

## محاسبات فنی

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- محاسبه‌ی طول قطعات را توضیح دهد.
- ۲- محاسبه‌ی سطح شکل‌های هندسی را توضیح دهد.
- ۳- محاسبه‌ی حجم شکل‌های هندسی معمول را توضیح دهد.
- ۴- محاسبه‌ی سطح جانبی و سطح کل را توضیح دهد.
- ۵- محاسبه‌ی جرم قطعات را توضیح دهد.
- ۶- تعیین جرم قطعات به کمک جدول‌ها را بیان کند.

### ۴-۱- محاسبات طول

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 ۴-۱ پیشوندهای مذکور را آورده‌ایم.

$$dm = 10^{-1} m = \frac{1}{10} m \rightarrow 1m = 10 \cdot dm$$

$$cm = 10^{-2} m = \frac{1}{100} m \rightarrow 1m = 100 \cdot cm$$

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

#### ۴-۱-۱- واحد اندازه‌گیری طول در سیستم SI:

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

جدول ۴-۱- پیشوندهای اجزاء و اضعاف واحدهای اندازه‌گیری

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

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 به کار می‌روند مانند اینچ، یارد، مایل و ...

فوت را با علامت اختصاری ft<sup>(۱)</sup> و اینچ را با علامت اختصاری in<sup>(۲)</sup> نشان می‌دهند.

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} \text{ (اینچ)}$$

$$1 \text{ yd.} = 3 \text{ ft}$$

مثال ۱: فشار جو تقریباً برابر ۳۴ فوت ستون آب است. این فشار را برحسب اینچ ستون آب حساب کنید.

$$34 \text{ (ft)} = 34(12 \text{ in})$$

$$= 34 \times 12 \text{ (in)}$$

$$= 408 \text{ in}$$

۳-۱-۴- 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.

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}$$

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

$$76 \text{ cm} = \text{فشار اتمسفر}$$

$$= 76 \times \left(\frac{1}{2.54} \text{ in}\right)$$

$$= 76 \times \frac{1}{2.54} \times (\text{in})$$

$$= 29.92 \text{ inHg}$$

مثال ۲: قطر اسمی لوله‌ی  $1\frac{1}{4}$  اینچ برابر چند میلی‌متر

است؟

$$1 \text{ m} = 1000 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

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

با توجه به موارد بالا چون  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  پس

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$50 \text{ (m)} = 50(100 \text{ cm}) = 5000 \text{ cm}$$

$$50 \text{ (m)} = 50(1000 \text{ mm}) = 50000 \text{ mm}$$

مثال ۲: ۵۰۰ متر چند کیلومتر است؟

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ m} = \frac{1}{1000} \text{ km}$$

$$500 \text{ (m)} = 500 \left(\frac{1}{1000} \text{ km}\right) = \frac{500}{1000} \text{ km} = 0.5 \text{ km}$$

مثال ۳: ۵۰۰۰۰ سانتی‌متر چند کیلومتر است؟

$$50000 \text{ (cm)} = 50000 \left(\frac{1}{100} \text{ m}\right)$$

$$= 500 \text{ (m)}$$

$$= 500 \times \left(\frac{1}{1000} \text{ km}\right)$$

$$= 0.5 \text{ km}$$

مثال ۴: ۵۰ دسی‌متر چند سانتی‌متر است؟

$$50 \text{ (dm)} = 50 \left(\frac{1}{10} \text{ m}\right) = 50 \times \frac{1}{10} \text{ (m)}$$

$$= 5 \text{ m}$$

$$= 5(100 \text{ cm})$$

$$= 500 \text{ cm}$$

۲-۱-۴- واحد اندازه‌گیری طول در سیستم IP<sup>۱</sup>:

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 انگلیسی‌زبان مانند کشور انگلستان و آمریکا

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

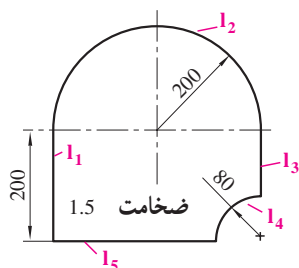
$$l_3 = 200 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

$$l_4 = \frac{d_4 \pi}{4} = \frac{160 \text{ mm} \times 3/14}{4} = 125/6 \text{ mm}$$

$$l_5 = 400 \text{ mm} - 80 \text{ mm} = 320 \text{ mm}$$

$$U = 200 \text{ mm} + 628 \text{ mm} + 120 \text{ mm} + 125/6 \text{ mm}$$

$$+ 320 \text{ mm} = 1393/6 \text{ mm}$$

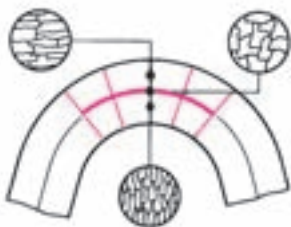


شکل ۲-۴- محاسبه‌ی محیط قطعه

#### ۴-۱-۵- محاسبه‌ی طول گسترده‌ی قطعات خمیده:

هنگام خم کاری 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 خم کاری، 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 ۳-۴).

$$\text{طول لایه‌ی خنثی} = \text{طول گسترده}$$



شکل ۳-۴- لایه‌ی خنثی و طول آن

مثال ۱: می‌خواهیم از میل گردی به قطر ۱۰ میلی‌متر، بستی،

مطابق شکل ۴-۴، بسازیم. طول گسترده‌ی آن را به دست آورید.

$$1 \frac{1}{4} \text{ in} = \frac{5}{4} \text{ in} = \frac{5}{4} (2/54 \text{ cm})$$

$$= \frac{5}{4} \times 2/54 (\text{cm})$$

$$= 3/175 \text{ cm}$$

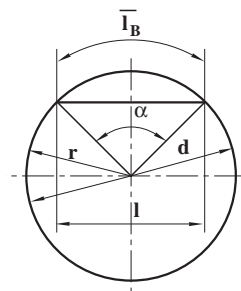
$$= 31/75 \text{ mm}$$

#### ۴-۱-۴- 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 هر کدام، از جمع آن‌ها محیط قطعه را به دست می‌آوریم. در شکل ۴-۱ فرمول محاسبه‌ی محیط دایره و طول قوس قطاع یا قطعه‌ی دایره آورده شده است.

$$U = \pi d$$

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



#### علائم اختصاری

$$\text{شعاع دایره} = r$$

$$\text{قطر دایره} = d$$

$$l_B = \text{طول قوس قطاع یا قطعه‌ی دایره}$$

$$U = \text{محیط}$$

$$\alpha = \text{زاویه‌ی مرکزی} \quad \text{طول قطعه‌ی دایره} = l$$

شکل ۱-۴- محاسبه‌ی محیط دایره

مثال: می‌خواهیم قطعه‌ای را مطابق شکل ۲-۴، 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 به دست آوردن محیط قطعه، ابتدا محیط آن را به طول‌های

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5$  تفکیک نموده و پس از محاسبه‌ی طول

هر یک از آن‌ها، با جمع طول پاره‌خط‌ها، محیط قطعه‌ی مرکب

را به دست می‌آوریم.

$$U = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$$

$$l_1 = 200 \text{ mm}$$

$$l_2 = \frac{d_2 \pi}{2} = \frac{400 \text{ mm} \times 3/14}{2} = 628 \text{ mm}$$

$$I_s = 30\text{mm} + 149/15\text{mm} + 50\text{mm}$$

$$I_s = 229/15\text{mm}$$

### تمرین

۱- تبدیل واحدهای زیر را انجام دهید.

- بر حسب متر:

$$2565\text{mm}, 6/5\text{km}, 9\text{mm}, 17/5\text{cm}, 31\text{dm}, 75\text{mm}$$

- بر حسب سانتی متر:

$$632\text{mm}, 13/007\text{m}, 2/04\text{dm}, 39/6\text{dm}, 3/7\text{m}$$

- بر حسب دسی متر:

$$5\text{mm}, 0/7\text{cm}, 4/031\text{m}, 23/5\text{cm}, 19/8\text{m}$$

- بر حسب میلی متر:

$$1/005\text{m}, 37\mu\text{m}, 19\text{dm}, 3/6\text{cm}, 1/75\text{m}$$

$$3\frac{1}{4}\text{in}, 23\frac{5}{8}\text{in}, \frac{1}{2}\text{in}, \frac{5}{8}\text{in}, \frac{3}{4}\text{in}, \frac{7}{8}\text{in}, 1\frac{1}{2}\text{in}, \frac{3}{16}\text{in}$$

۲- قطر دایره‌ای ۱۱۵/۷ میلی متر است، محیط آن را

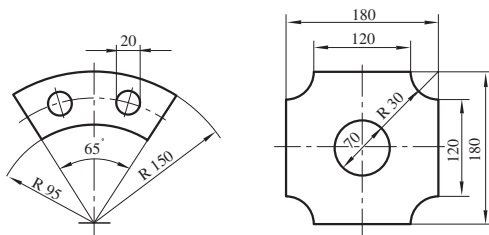
به دست آورید.

۳- محیط دایره‌ای ۶۲/۸ میلی متر است، قطر آن را به دست

آورید.

۴- اندازه محیط داخلی و خارجی قطعات شکل ۴-۶ را

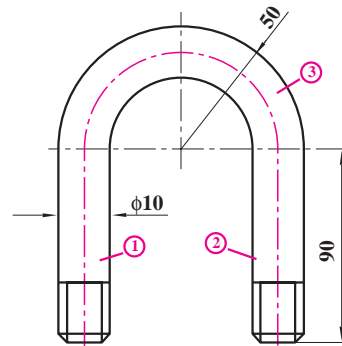
به دست آورید.



(ب)

(الف)

شکل ۴-۶



شکل ۴-۴- محاسبه‌ی طول بست

حل:

$$d_m = D - S$$

$$d_m = 2R - 10 = 2 \times 50 - 10 = 90$$

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = 90\text{mm}$$

$$I_2 = 90\text{mm}$$

$$I_3 = \frac{d_m \times \pi}{2} = \frac{90 \times 3/14}{2}$$

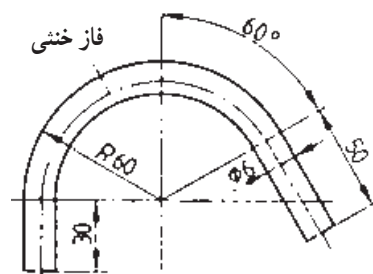
$$I_3 = 141/3\text{mm}$$

$$I_s = 90\text{mm} + 90\text{mm} + 141/3\text{mm}$$

$$I_s = 321/3\text{mm}$$

مثال ۲: طول گسترده‌ی قطعه‌ی شکل ۴-۵ را به دست

آورید.



شکل ۴-۵- طول گسترده‌ی قطعه

حل:

$$I_s = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_2 = \frac{d_m \times \pi \times \alpha}{360} = \frac{(120\text{mm} - 60\text{mm}) \times 3/14 \times 150}{360}$$

$$I_2 = 149/15\text{mm}$$

۵- طول گسترده‌ی حلقه شکل ۴-۷ را به دست آورید. کوچک تری هستند که در این سیستم مورد استفاده قرار می گیرند.

$$A = L^2$$

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} \quad 1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^2 = (100 \text{ cm})^2 \quad 1 \text{ cm}^2 = \left(\frac{1}{100} \text{ m}\right)^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10000 \text{ cm}^2 \quad 1 \text{ cm}^2 = \frac{1}{10000} \text{ m}^2$$

در شکل ۴-۱۰ محاسبات مربوط به محیط و مساحت

شکل های هندسی معمول آورده شده است.

مثال: مساحت دیوار اتاقی به طول (۴) متر و به ارتفاع

(۲/۸) متر، چند متر مربع و چند سانتی متر مربع است؟

پاسخ:

$$A = 4 \text{ m} \times 2/8 \text{ m} = 4 \times 2/8 \text{ m}^2 = 11/2 \text{ m}^2$$

$$A = (400 \text{ cm}) \times (280 \text{ cm}) = 112000 \text{ cm}^2$$

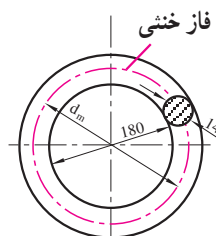
مثال: مساحت یک موزائیک به ضلع (۳۰) سانتی متر مربع،

چند سانتی متر مربع و چند متر مربع است؟

پاسخ:

$$A = (30 \text{ cm}) \times (30 \text{ cm}) = 900 \text{ cm}^2$$

$$A = (0/3 \text{ m}) (0/3 \text{ m}) = 0/09 \text{ m}^2$$

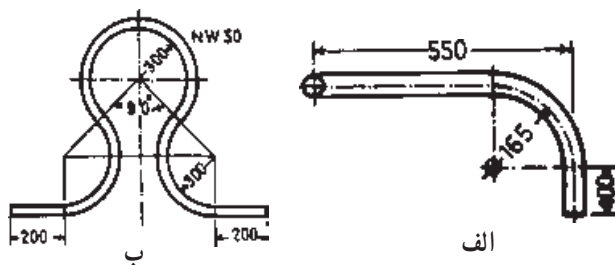


شکل ۴-۷- محاسبه‌ی طول گسترده‌ی حلقه

۶- قطر داخلی و قطر خارجی یک لوله‌ی  $\frac{3}{4}$  اینچ به

ترتیب  $21/6$  و  $26/9$  میلی متر است. ضخامت جدار لوله را پیدا کنید.

۷- طول لوله‌ی به کار رفته در شکل ۴-۸ را پیدا کنید



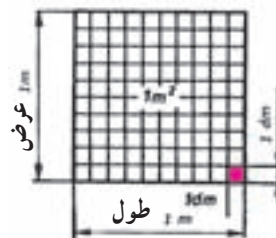
شکل ۴-۸- محاسبه‌ی طول لوله‌ی به کار رفته

## ۴-۲- محاسبات سطح




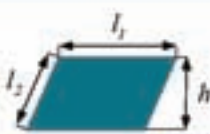

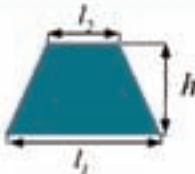

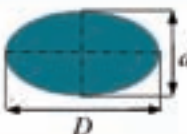

۴-۲-۱- واحد اندازه گیری سطح در سیستم SI:

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

دسی مترمربع، سانتی مترمربع و میلی مترمربع واحدهای



شکل ۴-۹- واحد اندازه گیری سطح متر مربع

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

علامت اختصاری:

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

شکل ۱۰-۴ - روابط محاسبه محیط و مساحت شکل های هندسی

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

پاسخ:

با توجه به شکل ۴-۱۰

$$l_1 = 40 \text{ cm}, l_2 = 30 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

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

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

مثال: مساحت ورق به کار رفته در قطعه شکل ۴-۱۱ را

بر حسب دسی‌متر مربع به دست آورید.

پاسخ:

$$D = 500 \text{ mm} = 5 \text{ dm}$$

$$d = 200 \text{ mm} = 2 \text{ dm}$$

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

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

$$A = 16/485 \text{ dm}^2$$



شکل ۴-۱۱

پرسش و تمرین

۱- حاصل مساحت‌های زیر را بر حسب سانتی‌متر مربع به دست آورید.

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

ب)  $110 \text{ cm}^2 + 40 \text{ m}^2 - 810 \text{ dm}^2 - 31/2 \text{ m}^2$

۲- حاصل مساحت را به مترمربع تبدیل کنید.

$6/009 \text{ cm}^2, 70 \text{ cm}^2, 24405 \text{ dm}^2, 175 \text{ dm}^2$

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

۴- سطح مقطع یک دودکش (۴۰۰) سانتی‌متر مربع است اگر مقطع دودکش به شکل مربع باشد، طول هر ضلع دودکش چند سانتی‌متر است؟ طول هر ضلع دودکش چند اینچ است؟

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

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

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

### ۴-۳- محاسبات حجم

به تبدیل لیتر به سانتی متر مکعب و سانتی متر مکعب به لیتر

توجه نمایید.

$$\begin{aligned} dm &= 10 \text{ cm} & cm &= \frac{1}{10} dm \\ dm^3 &= (10 \text{ cm})^3 & cm^3 &= \left(\frac{1}{10} dm\right)^3 \\ dm^3 &= 1000 \text{ cm}^3 & cm^3 &= \frac{1}{1000} dm^3 \\ lit &= 1000 \text{ cm}^3 & cm^3 &= \frac{1}{1000} lit \end{aligned}$$

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 می کنند و در تبدیل واحد از کمیت کوچکتر به بزرگتر آن را بر (۱۰۰۰) تقسیم می نمایند.

مثال: حجم اتاق (۳۶) متر مکعب است، حجم اتاق چند

لیتر و چند سانتی متر مکعب است؟

پاسخ:

$$\begin{aligned} 36 m^3 &= 36 (10 \text{ dm})^3 = 36 (1000 \text{ dm}^3) \\ &= 36000 \text{ dm}^3 = 36000 \text{ lit} \\ 36 m^3 &= 36000 \text{ dm}^3 = 36000 (10 \text{ cm})^3 \\ &= 36000 (1000 \text{ cm})^3 = 36000000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

یا

$$\begin{aligned} 36 m^3 &= 36 \times 1000 \text{ dm}^3 = 36000 \text{ dm}^3 \\ &= 36000 \text{ lit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 36000 \text{ dm}^3 &= 36000 \times 1000 \\ &= 36000000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

مثال: (۱۰۰۰۰۰) سانتی متر مکعب چند لیتر و چند

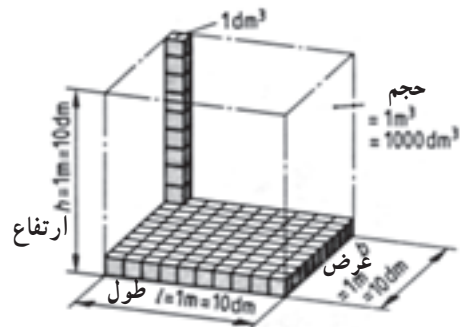
متر مکعب است؟

پاسخ:

$$\begin{aligned} 100000 \text{ cm}^3 &= 100000 \left(\frac{1}{10} dm\right)^3 \\ &= 100000 \times \frac{1}{1000} dm^3 = 100 dm^3 = 100 \text{ lit} \end{aligned}$$

### ۴-۳-۱- واحد اندازه گیری حجم در سیستم SI:

واحد اندازه گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است و حجم مکعبی است که، طول، عرض و ارتفاع آن ۱ متر باشد (شکل ۴-۱۲).



$$1m \times 1m \times 1m = 1m^3$$

شکل ۴-۱۲- واحد اندازه گیری حجم در سیستم SI متر مکعب است.

دسی متر مکعب، سانتی متر مکعب و میلی متر مکعب

واحدهای کوچکتری هستند که در سیستم SI مورد استفاده

قرار می گیرند.

$$\begin{aligned} V &= L.L.L. = L^3 \\ m^3 &= (10 \text{ dm})^3 = 1000 \text{ dm}^3 \\ dm^3 &= \text{lit لیتر یک} \\ m^3 &= 1000 \text{ lit} \end{aligned}$$

هر متر مکعب (۱۰۰۰) لیتر و هر لیتر ( $\frac{1}{1000}$ ) متر مکعب

است.

$$\begin{aligned} m &= 10 \text{ dm} & dm &= \frac{1}{10} m \\ m^3 &= (10 \text{ dm})^3 & dm^3 &= \left(\frac{1}{10} m\right)^3 \\ m^3 &= 1000 \text{ dm}^3 & dm^3 &= \frac{1}{1000} m^3 \\ m^3 &= 1000 \text{ lit} & lit &= \frac{1}{1000} m^3 \end{aligned}$$



۳-۳-۴ تبدیل واحدها: تبدیل واحدهای حجم در سیستم «SI» به واحدهای حجم در سیستم «IP» و برعکس را ملاحظه نمایید.

$m = 3/28ft$	$ft = 0/3048m$
$m^3 = (3/28ft)^3$	$ft^3 = (0/3048m)^3$
$m^3 = 35/31ft^3$	$ft^3 = 0/028m^3$

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

پاسخ:

$$36m^3 = 36 \times (3/28m)^3 = 36 \times 35/31m^3 = 1271/16m^3$$

مثال:  $(1076)ft^3$  معادل چند متر مکعب است؟

پاسخ:

$$1m^3 = 35/31ft^3$$

$$1076ft^3 = \frac{1076}{35/31}m^3$$

$$= 30/47m^3$$

روابط حجم - سطح جانبی و سطح کل حجم های

هندسی

در شکل ۱۴-۴ روابط محاسبه سطح جانبی، سطح کل و حجم شکل هایی که در رشته تأسیسات کاربرد عملی دارند آورده شده است تا در محاسبات مربوطه مورد استفاده قرار گیرد.

$$100dm^3 = 100 \left(\frac{1}{10}m\right)^3 = 100 \times \frac{1}{1000}m^3$$

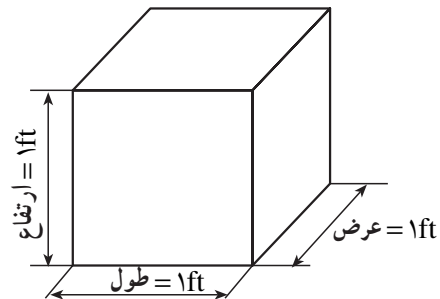
$$= \frac{1}{10}m^3 = 0/1m^3$$

$$100000cm^3 \div 1000 = 100dm^3 = 100lit$$

$$100dm^3 \div 1000 = 0/1m^3$$

۲-۳-۴ واحد اندازه گیری حجم در سیستم IP:

واحد اندازه گیری 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.



$$1ft \times 1ft \times 1ft = 1ft^3$$

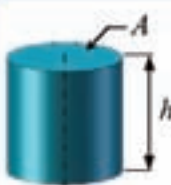
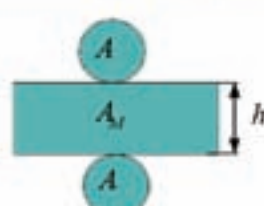
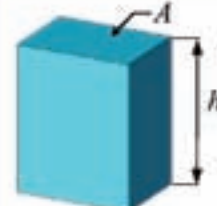


شکل ۱۳-۴ فوت مکعب واحد اندازه گیری حجم در سیستم SI

واحد دیگری در این سیستم که بیش تر برای اندازه گیری حجم مایعات استفاده می شود، «گالن» نام دارد که بر دو نوع است: گالن آمریکایی و گالن امپریال.

$$1 \text{ گالن آمریکایی} = 3/785 \text{ لیتر}$$

$$1 \text{ گالن امپریال} = 4/546 \text{ لیتر}$$

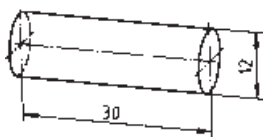
$$1 \text{ فوت مکعب} = 7/481 \text{ گالن آمریکایی}$$

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

شکل ۱۴-۴- روابط حجم - سطح جانبی و سطح کل حجم های هندسی

مثال: در شکل ۱۵-۴ حجم قطعه داده شده را بر حسب میلی متر مکعب محاسبه کنید.

پاسخ:



شکل ۱۵-۴

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

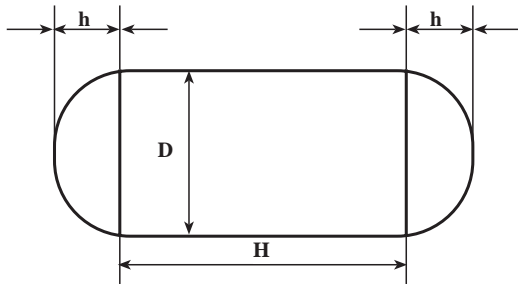
$$V = \frac{\pi \times (12\text{mm})^2}{4} \times 30\text{mm} = 33912\text{mm}^3$$

پرسش و تمرین

- ۱- (۱۱۵) سانتی متر مکعب و (۱۳/۵) دسی متر مکعب را بر حسب متر مکعب حساب کنید.
- ۲- (۱۶۷۱۵) سانتی متر مکعب چند دسی متر مکعب است؟
- ۳- (۱/۴) متر مکعب چند دسی متر مکعب و چند سانتی متر مکعب است؟

لیتر حساب کنید (ابعاد لازم را از جدول BS۱۳۸۷ در فصل ششم کتاب استخراج نمایید.)

- ۱۳- حجم تانکر گازوئیل شکل ۱۶-۴ را حساب کنید در صورتی که  $h = (۳۰)cm$  ،  $H = (۴۰۰)cm$  و  $D = (۱۲۰)cm$  باشد.

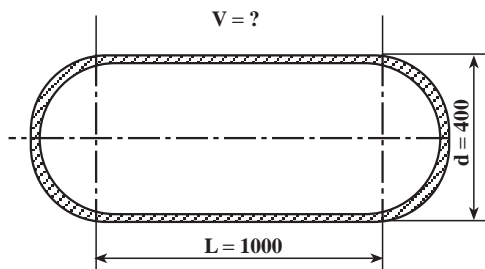


شکل ۱۶-۴

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

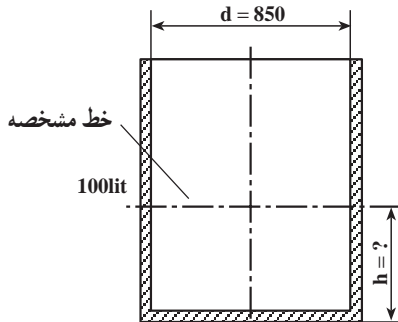
$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H + 2\pi h \left( \frac{D^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right)$$

- ۱۴- حجم مخزن شکل ۱۷-۴ چند لیتر است؟



شکل ۱۷-۴

۱۵- در ظرف شکل ۱۸-۴ (۱۰۰) لیتر روغن ریخته خواهد شد، ارتفاع  $h$  برای مشخص کردن خط (۱۰۰) لیتر چند دسی متر است؟



شکل ۱۸-۴

- ۴- حاصل عبارت‌های زیر را بر حسب لیتر حساب کنید.
- الف)  $۱۳/۶m^3 - ۲۴۶cm^3 + ۱۲/۳dm^3 - ۲/۲۷m^3$
- ب)  $۸۳۱cm^3 + ۲/۷dm^3 - ۱/۲۳m^3 + ۲۴۳۷dm^3$
- ج)  $۴۲۰/۵m^3 + ۰/۲۵m^3 - ۱۲۰۰۰mm^3 - ۱۶۵۳۲cm^3$
- ۵- عبارت‌های زیر را به لیتر و گالن (آمریکایی) تبدیل کنید.

- ۶- حجم اتافی به طول (۶) متر و به عرض (۴) متر و ارتفاع (۳) متر چند متر مکعب و چند فوت مکعب است؟
- ۷- حجم مخزن گازوئیل استوانه‌ای به قطر (۱) متر و به طول (۳) متر، چند لیتر و چند گالن است؟
- ۸- سطح جانبی و حجم مکعبی با طول (۴۵) میلی متر را به دست آورید.

- ۹- اگر قطر قاعده‌ی مخروطی (۲۵) سانتی متر و ارتفاع آن (۳۶) سانتی متر باشد، حجم مخروط کامل را حساب کنید.
- ۱۰- کانالی دوزنقه‌ای به طول (۲۵۰) متر خاک برداری خواهد شد اگر پهنای کانال در بالا (۸۰) سانتی متر و در پایین (۴۰) سانتی متر و عمق آن (۱) متر باشد، حجم کانال چه قدر است؟

- ۱۱- آب موجود در (۱۰۰) متر لوله‌ی فولادی (۱/۴) اینچ، با قطر خارجی (۲۱/۷) میلی متر و ضخامت (۲/۶) میلی متر چند لیتر است؟
- ۱۲- آب موجود در (۱۰۰) متر لوله‌ی (۱) اینچ را بر حسب

#### ۴-۴- محاسبات جرم

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

$$\begin{aligned} 1 \text{ کیلوگرم} &= 1000 \text{ گرم} \\ 1 \text{ پوند} &= 453 \text{ گرم} \\ 1 \text{ کیلوگرم} &= 2.2 \text{ lb} \end{aligned}$$

۴-۴-۱ جرم حجمی: جرم واحد حجم از هر ماده را، جرم حجمی (جرم مخصوص) آن ماده گویند.

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

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

$$\text{جرم} = \frac{\text{جرم مخصوص}}{\text{حجم}}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{kg}{m^3} \text{ یا } \frac{kg}{dm^3} \text{ یا } \frac{gr}{cm^3}$$

$$1 \frac{kg}{dm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

جرم مخصوص فولاد  $(7/85 \frac{kg}{dm^3})$ ،

جرم مخصوص آلومینیم  $(2/7 \frac{kg}{dm^3})$ ،

چدن  $(7/25 \frac{kg}{dm^3})$  و آب  $(1 \frac{kg}{lit})$  است.

مثال: جرم مخصوص آب  $(1 \frac{kg}{lit})$  چند  $(\frac{kg}{m^3})$  است؟

پاسخ:

$$1 \text{ lit} = \frac{1}{1000} m^3$$

$$1 \frac{kg}{lit} = 1 \frac{kg}{\frac{1}{1000} m^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

۴-۴-۲ محاسبه جرم: با استفاده از تعریف جرم

مخصوص، می توان رابطه ای برای محاسبه جرم قطعات هندسی

به دست آورد.

علائم اختصاری:

$$m = \text{جرم}$$

$$V = \text{حجم}$$

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

مثال: جرم شمش فولادی با مقطع مربع به ضلع (۵۰) میلی متر و طول (۱۲۰) میلی متر را به دست آورید.

پاسخ:

$$V = A \times h = (50 \text{ mm})^2 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 300000 \text{ mm}^3 = 0.3 \text{ dm}^3$$

$$m = V \rho = 0.3 \text{ dm}^3 \times 7.85 \frac{kg}{dm^3}$$

$$= 2.355 \text{ kg}$$

۴-۴-۳ محاسبه جرم به کمک جدول: در صنعت

معمولاً جرم طولی میله ها، پروفیل ها، لوله ها و سیم ها و جرم سطحی ورق ها را در جدول هایی ارائه می دهند. به کمک این جدول ها و با محاسبه جرم طول یا سطح قطعات، به راحتی می توان جرم قطعه را محاسبه کرد. (جدول های ۲-۴ تا ۸-۴)

علائم اختصاری:

$$m = \text{جرم} \quad l = \text{طول قطعه}$$

$$m' = \text{جرم طولی} \quad A = \text{سطح قطعه}$$

$$m'' = \text{جرم سطحی}$$

$$m = m' \times l \quad \text{جرم طولی} = \text{جرم پروفیل، میله، لوله، سیم}$$

$$m = m'' \times A \quad \text{مساحت قطعه} \times \text{جرم سطحی} = \text{جرم ورق}$$

مثال: به کمک جدول، جرم  $(6/3)$  متر از میله گرد فولادی

با قطر (۲۲) میلی متر را به دست آورید.

پاسخ:

$$\text{از جدول ۷-۴} \quad m' \rightarrow 2.98 \frac{kg}{m}$$

را با جدول مقایسه کنید (جرم مخصوص فولاد  $\frac{kg}{dm^3} = 7/85$ ).

۵- مخزن گازی با مقطعی مستطیل، به ابعاد: طول  $(1040)$  میلی متر، ارتفاع  $(990)$  میلی متر و عرض  $(700)$  میلی متر ساخته خواهد شد، حساب کنید که:

الف) با در نظر گرفتن  $2\%$  اضافه برای دور ریز، سطح ورق فولادی مورد نیاز چه قدر خواهد بود؟ (مخزن بدون درپوش در نظر گرفته شود)

ب) جرم ورق مورد نیاز چند کیلوگرم است؟ (ضخامت ورق  $8/10$  میلی متر است)

ج) ظرفیت مخزن برحسب لیتر چه قدر است؟

د) جرم گازوئیل داخل آن چند کیلوگرم  $\rho = 0/8 \frac{kg}{dm^3}$  است؟

۶- جرم یک ورق گالوانیزه به ضخامت  $(0/5)mm$  و به ابعاد  $(1)m \times (2)m$  را حساب کنید. جرم این ورق را از طریق جدول نیز به دست آورده، مقایسه کنید.

۷- یک لوله فولادی به قطر داخلی  $(16)mm$  و قطر خارجی  $(18)mm$  و جرم  $(1/35)kg$  است، حجم و طول آن را به دست آورید.

۸- جرم یک متر لوله فولادی  $(\frac{3}{4})'$  و آب محتوی آن را حساب کنید (مشخصات لوله  $(\frac{3}{4})'$  را از جدول ضمیمه استخراج کنید).

۹- جرم هر متر مربع ورق های فولادی زیر را برحسب کیلوگرم حساب نموده، با جدول مقایسه کنید.  $0/5$ ،  $0/75$ ،  $1$  و  $1/25$  میلی متری

$$m = m' \times l = 2/98 \frac{kg}{m} \times 6/3m = 18/8kg$$

مثال: به کمک جدول، جرم  $(5)$  مترمربع از ورق فولادی به ضخامت  $(2)$  میلی متر را به دست آورید.

پاسخ:

از جدول ۶-۴  
 $m' \rightarrow = 15/7 \frac{kg}{m^2}$

$$m = m' \times A = 15/7 \frac{kg}{m^2} \times 5m^2 = 78/5kg$$

مثال: به کمک جدول، جرم یک شاخه لوله  $6$  متری

معمولی به قطر  $\frac{1}{4}$  را برحسب کیلوگرم به دست آورید.

از جدول ۷-۴  
 $m' \rightarrow = 1/25 \frac{kg}{m}$

$$m = m' \times L = 1/25 \frac{kg}{m} \times 6 = 7/5kg$$

پرسش و تمرین

۱- جرم های داده شده را برحسب تن به دست آورید.

$$39750kg, 3530kg, 100kg$$

۲- جرم های داده شده را برحسب گرم حساب کنید.








$$2\frac{1}{4}kg, \frac{1}{4}kg, 0/072kg$$

۳- جرم های داده شده چند پوند است؟

$$1000kg, 1000gr, 4530gr$$

۴- جرم یک متر لوله  $(\frac{1}{4})'$  فولادی با قطر خارجی

$(21/7)mm$  و ضخامت  $(2/6)mm$  را محاسبه نموده، نتیجه

جدول ۲-۴ - ضریب‌های محاسبه‌ی طول ضلع، قطر دایره‌ی محاطی و مساحت چندضلعی‌های منتظم با فرض $D = 1$							
							علائم اختصاری
۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲	$n =$ تعداد اضلاع
$120^\circ$	$90^\circ$	$72^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$36^\circ$	$30^\circ$	$\alpha =$ زاویه‌ی مرکز مقابل به یک ضلع
۰/۸۶۶	۰/۷۰۷	۰/۵۸۸	۰/۵۰۰	۰/۳۸۳	۰/۳۰۹	۰/۲۵۹	$l =$ طول ضلع
۰/۵۰۰	۰/۷۰۷	۰/۸۰۹	۰/۸۶۶	۰/۹۲۲	۰/۹۵۱۱	۰/۹۶۶	$d =$ قطر دایره محاطی
۰/۳۲۵	۰/۵۰۰	۰/۵۹۲	۰/۶۵۰	۰/۷۰۷	۰/۷۳۵	۰/۷۵۰	$A =$ مساحت

$D =$  قطر دایره‌ی محیطی

جدول ۳-۴ - جرم بعضی از مواد بر حسب کیلوگرم

نام ماده	جرم ماده	نام ماده	جرم ماده
اتم هیدروژن	$1/67 \times 10^{-27}$	اتومبیل شخصی	$1/5 \times 10^3$
یک لیتر هوا (در صفر درجه‌ی سانتی‌گراد)	$1/29 \times 10^{-3}$	کره‌ی زمین	$5/98 \times 10^{24}$
یک لیتر آب (در $4^\circ\text{C}$ )	۱/۰۰۰	کره‌ی خورشید	$1/99 \times 10^{30}$








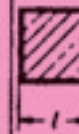

جدول ۴-۴ - جرم مخصوص بعضی از مواد

جرم مخصوص مایعات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$		جرم مخصوص جامدات $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$				جرم مخصوص گازها $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	
جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده	جرم مخصوص	ماده
۱	آب ( $4^\circ\text{C}$ )	۱/۲۶	چوب	۷/۲۵	هوای خاکی	۱/۲۹	هوای خاکی
۰/۸۵	نفت	۱/۸	آلیاژهای منیزیم	۸/۵	برنج	۱/۴۳	اکسیژن
۰/۷۲	بنزین	۲/۷	آلومینیم	۸/۹	مس	۱/۱۷۱	استیلن
۰/۸۵	گازوئیل	۷/۱۳	روی	۷/۸۵	فولاد	۰/۰۹	هیدروژن
۰/۹	روغن موتور	۷/۳	قلع	۱۱/۳۵	سرب	۱/۲۵	ازت

جدول ۵-۴ - جرم یک مترمربع تعدادی از ورق‌ها بر حسب کیلوگرم

ورق‌های فولادی مثال: $s\ 15\ mm \hat{=} 7\ kg/m^2$ پاسخ: $s\ 10\ mm \hat{=} 78,60\ kg/m^2$ $s\ 5\ mm \hat{=} 39,30\ kg/m^2$ $s\ 15\ mm \hat{=} 117,90\ kg/m^2$	s mm	0,18	0,2	0,22	0,24	0,28	0,32	0,38	0,44	0,5	0,56
	m kg/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	17,7	19,6	21,6	23,6	27,5	31,4	35,3	37,3	39,3	43,2
ورق‌های آجدار فولادی بدون در نظر گرفتن نوع آج	s mm	3	3 <sup>1/2</sup>	4	4 <sup>1/2</sup>	5	6	7	8	9	10
	m kg/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	6,23	7,12	8,01	8,9	10,7	12,6	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	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/m <sup>2</sup>	2,7	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6,8	8,1	10,8	13,5

جدول ۶-۴ - جرم یک متر از میله‌های گرد، چهارگوش فولادی بر حسب kg




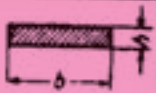
1...35			36...70			71...105					
$d$ $l$ SW				$d$ $l$ SW				$d$ $l$ SW			
1	0.006	0.008	0.007	36	7.99	10.2	8.81	71	31.1	39.6	34.3
2	0.025	0.031	0.027	37	8.44	10.7	9.3	72	32.0	40.7	35.2
3	0.056	0.071	0.061	38	8.90	11.3	9.81	73	32.9	41.8	36.2
4	0.099	0.126	0.109	39	9.38	11.9	10.3	74	33.8	43.0	37.2
5	<b>0.154</b>	<b>0.196</b>	<b>0.170</b>	40	<b>9.86</b>	<b>12.6</b>	<b>10.9</b>	<b>75</b>	<b>34.7</b>	<b>44.2</b>	<b>38.2</b>
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	<b>0.617</b>	<b>0.785</b>	<b>0.680</b>	45	<b>12.5</b>	<b>15.9</b>	<b>13.8</b>	<b>80</b>	<b>39.5</b>	<b>50.2</b>	<b>43.5</b>
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	<b>1.39</b>	<b>1.77</b>	<b>1.53</b>	50	<b>15.4</b>	<b>19.6</b>	<b>17.0</b>	<b>85</b>	<b>44.5</b>	<b>56.7</b>	<b>49.1</b>
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	<b>2.47</b>	<b>3.14</b>	<b>2.72</b>	55	<b>18.7</b>	<b>23.7</b>	<b>20.6</b>	<b>90</b>	<b>49.9</b>	<b>63.6</b>	<b>55.1</b>
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	<b>3.85</b>	<b>4.91</b>	<b>4.25</b>	60	<b>22.2</b>	<b>28.3</b>	<b>24.5</b>	<b>95</b>	<b>55.6</b>	<b>70.8</b>	<b>61.4</b>
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	<b>5.55</b>	<b>7.07</b>	<b>6.12</b>	65	<b>26.0</b>	<b>33.2</b>	<b>28.7</b>	<b>100</b>	<b>61.7</b>	<b>78.5</b>	<b>68.0</b>
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	<b>7.55</b>	<b>9.62</b>	<b>8.33</b>	70	<b>30.2</b>	<b>38.5</b>	<b>33.3</b>	<b>105</b>	<b>68.0</b>	<b>86.5</b>	<b>75.0</b>



جدول ۷-۴- جرم یک متر از لوله‌های فولادی برحسب kg

لوله‌های معمولی	قطر اسمی لوله برحسب اینچ	۱/۸"	۱/۴"	۳/۸"	۱/۲"	۵/۸"	۱"	۱ ۱/۴"
	میلی متر	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۲
تعداد دندان در هر اینچ	۲۸	۱۹	۱۹	۱۴	۱۴	۱۱	۱۱	
قطر خارجی لوله	۱۰	۱۳.۲۵	۱۶.۷۵	۲۱.۲۵	۲۶.۷۵	۳۳.۵	۴۲.۲۵	
ضخامت جداره	۲	۲.۲۵	۲.۲۵	۲.۷۵	۲.۴	۲.۹	۳.۱	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۰.۳۹۵	۰.۶۱۰	۰.۸۰۵	۱.۲۵	۱.۴۴	۲.۱۹	۲.۹۹	
قطر اسمی لوله برحسب اینچ	۱ ۱/۲"	۲"	۲ ۱/۲"	۳"	۴"	۵"	۶"	
میلی متر	۴۰	۵۰	۶۵	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۰	
تعداد دندان در هر اینچ	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	
قطر خارجی لوله	۴۸.۲۵	۶۰	۷۵.۵	۸۸.۲۵	۱۱۳.۵	۱۳۹	۱۶۴.۵	
ضخامت جداره	۳.۱	۳.۳	۳.۷۵	۴	۴.۲۵	۴.۵	۴.۵	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۳.۴۵	۴.۶۱	۶.۶۴	۸.۳۱	۱۱.۵	۱۴.۹	۱۷.۸	
لوله‌های بدون درز	قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰
اینچ	۳/۱۶"	۳/۸"	۱/۲"	۵/۱۶"	۱/۴"	۳/۸"	۱/۲"	
ضخامت جداره برحسب میلی متر	۱.۵	۱.۵	۱.۵	۲	۲	۲	۲	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۰.۲۴۰	۰.۳۱۴	۰.۳۸۸	۰.۵۹۲	۰.۶۹۱	۰.۷۸۹	۰.۸۸۸	
قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۲۸	۳۰	۳۲	
اینچ	۱ ۱/۴"	۱ ۱/۸"	۱"	۱ ۱/۱۶"	۱ ۱/۸"	۱ ۱/۴"	۱ ۱/۴"	
ضخامت جداره برحسب میلی متر	۲	۲	۲	۲	۲	۲.۵	۲.۵	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۰.۹۹۸	۱.۰۹	۱.۱۳	۱.۱۸	۱.۲۸	۱.۷۰	۱.۸۲	
قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	۳۵	۳۸	۴۱.۵	۴۴.۵	۵۱	۵۷	۶۳.۵	
اینچ	۱ ۱/۸"	۱ ۱/۲"	۱ ۱/۴"	۱ ۱/۲"	۲"	۲ ۱/۴"	۲ ۱/۲"	
ضخامت جداره برحسب میلی متر	۲.۵	۲.۵	۲.۵	۲.۵	۲.۵	۲.۷۵	۳	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۲.۰۰	۲.۱۹	۲.۴۰	۲.۵۹	۲.۹۹	۳.۶۸	۴.۴۸	
قطر خارجی لوله برحسب میلی متر	۷۰	۷۶	۸۳	۸۸	۹۶	۱۰۲	۱۰۸	
اینچ	۲ ۱/۴"	۳"	۳ ۱/۴"	۳ ۱/۲"	۳ ۱/۴"	۴"	۴ ۱/۴"	
ضخامت جداره برحسب میلی متر	۳	۳	۳.۲۵	۳.۲۵	۳.۵	۳.۵	۳.۷۵	
جرم لوله برحسب $\frac{kg}{m}$	۴.۹۶	۵.۴۰	۶.۳۹	۶.۸۷	۷.۹۰	۸.۵۰	۹.۶۴	

جدول ۸-۴- جرم یک متر بعضی از نیمه ساخته‌های فولادی بر حسب kg

									
b x b x d	kg/m	نمبر*	b x b	kg/m	نمبر*	b x b	kg/m	b x 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	8.12	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	1.47
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 209	167	90 x 50	35.3

## با مهندسان و دانشمندان اسلامی و ایرانی آشنا شویم

### زندگی نامه‌ی بنوموسی

بنوموسی\*، فرزندان موسی بن شاکر مشهور به «المنجم» از اهالی خراسان بودند که در سده سوم هجری می‌زیسته‌اند. بنوموسی به ترتیب سن عبارتند از محمد، احمد و حسن.

### احمد بن موسی

ابوالقاسم احمد بن 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 متهور، 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 به وجود 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 احمد بن موسی گرفته شده‌اند.

آن‌چه از کتاب احمد بن موسی می‌دانیم آن است که این تنها نمونه‌ای است که ما را از یک سیستم اساسی علوم پنوماتیک - 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 درنگ‌کننده یا کندکننده و دیگر ابزارهای دقیق ساخته شده مواردی را نشان می‌دهند که نبوغ و قوه‌ی ابتکار فوق‌العاده‌ی این برادران و یا دست کم احمد بن موسی را آشکار می‌سازد.

عالی‌ترین افکار این برادران و علی‌الخصوص احمد بن 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 ابن به معنای فرزندان و بنوموسی یعنی فرزندان موسی