سطح جانبی A_o = سطح کلی d = قطر h = ارتفاع		

شکل ۱۴ــ۴ــ روابط حجم ــ سطح جانبی و سطح کل حجم های هندسی

مثال: در شکل ۱۵ــ۴ حجم قطعه داده شده را برحسب میلی‌متر مکعب محاسبه کنید.



شکل ۱۵ــ۴

پاسخ:

$$V = A \times h = \frac{\pi \times d^2}{4} \times h$$

$$V = \frac{\pi \times (12mm)^2}{4} \times 30mm = 3391/2mm^3$$

پرسش و تمرین

۱ــ (۱۱۵) سانتی‌مترمکعب و (۱۳/۵) دسی‌مترمکعب را برحسب مترمکعب حساب کنید.

۲ــ (۱۶۷۱۵) سانتی‌مترمکعب چند دسی‌مترمکعب است؟

۳ــ (۱/۴) مترمکعب چند دسی‌متر مکعب و چند سانتی‌متر مکعب است؟

۴ــ حاصل عبارت‌های زیر را برحسب لیتر حساب کنید.

الف) $۱۳/۶m^۳ - ۲۴۶cm^۳ + ۱۲/۳dm^۳ - ۲/۲۷m^۳$

ب) $۸۳۱cm^۳ + ۲/۷dm^۳ - ۱/۲۳m^۳ + ۲۴۳۷dm^۳$

ج) $۴۲۰/۵m^۳ + ۰/۲۵m^۳ - ۱۲۰۰۰mm^۳ - ۱۶۵۳۲cm^۳$

۵ــ عبارت‌های زیر را به لیتر و گالن (آمریکایی) تبدیل کنید.

$۱۴۰۲cm^۳$, $۱۲۳/۲۴dm^۳$, $۶۶۳۲cm^۳$

۶ــ حجم اتاقی به طول (۶) متر و به عرض (۴) متر و ارتفاع (۳) متر چند متر مکعب و چند فوت مکعب است؟

۷ــ حجم مخزن گازوئیل استوانه‌ای به قطر (۱) متر و به طول (۳) متر، چند لیتر و چند گالن است؟

۸ــ سطح جانبی و حجم مکعبی با طول (۴۵) میلی‌متر را به‌دست آورید.

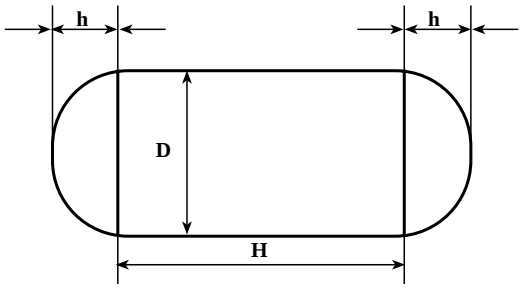
۹ــ اگر قطر قاعده‌ی مخروطی (۲۵) سانتی‌متر و ارتفاع آن (۳۶) سانتی‌متر باشد، حجم مخروط کامل را حساب کنید.

۱۰ــ کانالی ذوزنقه‌ای به‌طول (۲۵۰) متر خاک برداری خواهد شد اگر پهنای کانال در بالا (۸۰) سانتی‌متر و در پایین (۴۰) سانتی‌متر و عمق آن (۱) متر باشد، حجم کانال چه قدر است؟

۱۱ــ آب موجود در (۱۰۰) متر لوله‌ی فولادی ($\frac{۱}{۲}$) اینچ، با قطر خارجی(۲۱/۷) میلی‌متر و ضخامت (۲/۶) میلی‌متر چند لیتر است؟

۱۲ــ آب موجود در (۱۰۰) متر لوله‌ی (۱) اینچ را برحسب لیتر حساب کنید (ابعاد لازم را از جدول BS۱۳۸۷ در فصل ششم کتاب استخراج نمایید.)

۱۳ــ حجم تانکر گازوئیل شکل ۱۶ــ۴ را حساب کنید در صورتی که $h = (۳۰)cm$ ، $H = (۴۰۰)cm$ و $D = (۱۲۰)cm$ باشد.

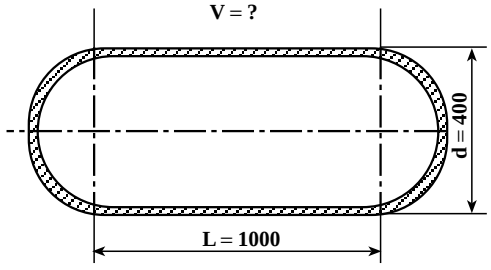


شکل ۱۶ــ۴

راهنمایی: برای محاسبه‌ی این گونه تانکرها از فرمول تقریبی زیر استفاده نمایید.

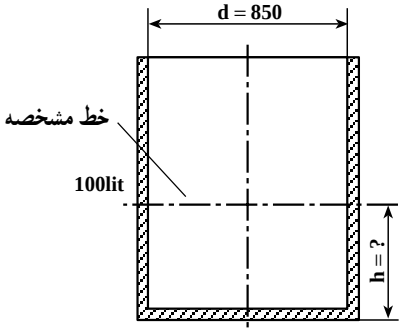
$$V = \frac{\pi D^۲}{۴} \times H + ۲\pi h(\frac{D^۲}{۸} + \frac{h^۲}{۶})$$

۱۴ــ حجم مخزن شکل ۱۷ــ۴ چند لیتر است؟



شکل ۱۷ــ۴

۱۵ــ در ظرف شکل ۱۸ــ۴ (۱۰۰) لیتر روغن ریخته خواهد شد، ارتفاع h برای مشخص کردن خط (۱۰۰) لیتر چند دسی‌متر است؟



شکل ۱۸ــ۴

۴ــ۴ــ محاسبات جرم

واحد جرم در سیستم SI کیلوگرم است و واحد جرم در سیستم IP پوند جرم lb است به روابط آن‌ها توجه کنید :

گرم ۱۰۰۰ = ۱ کیلوگرم
گرم ۴۵۳ = ۱ پوند
۲/۲۰ lb = ۱ کیلوگرم

۱ــ۴ــ۴ــ جرم حجمی: جرم واحد حجم از هر ماده را، جرم حجمی (جرم مخصوص) آن ماده گویند.

$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

واحد جرم مخصوص در سیستم «SI» کیلوگرم بر مترمکعب ($\frac{kg}{m^3}$) است و واحدهای رایج دیگر عبارت‌اند از : ($\frac{kg}{dm^3}$) یا ($\frac{kg}{lit}$) و($\frac{gr}{cm^3}$).

$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$
$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{kg}{m^3}$ یا $\frac{kg}{dm^3}$ یا $\frac{gr}{cm^3}$
$۱\frac{kg}{dm^3} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^3}$

جرم مخصوص فولاد ($۷/۸۵\frac{kg}{dm^3}$)،

جرم مخصوص آلومینیم ($۲/۷\frac{kg}{dm^3}$)،

چدن ($۷/۲۵\frac{kg}{dm^3}$) و آب ($۱\frac{kg}{lit}$) است.

مثال: جرم مخصوص آب ($۱\frac{kg}{lit}$) چند ($\frac{kg}{m^3}$) است؟

پاسخ:

$$۱lit = \frac{۱}{۱۰۰۰}m^3$$

$$۱\frac{kg}{lit} = ۱\frac{kg}{\frac{۱}{۱۰۰۰}m^3} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^3}$$

۲ــ۴ــ۴ــ محاسبه‌ی جرم: با استفاده از تعریف جرم مخصوص، می‌توان رابطه‌ای برای محاسبه‌ی جرم قطعات هندسی به دست‌آورد.

علائم اختصاری:

m = جرم

V = حجم

ρ = جرم مخصوص $\Rightarrow \boxed{m = \rho \times V}$

مثال: جرم شمش فولادی با مقطع مربع به‌ضلع (۵۰) میلی‌متر و طول (۱۲۰) میلی‌متر را به‌دست آورید.

پاسخ:

$$V = A \times h = (۵۰mm)^۲ \times ۱۲۰mm$$

$$= ۳۰۰۰۰۰mm^3 = ۰/۳dm^3$$

$$m = V\rho = ۰/۳dm^3 \times ۷/۸۵\frac{kg}{dm^3}$$

$$= ۲/۳۵۵kg$$

۳ــ۴ــ۴ــ محاسبه‌ی جرم به‌کمک جدول: در صنعت معمولاً جرم طولی میله‌ها، پروفیل‌ها، لوله‌ها و سیم‌ها و جرم سطحی ورق‌ها را در جدول‌هایی ارائه می‌دهند. به‌کمک این جدول‌ها و با محاسبه‌ی طول یا سطح قطعات، به راحتی می‌توان جرم قطعه را محاسبه کرد. (جدول‌های ۲ــ۴ تا ۸ ــ۴)

علائم اختصاری:

m = جرم　　l = طول قطعه

m' = جرم طولی　　A = سطح قطعه

m'' = جرم سطحی

$\boxed{m = m' \times l}$ جرم پروفیل، میله، لوله، سیم = جرم طولی × طول قطعه

$\boxed{m = m'' \times A}$ جرم ورق = جرم سطحی × مساحت قطعه

مثال: به‌کمک جدول، جرم (۶/۳) متر از میله‌گرد فولادی با قطر (۲۲) میلی‌متر را به‌دست آورید.

پاسخ:

$$m' \xrightarrow{\text{از جدول ۷ــ۴}} = ۲/۹۸\frac{kg}{m}$$

$$m = m' \times l = ۲/۹۸ \frac{kg}{m} \times ۶/۳m = ۱۸/۸kg$$

مثال: به کمک جدول، جرم (۵) مترمربع از ورق فولادی به ضخامت (۲) میلی‌متر را به دست آورید.

پاسخ:

$$m' \xrightarrow{\text{از جدول ۶ــ۴}} = ۱۵/۷ \frac{kg}{m^۲}$$

$$m = m' \times A = ۱۵/۷ \frac{kg}{m^۲} \times ۵m^۲ = ۷۸/۵kg$$

مثال: به کمک جدول، جرم یک شاخه لوله ۶ متری معمولی به قطر $\frac{۱}{۲}''$ را برحسب کیلوگرم به‌دست آورید.

$$m' \xrightarrow{\text{از جدول ۷ــ۴}} ۱/۲۵ \frac{kg}{m}$$

$$m = m' \times L = ۱/۲۵ \frac{kg}{m} \times ۶ = ۷/۵kg$$

پرسش و تمرین

۱ــ جرم‌های داده شده را برحسب تن به‌دست آورید.

۱۰۰kg , ۳۵۳۰kg , ۳۹۷۵۰kg

۲ــ جرم‌های داده شده را برحسب گرم حساب کنید.

$۲\frac{۱}{۴}$kg , $\frac{۱}{۲}$kg , ۰/۰۷۲kg

۳ــ جرم‌های داده شده چند پوند است؟

۱۰۰۰kg , ۱۰۰۰gr , ۴۵۳۰gr

۴ــ جرم یک متر لوله‌ی $(\frac{۱}{۲}'')$ فولادی با قطر خارجی (۲۱/۷)mm و ضخامت (۲/۶)mm را محاسبه نموده، نتیجه را با جدول مقایسه کنید (جرم مخصوص فولاد $۷/۸۵ \frac{kg}{dm^۳}$).

۵ــ مخزن گازوئیلی با مقطع مستطیل، به ابعاد : طول (۱۰۴۰) میلی‌متر، ارتفاع (۹۹۰) میلی‌متر و عرض (۷۰۰) میلی‌متر ساخته خواهد شد، حساب کنید که :

الف) با در نظر گرفتن ۲۰٪ اضافه برای دور ریز، سطح ورق فولادی مورد نیاز چه‌قدر خواهد بود؟ (مخزن بدون درپوش درنظر گرفته شود)

ب) جرم ورق مورد نیاز چند کیلوگرم است؟ (ضخامت ورق ۰/۸ میلی‌متر است)

ج) ظرفیت مخزن برحسب لیتر چه قدر است؟

د) جرم گازوئیل داخل آن چند کیلوگرم $\rho = ۰/۸ \frac{kg}{dm^۳}$ است؟

۶ــ جرم یک ورق گالوانیزه به‌ضخامت mm(۰/۵) و به ابعاد $m(۱) \times m(۲)$ را حساب کنید. جرم این ورق را از طریق جدول نیز به‌دست آورده، مقایسه کنید.

۷ــ یک لوله‌ی فولادی به‌قطر داخلی mm (۱۶) و قطر خارجی mm(۱۸) و جرم kg(۱/۳۵) است، حجم و طول آن را به‌دست آورید.

۸ــ جرم یک‌متر لوله‌ی فولادی $(\frac{۳}{۴}'')$ و آب محتوی آن را حساب کنید (مشخصات لوله‌ی $(\frac{۳}{۴}'')$ را از جدول ضمیمه استخراج کنید).

۹ــ جرم هر متر مربع ورق‌های فولادی زیر را برحسب کیلوگرم حساب نموده، با جدول مقایسه کنید.
۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متری

جدول ۲ــ۴ ــ ضریب‌های محاسبه‌ی طول ضلع، قطر دایره‌ی محاطی و مساحت چندضلعی‌های منتظم با فرض D = ۱

علائم اختصاری							
n = تعداد اضلاع	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
α = زاویه‌ی مرکز مقابل به یک ضلع	۱۲۰°	۹۰°	۷۲°	۶۰°	۴۵°	۳۶°	۳۰°
l = طول ضلع	۰/۸۶۶	۰/۷۰۷	۰/۵۸۸	۰/۵۰۰	۰/۳۸۳	۰/۳۰۹	۰/۲۵۹
d = قطر دایره محاطی	۰/۵۰۰	۰/۷۰۷	۰/۸۰۹	۰/۸۶۶	۰/۹۲۴	۰/۹۵۱۱	۰/۹۶۶
A = مساحت	۰/۳۲۵	۰/۵۰۰	۰/۵۹۴	۰/۶۵۰	۰/۷۰۷	۰/۷۳۵	۰/۷۵۰

D = قطر دایره‌ی محیطی

جدول ۳ــ۴ ــ جرم بعضی از مواد برحسب کیلوگرم

نام ماده	جرم ماده	نام ماده	جرم ماده
اتم هیدروژن	$۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}$	اتومبیل شخصی	$۱/۵\times۱۰^{۳}$
یک لیتر هوا (در صفر درجه‌ی‌سانتی گراد)	$۱/۲۹\times۱۰^{-۳}$	کره‌ی زمین	$۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}$
یک لیتر آب (در ۴°C)	۱/۰۰۰	کره‌ی خورشید	$۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}$

جدول ۴ــ۴ ــ جرم مخصوص بعضی از مواد

جرم مخصوص مایعات $\frac{kg}{dm^3}$		جرم مخصوص جامدات $\frac{kg}{dm^3}$				جرم مخصوص گازها $\frac{kg}{dm^3}$	
ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص
آب (۴°C)	۱	چوب آبنوس	۱/۲۶	چدن خاکستری	۷/۲۵	هوا	۱/۲۹
نفت	۰/۸۵	آلیاژهای منیزیم	۱/۸	برنج	۸/۵	اکسیژن	۱/۴۳
بنزین	۰/۷۲	آلومینیم	۲/۷	مس	۸/۹	استیلن	۱/۱۷۱
گازوئیل	۰/۸۵	روی	۷/۱۳	فولاد	۷/۸۵	هیدروژن	۰/۰۹
روغن‌موتور	۰/۹	قلع	۷/۳	سرب	۱۱/۳۵	ازت	۱/۲۵

جدول ۵ ــ۴ ــ جرم یک مترمربع تعدادی از ورق‌ها برحسب کیلوگرم

ورق‌های فولادی **مثال:** s 15 mm ≙ 7 kg/m² **پاسخ:** s 10 mm ≙ 78,60 kg/m² s 5 mm ≙ 39,30 kg/m² s 15 mm ≙ 117,90 kg/m²	s mm	0,18	0,2	0,22	0,24	0,28	0,32	0,38	0,44	0,5	0,56
	m kg/m²	1.41	1.57	1.73	1.88	2.20	2.51	2.98	3.46	3.93	4.40
	s mm	0,63	0,75	0,88	1	1,13	1,25	1,38	1,5	1,75	2,0
	m kg/m²	4.95	5.88	6.91	7.85	8.87	9.81	10.8	11.8	13.7	15,7
	s mm	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4	4,5	4,75	5	5,5
	m kg/m²	17.7	19.6	21.6	23.6	27.5	31.4	35.3	37.3	39.3	43.2
	s mm	6	6,5	7	8	9	10	11	12	13	14
	m kg/m²	47.2	51.1	55	62.9	70.7	78.6	86.5	94.3	102	110
ورق‌های آجدار فولادی بدون درنظر گرفتن نوع آج	s mm	3	3½	4	4½	5	6	7	8	9	10
	m kg/m²	28	32	38	42	46	54	62	70	78	86
ورق‌های روی	s mm	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
	m kg/m²	1.08	1.44	1.80	2.15	2.51	2.87	3.23	3.59	3.95	4.31
	s mm	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0
	m kg/m²	4.67	5.03	5.38	5.74	6.46	7.18	8.62	10.8	12.9	14.4
ورق‌های سرب	s mm	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0
	m kg/m²	3.42	4.56	5.70	6.84	7.98	9.12	10.2	11.4	17.1	22.8
ورق‌های مس	s mm	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6
	m kg/m²	0.89	1.33	1.78	2.22	2.67	3.11	3.56	4.0	4.45	5.34
	s mm	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5
	m kg/m²	6.23	7.12	8.01	8.9	10.7	12.5	14.2	16.0	17.8	22.2
ورق‌های برنج	s mm	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6
	m kg/m²	0.85	1.27	1.7	2.12	2.55	2.97	3.4	3.82	4.25	5.1
	s mm	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5
	m kg/m²	5.95	6.8	7.65	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17.0	21.2
ورق‌های آلومینیم	s mm	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	m kg/m²	0.54	0.68	0.81	0.95	1.08	1.35	1.62	1.89	2.16	2.48
	s mm	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
	m kg/m²	2.7	3.3	3.8	4.4	4.9	5.4	6.8	8.1	10.8	13.5

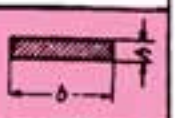
جدول ۶ ــ۴ ــ جرم یک متر از میله‌های گرد، چهارگوش فولادی برحسب kg

	1 ··· 35				36 ··· 70				71 ··· 105		
d l SW				d l SW				d l SW			
1	0.006	0.008	0.007	36	7.99	10.2	8.81	71	31.1	39.6	34.3
2	0.025	0.031	0.027	37	8.44	10.7	9.3	72	32.0	40.7	35.2
3	0.056	0.071	0.061	38	8.90	11.3	9.81	73	32.9	41.8	36.2
4	0.099	0.126	0.109	39	9.38	11.9	10.3	74	33.8	43.0	37.2
5	**0,154**	**0,196**	**0,170**	**40**	**9,86**	**12,6**	**10,9**	**75**	**34,7**	**44,2**	**38,2**
6	0.222	0.283	0.245	41	10.4	13.2	11.4	76	35.6	45.3	39.2
7	0.302	0.385	0.333	42	10.9	13.9	12.0	77	36.5	46.5	40.3
8	0.395	0.502	0.435	43	11.4	14.5	12.6	78	37.5	47.8	41.4
9	0.499	0.636	0.551	44	11.9	15.2	13.2	79	38.5	49.0	42.4
10	**0,617**	**0,785**	**0,680**	**45**	**12,5**	**15,9**	**13,8**	**80**	**39,5**	**50,2**	**43,5**
11	0.746	0.950	0.823	46	13.0	16.6	14.4	81	40.5	51.5	44.6
12	0.888	1.13	0.979	47	13.6	17.3	15.1	82	41.5	52.8	45.7
13	1.04	1.33	1.15	48	14.2	18.1	15.7	83	42.5	54.1	46.8
14	1.21	1.54	1.33	49	14.8	18.8	16.3	84	43.5	55.4	48.0
15	**1,39**	**1,77**	**1,53**	**50**	**15,4**	**19,6**	**17,0**	**85**	**44,5**	**56,7**	**49,1**
16	1.58	2.01	1.74	51	16.0	20.4	17.7	86	45.6	58.1	50.3
17	1.78	2.27	1.96	52	16.7	21.2	18.4	87	46.7	59.4	51.5
18	2.00	2.54	2.20	53	17.3	22.1	19.1	88	47.7	60.8	52.6
19	2.23	2.83	2.45	54	18.0	22.9	19.8	89	48.8	62.2	53.8
20	**2,47**	**3,14**	**2,72**	**55**	**18,7**	**23,7**	**20,6**	**90**	**49,9**	**63,6**	**55,1**
21	2.72	3.46	3.00	56	19.3	24.6	21.3	91	51.1	65.0	56.3
22	2.98	3.80	3.29	57	20.0	25.5	22.1	92	52.2	66.4	57.5
23	3.26	4.15	3.60	58	20.7	26.4	22.9	93	53.3	67.9	58.8
24	3.55	4.52	3.92	59	21.5	27.3	23.7	94	54.5	69.4	60.1
25	**3,85**	**4,91**	**4,25**	**60**	**22,2**	**28,3**	**24,5**	**95**	**55,6**	**70,8**	**61,4**
26	4.17	5.31	4.60	61	22.9	29.2	25.3	96	56.8	72.3	62.7
27	4.50	5.72	4.96	62	23.7	30.2	26.1	97	58.0	73.9	64.0
28	4.83	6.15	5.33	63	24.5	31.2	27.0	98	59.2	75.4	65.3
29	5.19	6.60	5.72	64	25.3	32.2	27.8	99	60.4	77.0	66.6
30	**5,55**	**7,07**	**6,12**	**65**	**26,0**	**33,2**	**28,7**	**100**	**61,7**	**78,5**	**68,0**
31	5.92	7.55	6.53	66	26.9	34.2	29.6	101	62.8	80.0	69.3
32	6.31	8.04	6.96	67	27.7	35.2	30.5	102	64.2	81.6	70.6
33	6.71	8.55	7.40	68	28.5	36.3	31.4	103	65.5	83.2	72.0
34	7.13	9.07	7.86	69	29.4	37.4	32.4	104	66.7	84.9	73.5
35	**7,55**	**9,62**	**8,33**	**70**	**30,2**	**38,5**	**33,3**	**105**	**68,0**	**86,5**	**75,0**

جدول ۷ــ۴ــ جرم یک متر از لوله‌های فولادی برحسب kg

لوله‌های معمولی	قطر اسمی لوله برحسب اینچ	۱/۸"	۱/۴"	۳/۸"	۱/۲"	۳/۴"	۱"	۱ ۱/۴"
	» » » » میلی‌متر	6	8	10	15	20	25	32
	تعداد دندانه در هر اینچ	28	19	19	14	14	11	11
	قطر خارجی لوله	10	13.25	16.75	21.25	26.75	33.5	42.25
	ضخامت جداره	2	2.25	2.25	2.75	2.4	2.9	3.1
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.395	0.610	0.805	1.25	1.44	2.19	2.99
	قطر اسمی لوله برحسب اینچ	1 ۱/۲"	2"	2 ۱/۲"	3"	4"	5"	6"
	» » » » میلی متر	40	50	65	80	100	125	150
	تعداد دندانه در هر اینچ	11	11	11	11	11	11	11
	قطر خارجی لوله	48.25	60	75.5	88.25	113.5	139	164.5
	ضخامت جداره	3.1	3.3	3.75	4	4.25	4.5	4.5
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	3.45	4.61	6.64	8.31	11.5	14.9	17.8
لوله های بدون درز	قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	8	10	12	14	16	18	20
	» » » » اینچ	۵/۱۶"	۱۳/۳۲"	۱۵/۳۲"	۹/۱۶"	۱/۸"	۳۳/۳۲"	۳۵/۳۲"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.240	0.314	0.388	0.592	0.691	0.789	0.888
	قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	22	24	25	26	28	30	32
	» » » » اینچ	۷/۸"	۱۵/۱۶"	1"	۱ ۱/۳۲"	۱ ۳/۳۲"	۱ ۳/۱۶"	۱ ۱/۴"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	2	2	2	2	2	2.5	2.5
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	0.986	1.09	1.13	1.18	1.28	1.70	1.82
	قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	35	38	41.5	44.5	51	57	63.5
	» » » » اینچ	۱ ۳/۸"	۱ ۱/۲"	۱ ۵/۸"	۱ ۳/۴"	2"	2 ۱/۴"	2 ۱/۲"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.75	3
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	2.00	2.19	2.40	2.59	2.99	3.68	4.48
	قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	70	76	83	89	95	102	108
	» » » » اینچ	2 ۳/۴"	3"	3 ۱/۴"	3 ۱/۲"	3 ۳/۴"	4"	4 ۱/۴"
	ضخامت جداره برحسب میلی‌متر	3	3	3.25	3.25	3.5	3.5	3.75
	جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	4.96	5.40	6.39	6.87	7.90	8.50	9.64

جدول ۸ــ۴ــ جرم یک متر بعضی از نیمه ساخته‌های فولادی برحسب kg

									
b×b×d	kg/m	نمره	b×b	kg/m	نمره	b×b	kg/m	b×h	kg/m
15 x 15 x 3	0.64	30	30 x 15	1.74	80	80 x 42	5.95	10 x 5	0.39
20 x 20 x 4	1.14	40	40 x 20	2.75	100	100 x 50	8.42	10 x 8	0.63
25 x 25 x 4	1.45	50	50 x 25	4.32	120	120 x 58	11.2	12 x 5	0.47
30 x 30 x 3	1.36	60	60 x 30	5.07	140	140 x 66	14.4	15 x 5	0.59
30 x 30 x 5	2.18	65	65 x 42	7.09	160	160 x 74	17.9	15 x 10	1.18
35 x 35 x 4	2.1	80	80 x 45	8.64	180	180 x 82	21.9	20 x 5	0.78
35 x 35 x 6	3.04	100	100 x 50	10.6	200	200 x 90	26.3	20 x 10	1.57
40 x 40 x 4	2.42	120	120 x 55	13.4	220	220 x 98	31.1	25 x 5	0.98
40 x 40 x 6	3.52	140	140 x 60	16.0	240	240 x 106	36.2	25 x 15	2.94
45 x 45 x 5	3.38	160	160 x 65	18.8	260	260 x 113	41.9	30 x 5	1.18
45 x 45 x 7	4.60	180	180 x 70	22.0	280	280 x 119	48.0	35 x 5	1.37
50 x 50 x 5	3.77	200	200 x 75	25.3	300	300 x 125	54.2	40 x 10	3.14
50 x 50 x 9	6.47	240	240 x 85	33.2	320	320 x 131	61.1	40 x 25	7.85
55 x 55 x 6	4.95	280	280 x 95	41.8	340	340 x 137	68.1	45 x 30	10.6
60 x 60 x 6	5.42	300	300 x 100	46.2	360	360 x 143	76.2	50 x 20	7.85
65 x 65 x 7	6.83	350	350 x 100	60.6	380	380 x 149	84.0	50 x 40	15.7
70 x 70 x 7	7.38	400	400 x 110	71.8	400	400 x 155	92.6	60 x 20	9.42
75 x 75 x 7	7.94	450	450 x 170	115	450	450 x 170	115	70 x 30	16.5
80 x 80 x 8	9.66	500	500 x 185	141	500	500 x 185	141	80 x 40	25.1
90 x 90 x 9	12.2	550	550 x 200	167	550	550 x 200	167	90 x 50	35.3

با مهندسان و دانشمندان اسلامی و ایرانی آشنا شویم

زندگی‌نامه‌ی بنوموسی

بنوموسی*، فرزندان موسی‌بن شاکر مشهور به «المنجّم» از اهالی خراسان بودند که در سده سوم هجری می‌زیسته‌اند. بنوموسی به ترتیب سن عبارتند از محمّد، احمد و حسن.

احمد بن موسی

ابوالقاسم احمدبن موسی شاکر خراسانی، برادر میانی در نجوم و مکانیک تخصص داشت و با ابداعات مکانیکی حیرت‌انگیز به عنوان قدیمی‌ترین صنعتگر و مهندس مکانیک در تاریخ تمدن اسلامی قرار گرفت. تاریخ ولادت و وفات وی مشخص نیست. احمد مردی متهوّر، صنعتگر، عاشق مهندسی و دارای نبوغ فوق‌العاده بود. وی با برادر بزرگ‌ترش، محمد، در زمینه‌ی نجوم فعالیت علمی داشت و تهور علمی لازم را داشت که در یک اثر نجومی، نظریه یونانیان را در این مورد که «نهمین کره، مجموعه‌ی کرات را دربر می‌گیرد» رد کند. اما از آن‌جایی که به صنعتگری و ساخت ابزار علاقه‌ی ویژه‌ای داشت به کمک برادرش، محمد، یک ساعت فلزی مسی بسیار بزرگ ساخت.

محمد طلوع و غروب ستارگان معروف را، چه در شبانه‌روز و چه در طول سال محاسبه کرده و احمد، محاسبه پیچیده‌ی برادرش را روی دستگاهی که با هوشمندی و ظرافت بسیار ساخته بود، پیاده کرد. این دستگاه کاملاً دقیق کار می‌کرد و نمونه‌ای منحصر به فرد و نشانه‌ی استادی وی در مهندسی بود.

تجربیات و ابداعات مکانیکی احمد در کتابی به نام «کتاب الحیل» که حاوی ۱۰۰ دستگاه ابتکاری است گردآوری شد که با استعدادترین افراد قرن حاضر را نیز به شگفتی وامی‌دارد. دستگاه‌های شگفت‌انگیز این نابغه‌ی مسلمان ایرانی تحولی شگرف در مهندسی مکانیک به‌وجود آورد و بنابه شواهد غیرقابل انکار می‌توان گفت که بیشتر ابتکارات و تکنیک‌هایی که در سده‌های اخیر به علوم مکانیکی و مهندسی اسلام و اروپا تلفیق یا وارد شده‌اند از کتاب الحیل احمدبن موسی گرفته شده‌اند.

آن چه از کتاب احمدبن موسی می‌دانیم آن است که این تنها نمونه‌ای است که ما را از یک سیستم اساسی علوم پنوماتیک ـ هیدرولیک در اسلام آگاه می‌کند و همان‌طور که در همان زمان ثابت منزلت و اعتباری خاص داشته است.

استفاده‌ی پسران موسی از سوپاپ‌هایی که به خودی خود و اتوماتیک عمل می‌کنند، ابزارهای دقیق زمان‌سنجی، سیستم درنگ کننده یا کندکننده و دیگر ابزارهای دقیق ساخته شده مواردی را نشان می‌دهند که نبوغ و قوه‌ی ابتکار فوق‌العاده‌ی این برادران و یا دست کم احمدبن موسی را آشکار می‌سازد.

عالی‌ترین افکار این برادران و علی‌الخصوص احمدبن موسی در کارهای فنی و مهندسی مکانیک و مهندسی کنترل و استعمال صحیح ابزارهایی است که دور از انتظار در دل دستگاه‌ها کار گذاشته شده و تحت فشار آب و هوا کار می‌کرده است.

«کتاب الحیل» بنوموسی در مقطعی از تاریخ مهندسی مکانیک قرار گرفته است که حدود ۹۰۰ سال پیش از آن، یونانیان و حدود ۶۰۰ سال پس از آن اروپاییان به این شاخه از تمدن صنعتی پرداخته‌اند و در فاصله زمانی ۱۵۰۰ ساله «کتاب الحیل» بنوموسی است که ممتازترین اثر مکانیکی است و در خلأ حاصل درخششی چشم‌گیر دارد. بی‌شک «کتاب الحیل» بر بلندترین قله‌ی تاریخ مهندسی مکانیک در ایران، در اسلام و در جهان جای دارد و موجب افتخار و سربلندی هر ایرانی و هر مسلمان است.

---

* بنویا بنی جمع این به معنای فرزندان و بنوموسی یعنی فرزندان موسی